

**ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ PhD.28.06.2018. Т.73.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

**МАМАДАЛИЕВ АЗИЗ ЮСУПАЛИЕВИЧ**

**АСОСИ ҚУМДАН БАРПО ҚИЛИНГАН ВА КЎЧУВЧИ ҚУМ  
БИЛАН ИФЛОСЛАНГАН, ВИБРОДИНАМИК ЮКЛАМАНИ ҚАБУЛ  
ҚИЛУВЧИ ТЕМИР ЙЎЛ БАЛЛАСТ ҚАТЛАМИНИНГ ЮК КЎТАРИШ  
ИМКОНИАТИ**

**05.08.02 – Темир йўллар ва йўл хўжалиги**

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

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
автореферати мундарижаси  
Оглавление автореферата диссертации доктор философии (PhD)  
по техническим наукам  
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Мамадалиев Азиз Юсупалиевич**

Асоси кумдан барпо қилинган ва кўчувчи қум билан ифлосланган,  
вибродинамик юкламани қабул қилувчи темир йўл балласт қатламининг  
юк кўтариш имконияти .....3

**Мамадалиев Азиз Юсупалиевич**

Несущая способность железнодорожного балластного слоя на  
песчаном основании, загрязненного подвижным песком,  
воспринимающего вибродинамическую нагрузку .....25

**Mamadaliyev Aziz Yusupaliyevich**

The bearing capacity of the railway ballast layer on a sandy base,  
contaminated with moving sand, which absorbs  
a vibrodynamic load .....45

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works .....49

**ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ  
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ PhD.28.06.2018.Т.73.01  
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

**МАМАДАЛИЕВ АЗИЗ ЮСУПАЛИЕВИЧ**

**АСОСИ ҚУМДАН БАРПО ҚИЛИНГАН ВА КЎЧУВЧИ ҚУМ  
БИЛАН ИФЛОСЛАНГАН, ВИБРОДИНАМИК ЮКЛАМАНИ ҚАБУЛ  
ҚИЛУВЧИ ТЕМИР ЙЎЛ БАЛЛАСТ ҚАТЛАМИНИНГ ЮК КЎТАРИШ  
ИМКОНИАТИ**

**05.08.02 – Темир йўллар ва йўл хўжалиги**

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

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.4PhD/Т119 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент темир йўл муҳандислари институтида бажарилган. Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий Кенгаш веб-саҳифасида ([www.tashiit.uz](http://www.tashiit.uz)) ва «Ziynet» Ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Мирахмедов Махамаджон Мирахмедович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонетлар:**

**Кайнарбеков Асемхан Кайнарбекович**  
техника фанлари доктори, профессор  
(Қозоғистон)

**Досметов Султан Камалович**  
техника фанлари номзоди

**Етақчи ташкилот:**

Н.Исанов номидаги Қирғизистон давлат қурилиш, транспорт ва архитектура университети (Қирғизистон)

Диссертация химояси Тошкент темир йўл муҳандислари институти ҳузуридаги PhD.28.06.2018.Т.73.01 рақамли Илмий Кенгашнинг 2019 йил «28» июн соат 14<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100167, Тошкент, Одилхўжаев кўчаси 1-уй. Тел./факс: (99871) 2990001, 2935754, e-mail: [tashiit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tashiit_rektorat@mail.ru).)

Диссертация билан Тошкент темир йўл муҳандислари институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин ( \_\_\_\_\_ рақами билан рўйхатга олинган).

(Манзил: 100167, Тошкент, Одилхўжаев кўчаси 1-уй. Тел.: (99871) 2990001, 2935754)

Диссертация автореферати 2019 йил « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ кун тарқатилди.

(2019 йил « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси).

**А.И. Адилходжаев**

Илмий даража берувчи  
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

**Я.О. Рузметов**

Илмий даража берувчи  
илмий кенгаш котиби, т.ф.н.

**В.М. Цой**

Илмий даража берувчи  
илмий кенгаш қошидаги Илмий семинар  
раиси ўринбосари, т.ф.д., доцент

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда юқори тезликдаги ҳаракатланувчи поездлар ҳаракат хавфсизлигини ошириш, йўлларнинг ҳолати ва транспорт оқимида салбий таъсир кўрсатувчи омилларни инобатга олиб, камайтирувчи технология ва усулларни ишлаб чиқиш етакчи ўринни эгалламоқда. Ривожланган давлатлар, жумладан АҚШ, Буюк Британия, Франция, Германия, Япония каби мамлакатларнинг транспорт магистрал ва маҳаллий тармоқларига таъсир кўрсатувчи турли таъсирларни камайтирувчи ва бартараф этиш усулларни ишлаб чиқишга катта эътибор қаратилмоқда. Шу жиҳатдан темир йўл транспорти йўл хўжалиги тизимида таъсир кўрсатувчи табиий иқлим шароитлари ва транспорт воситалари ҳаракатида ҳосил бўлувчи ифлосланиш ҳолати, вибродинамик юкларни қабул қилувчи темир йўл балласт қатламининг мустаҳкамлигини ошириш, темир йўл балласти геотекстил материалларининг янги таркибларини яратиш ҳамда балласт қатламини тозаловчи техник ва технологик воситаларини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланмоқда.

Жаҳонда объектларни қум босишидан сақлаш учун кўчувчи қумларни мустаҳкамлаш учун турли усуллар, жумладан биологик, механик, физик-кимёвий ҳимоялаш усуллари ҳамда уларни кўп функционал ресурстежамкор технологияларни ишлаб чиқишга қаратилган илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан чўл ҳудудлари учун темир йўл хўжалигида кўчувчи қумлардан ҳимояланишнинг комбинациялашган конструкция, усул, технологияларини ишлаб чиқиб, мустаҳкамлашга эришилаётганлигига қарамадан балласт қатлами кўчувчи қумлар билан ифлосланиши давом этмоқда. Шу сабабли мавжуд усулларни такомиллаштириш ва янги усулларни жорий этиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Шу билан бирга кўчувчи қумлар мавжуд ҳудудларда темир йўл балласт қатламини ифлосланиш даражасини аниқлаш ҳамда уни юк кўтариш имкониятини ошириш усулларини ишлаб чиқиш зарур ҳисобланмоқда.

Республикамизда автомобил ва темир йўл транспорт иншоотларини қуриш, улардан фойдаланиш йўналишида йўл-транспорт инфратузилмасини ривожлантириш бўйича кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан « ... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ... ишлаб чиқаришда энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш, ... йўл-транспорт, муҳандислик-коммуникация ва ижтимоий инфратузилмаларни ривожлантириш ҳамда модернизация қилиш бўйича мақсадли дастурларни амалга ошириш, ... » вазифалари алоҳида таъкидлаб ўтилган<sup>1</sup>. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатламида ва унинг ташқарисида поездлардан ҳосил бўладиган вибродинамик юклар

---

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

тебранишларининг сўниш чегараси аниқлаш, кўчувчи кумлар таъсирида ифлосланган балласт қатламининг юк кўтариш имкониятини ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш, вибродинамик юкламалар таъсирида тебранишларнинг балласт қатламида, шунингдек ер кўтармаси чегарасида тарқалишининг математик моделларини ишлаб чиқиш, темир йўлни кўчувчи кумлардан химоя қилишни ташкилий-технологик лойиҳалаштириш мақсадида конструктив-технологик ечимларни ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 2 декабрдаги ПҚ-3422-сон «2018-2022 йилларда транспорт инфратузилмасини такомиллаштириш ва юк ташишнинг ташқи савдо йўналишларини диверсификациялаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори, 2018 йил 18 июлдаги ПҚ-3866-сон «Бухоро - Мискин темир йўл линияси хавфсизлигини таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялари ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Кум саҳроларида темир йўлларни лойиҳалаш, қуриш, эксплуатация қилиш ҳамда мавжуд темир йўлларда ҳаракатланувчи таркиблардан балласт қатлами ва ер полотносига тушувчи вибродинамик юкламалар таъсирини камайтириш, темир йўлни кум босишидан химоя қилиш бўйича назарий ва амалий тадқиқотлар етакчи мамлакатларнинг илмий марказлари, университет ва илмий тадқиқот институтларида, жумладан: Universiti of Texas at Austin (АҚШ), Tokyo Universiti of Science (Япония), Санкт-Петербург давлат темир йўл университети (ПГУПС), Москва давлат темир йўл университети (МИИТ), Темир йўл транспортида илмий тадқиқот институти (АО «ВНИИЖТ»), Беларус давлат техника университети (БГТУ)да олиб борилмоқда.

Кўчувчи кумлар билан ифлосланган, вибродинамик юкламани қабул қилувчи темир йўл балласт қатламининг юк кўтариш имкониятига таъсир этувчи омилларни аниқлаш, темир йўл объектларини кум кўчкиларидан химоя қилиш ва уларни бартараф этиш соҳасида жаҳондаги йирик тадқиқотчилар, жумладан N.Matsuo, Toupet Charles, M.Courel, Y.Ashkenazy, С.Н.Попов, Е.С.Варызгин, Ю.П.Смолинский Ю.В.Ефремов, Г.М.Шахунянц, Г.Н.Жинкин, И.В.Прокудин, А.Н.Марготьев, Е.С.Ашпиз, А.И.Кистанов, Г.Г.Коншин, Л.С.Лapidус, М.А.Раскин, Чему Жильбер, Л.К.Громов, А.Ф.Колос, Д.С.Николайтис ва бошқалар томонидан илмий тадқиқот ишлари олиб борилган.

Юртимизда кум саҳроларида темир йўл конструкцияларининг юк кўтариш имкониятини ошириш, уларнинг эксплуатацион ишончлилигига таъсир кўрсатувчи омилларнинг олдини олиш, химоя қилиш ва бартараф этиш,

темир йўл линияларида янги барпо этилаётган ҳамда эксплуатациядаги темир йўл ер кўтармаси ва балласт қатлами ишончлилигини таъминлашга қаратилган тадқиқотлар Т.И.Фазилов, Р.С.Закиров, М.М.Мирахмедов, А.Х.Абдужаббаров, С.Т.Джаббаров, С.К.Досметов, Ш.Ш.Абдукамилов, А.М.Абдукаримов, З.Э.Мирсалихов, М.К.Музаффарова ва шу каби олимлар томонидан олиб борилиб, улар бу соҳада турли йилларда тадқиқотлари асосида ижобий натижаларга эришганлар.

Маҳаллий ва хорижий амалиётдан келиб чиқиб, темир йўл балласт қатлами конструкцияси, балласт ва унинг материаллари мустаҳкамлик тавсифлари, шунингдек, унинг мустаҳкамлик хоссаларига таъсир этувчи омиллар ва уларнинг олдини олиш бўйича кўп йиллар давомида бажарилиб келинган илмий ва амалий тадқиқотлар натижаларининг етарли эмаслигини таъкидлаш мумкин. Кўчувчи қумлар билан ифлосланган, вибродинамик юкламаларни қабул қилувчи темир йўл балласт қатламининг юк кўтариш имконияти ва унинг турғунлигини сақлаш бўйича бажарилган тадқиқотлар етарли даражада ўрганилмаган.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент темир йўл муҳандислари институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг №А-14-22 «Ўзбекистон темир йўли мисолида экзоген жараёнлар ва энергия тежайдиган усуллар намоён бўлган шароитларда табиий-техник тизимларни лойиҳалаш, қуриш ва улардан фойдаланиш учун тавсиялар ишлаб чиқиш» (2015-2017), №БЁА-14-001 «Темир йўлларни кўчма қумлардан ҳимоя қилишни ташкилий-технологик жиҳатдан лойиҳалаш», №БЁА-14-003 «Поездларнинг юқори тезликда ҳаракатланиши шароитида вибродинамик юкларни ҳисобга олган ҳолда темир йўлларнинг шпала ости асосини лойиҳалаштириш услуги» (2016-2018) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқот мақсади** балласт қатламида ва ундан ташқарида тебранишлар амплитудаси тарқалишини ҳисобга олган ҳолда кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатламининг юк кўтариш имкониятини ошириш усулини такомиллаштиришдан иборат.

#### **Тадқиқотнинг вазифалари:**

поездлардан тушадиган вибродинамик юклама таъсирида юзага келадиган тебранишларнинг кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатламида ва ундан ташқарида тарқалиш ифодаларини аниқлаш;

кўчки қумлар билан ифлосланган балласт қатламида тебранишлар тарқалишининг турли юкламаларга боғлиқлигини ва тавсифларини аниқлаш;

вибродинамик юкламаларни балласт қатламининг мустаҳкамлик тавсифларига кўрсатадиган таъсир даражасини баҳолаш;

поездлар ҳаракатидан тушадиган вибродинамик таъсирни ҳисобга олган ҳолда кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатламининг юк кўтариш имкониятини ҳисоблаш усулини такомиллаштириш орқали кўчувчи қумлар мавжуд темир йўл участкаларида балласт қатламини тадқиқ этишнинг янги усулини ишлаб чиқиш;

объектларни чўл ҳудудларида кўчувчи кумлар босишидан ҳимоя қилишда қўлланиладиган фаол шамолларнинг маконда тақсимланиши ва тасвирини олиш усулини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида Бухоро-Мискин темир йўл линиясида барпо этилган йўлнинг юқори қурилмаси элементи – балласт қатлами олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** кўчувчи кумлар билан ифлосланган балласт қатламининг мустаҳкамлик тавсифларига таъсир этувчи жараёнлар, шунингдек поездлардан тушувчи вибродинамик юкламалар таъсиридаги балласт қатламининг юк кўтариш имконияти ва тебранишларнинг тарқалиш усулини ифодаловчи кўрсаткичларни ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида темир йўл балласт қатламининг юк кўтариш имкониятини таҳлил қилишда назарий ва экспериментал тадқиқот усуллари, экспериментлар ва дала шароитларидаги тажриба натижаларига ишлов беришнинг математика-статистика, ахборот технологияларининг инструментал усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

кўчувчи кумлар билан ифлосланган темир йўл балласт қатламида поездлардан тушувчи вибродинамик юкламалар таъсирида юзага келувчи тебранишларнинг тарқалишини аниқлаш усули юкламаларни белгиловчи коэффициент орқали такомиллаштирилган;

кўчувчи кумлар билан ифлосланган темир йўл балласт қатламида поездлардан тушувчи вибродинамик юкламалар таъсирида қатламда юзага келувчи зўриқиш зоналарини баҳолаш усули ишлаб чиқилган;

кўчувчи кумлар мавжуд ҳудудларда темир йўл балласт қатламиндан олинган намуналарни саралаш ва ҳосил қилинган маълумотларни ҳисоблаш орқали балласт қатламининг ифлосланганлик даражасини аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

турли темир йўл инфратузилмаси объектларини кўчувчи кумлар босишидан ҳимояни лойиҳалаштиришда қўлланадиган фаол шамолларнинг сўнгги 50 йиллик маълумотлар базаси яратилган ва ҳосил қилинган маълумотларни ҳисоблаш орқали ҳудудларда фаол шамоллар тақсимланиши моделининг тасвирини олиш усули ишлаб чиқилган;

балласт қатламининг кўчувчи кумлар билан ифлосланиш даражасини камайтириш ҳамда ер полотносининг мустаҳкамлигини ошириш учун эксплуатациядаги мавжуд қатлам ва полотно конструкциясига ҳисоб-китоблар асосида ўзгартиришлар киритилган, шу билан бирга балласт қатлами ҳамда ер полотносини эксплуатация қилиш жараёнида ишлатиладиган мавжуд йўл хўжалиги технологияси ўрнига янги замонавий технологиядан фойдаланиш ва унга қўшимча қурилма қўшиш орқали ушбу конструкция ҳамда технология такомиллаштирилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

поездлардан тушувчи вибродинамик юкламани қабул қилувчи балласт қатламининг юк кўтариш имкониятига таъсир кўрсатувчи омилларнинг олдини олиш ва уларнинг бартараф этилишини ҳисоблаш усуллари материал тури ва муҳит шароитини ҳисобга олган ҳолда такомиллаштирилган;

тебранишларнинг вибродинамик юкламалар таъсирида балласт қатлами ҳамда ер кўтармаси чегарасида тарқалишининг математик моделлари ишлаб чиқилган;

илк маротаба фаол шамолларнинг графоаналитик таҳлилини амалга ошириш ва балласт қатламининг ифлосланганлик даражасини комплекс баҳолашни амалга ошириш имконини берувчи республика ҳудудларини районлаштириш усули ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги улар тадқиқотнинг замонавий услуб ва усулларидан фойдаланган ҳолда, математик статистика қонунлари асосида назарий тадқиқотлар олиб бориш, темир йўл балласти қатламининг назарий ҳисоб-китоб маълумотларининг соҳада дала шароитларида олиб борилган тадқиқот натижалари билан мувофиқлиги, тадқиқотларда ишлаб чиқилган таклиф ва тавсияларни амалиётга жорий қилинганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти темир йўл балласт қатламининг юк кўтариш имкониятини тасвирлайдиган математик боғлиқликларни ишлаб чиқилганлиги, шунингдек, темир йўл балласт қатламининг кўчувчи қумлар билан ифлосланганлигини ҳисобга олган ҳолда балласт қатламини ҳисоблаш усулларини такомиллаштирилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти темир йўл линиясини лойиҳалаштириш ва қуриш ишларини илмий асосда режалаштиришдан иборат бўлиб, поездларнинг узлуксиз ва хавфсиз ҳаракатланишини таъминлаш ва конструкцияларнинг эксплуатацион ишончлилигини ошириш, балласт қатламини қуриш ва режали олдини олиш таъмирлаш ишларида юк кўтариш имкониятини прогнозлаш, балласт қатламининг юк кўтариш имкониятига таъсир этувчи омилларни аниқлаш ва уларнинг олдини олиш усулларини ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Кўчувчи қумлар билан ифлосланган, вибродинамик юкламани қабул қилувчи темир йўл балласт қатламининг юк кўтариш имкониятини ошириш бўйича олинган илмий тадқиқот натижалари асосида:

кўчувчи қумлар билан ифлосланган темир йўл балласт қатламида поездлардан тушувчи вибродинамик юкламалар таъсирида қатламда юзага келувчи зўриқиш зоналарини баҳолаш усули «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тассаруфидаги Бухоро-Мискин темир йўл линияси темир йўл ер кўтармаси ва балласт қатламини эксплуатация қилиш жараёнига жорий этилган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2019 йил 1 апрелдаги Н/1689-19-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида темир йўл балласт қатламида тебранишларнинг сўниш чегарасининг юкламага нисбатан боғлиқлигини белгилаш имконини берган;

кўчувчи қумлар мавжуд ҳудудларда темир йўл балласт қатламининг ифлосланиш даражасини аниқлаш усули «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тассаруфидаги Бухоро-Мискин темир йўл линияси темир йўл ер кўтармаси ва балласт қатламини эксплуатация қилиш жараёнига жорий этилган

(«Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2019 йил 1 апрелдаги Н/1689-19-сон маълумотномаси). Натижада темир йўл балласт қатламини 0,1 м га қалинлаштириш, ер кўтармасининг юк кўтариш имкониятини вертикал йўналишда 8% га ва горизонтал йўналишда 10% га ошириш имконини берган.

Турли темир йўл инфратузилмаси объектларини кўчувчи қумлар босишидан ҳимоя қилишни лойиҳалаштиришда қўлланадиган фаол шамолларнинг маконда тақсимланиш моделини тасвирлаш усули «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тассаруфидаги «Toshtemiryo'lloyiha» МЧЖга темир йўлни лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатация қилиш жараёнига жорий этилган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2019 йил 1 апрелдаги Н/1689-19-сон маълумотномаси). Натижада чўл ҳудудларида янги темир йўлларни лойиҳалаштиришда кўчувчи қумларни ҳосил қилувчи табиий шамол йўналишларини белгилаш имкони яратилган;

балласт қатламининг кўчувчи қумлар билан ифлосланиш даражасини камайтириш ҳамда ер полотносининг мустаҳкамлигини ошириш учун эксплуатациядаги мавжуд қатлам ва полотно конструкциясига ҳисоб-китоблар асосида ўзгартиришлар киритилган, шу билан бирга балласт қатлами ҳамда ер полотносини эксплуатация қилиш жараёнида ишлатиладиган мавжуд йўл хўжалиги технологияси ўрнига янги замонавий технологиядан фойдаланиш ва унга қўшимча қурилма қўшиш орқали такомиллаштирилган технология «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тассаруфидаги Бухоро-Мискин темир йўл линияси темир йўл ер кўтармаси ва балласт қатламини эксплуатация қилиш жараёнига жорий этилган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2019 йил 1 апрелдаги Н/1689-19-сон маълумотномаси). Натижада линияда поездларнинг ҳаракатланиш графигида таъмирлаш учун ажратилган «техник танаффус»лар давомийлигини йўлнинг ҳар бир километри учун 5.6 соатга қисқартириш имкони яратилган.

**Тадқиқот натижалари апробацияси.** Мазкур илмий тадқиқот натижалари 7 та халқаро ва 2 та республика миқёсидаги илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича 18 та илмий иш чоп этилган бўлиб, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 9 та мақола, жумладан, 2 таси хорижий журналларда, хорижий ва республика миқёсидаги конференцияларга оид тўпламларда 9 мақола нашр этилган. Шунингдек, 1 та монография ҳаммуаллифликда чоп этилган, 1 та дастурий таъминот учун Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлигидан муаллифлик гувоҳномаси олиган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалар рўйхатидан иборат. Диссертация ҳажми 120 бет.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурати, мақсад ва

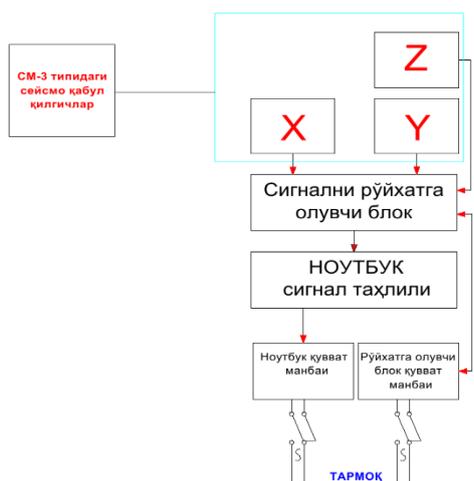
вазифалари асосланиб, унинг объекти ва предмети тавсифланган, уларнинг республика фан ва технологияларини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилиниб, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти ёритиб берилган. Шу билан бирга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

**«Темир йўл балласт қатламининг техник ҳолати ва тавсифлари»** деб номланган биринчи бобда темир йўл балласт қатлами конструкциялари, балласт ва унинг материалларини мустаҳкамлик тавсифлари, шунингдек, балласт қатламининг мустаҳкамлик хоссаларига таъсир этувчи омиллар ва уларни олдини олиш бўйича кўп йиллар давомида бажарилиб келинган ва келинаётган илмий ва амалий тадқиқотлар натижаларининг таҳлили келтирилган. Кўчувчи қумлар билан ифлосланган, вибродинамик юкламани қабул қилувчи темир йўл балласт қатламининг юк кўтариш имконияти ва турғунлиги бўйича бажарилган тадқиқотлар таҳлили қатлам динамикаси соҳасидаги яққол ютуқлар билан бирга мунозарали ёки ҳали тўлиқлигича ҳал этилмаган масалалар ҳам мавжудлиги кўрсатилган. Натижада вибродинамик юкламани ҳисобга олган ҳолда кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатламининг юк кўтариш имкониятини ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш зарурати юзага келган.

**Тадқиқотнинг «Кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатлами тебраниш жараёнининг табиий шароитдаги тадқиқотлари»** деб номланган иккинчи бобда «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ Бухоро-Мискин темир йўл линиясининг 43-разъезд Янгиобод ст. 3975 км темир йўл участкасида балласт қатлами тебраниш жараёнининг дала шароитида ўтказилган тадқиқотлари натижалари баён этилган.

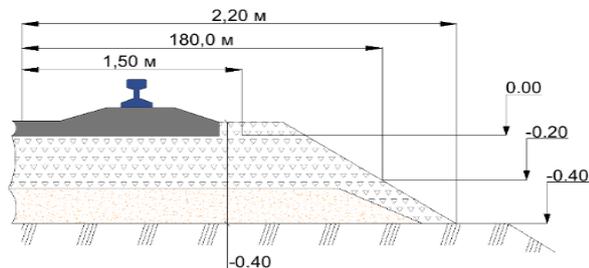
Балласт қатламининг тебраниш жараёни механик тебранишларини электр токи тебранишларига айлантириш учун мўлжалланган СМ-3 типдаги магнит электр сейсмо қабул қилгичлар ёрдамида тадқиқ этилди. Балласт қатламидаги тебраниш жараёнлари мураккаб маконий характерга эга эканлиги ҳисобга олиниб, йўл ўқи бўйлаб ва унга кўндаланг равишда тебранишларнинг вертикал ва горизонтал таркибий қисмлари қайд этилди.

Балласт қатламининг тебранишларини қайд этилишининг принципиал схемаси 1-расмда кўрсатилган. Тадқиқотлар амалга оширилгунига қадар ва ундан сўнг барча датчик симлари, тебранишларни қайд этиш блоки ва махсус ишлаб чиқилган, қатъий белгиланган ишчи каналларига уланган дастурий таъминотига эга бўлган ноутбук билан бирга Ўзбекистон Республикаси Фанлар академиясининг М.Т.Ўрозбоев номидаги Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтининг махсус намунавий стендида тарировкадан ўтказилди. Тарировкаланиш натижасида ҳар бир датчик учун сигналнинг ўзгартириш коэффицентлари аниқланиб, уларнинг қайд этиш дастурига киритилиши ёзувларни расшифровкалашда балласт қатламидаги тебранишлар амплитудаларининг ҳақиқий қийматларини олиш имконини берди.



**1-расм. Балласт қатлами тебранишларини қайд этишнинг принципаал схемаси**

гармоникаларга бўлинади. Бархан кумлари тебранишлари жараёни таркибий қисмларининг қийматлари таҳлилидан тебранишларнинг натижавий амплитудаси тебранишлар амплитудасининг вертикал таркибий қисми қиймати билан белгиланди. Олинган натижалардан кўришиб турибдики, йўл бўйлаб (x эгри чизик, 3-расм) ва йўлга кўндаланг тарзда (y эгри чизик, 3-расм) тарқаладиган тебранишлар амплитудаларининг горизонтал таркибий қисмлари тезлик ўзгаришининг барча диапазонида тўғри чизикли боғлиқликлар билан



**2-расм. Бухоро – Мискин линиясининг 3975 км даги сейсмоқабул қилгич участкаси схемаси**

даси қиймати кўп жиҳатдан вертикал компонент қиймати билан белгиланишини кўрсатди. Таркибий қисмлар бўйича тебранишлар даражасини солиштириш билан йўл бўйлаб тарқаладиган тебранишлар қиймати энг кичик деган хулосага келиш мумкин. Йўлга кўндаланг тарқаладиган тебранишлар қиймати каттароқ. Энг юқори вибрация даражаси вертикал таркибий қисмга тегишли.

Ҳар қандай тебраниш жараёнини тадқиқ этишнинг муҳим қисми тебранишларнинг вертикал ва горизонтал сатҳларда тарқалиш боғлиқлигини аниқлаш бўлиб, бу тебранишларнинг интенсив сўниш чуқурлиги ва масофасини белгилаб олиш имконини беради.

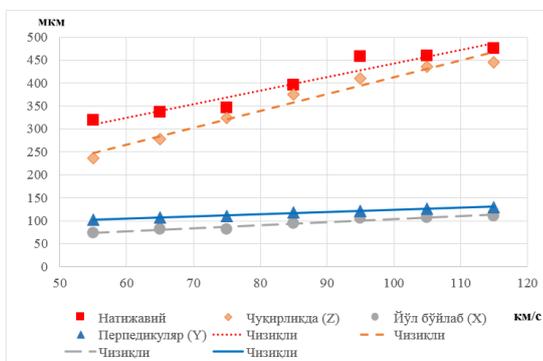
Тадқиқотлардан асосий мақсад тебранишлар амплитудаларининг балласт қатламида ва ундан ташқарида тарқалиш қонуниятларини аниқлашдан иборат бўлди. Балласт қатлами чуқурлиги бўйича амплитудалар сўниши қайд этиш

Датчикларнинг балласт қатламида жойлашиши 2-расмда кўрсатилган. Ўлчовлар балласт чуқурлиги бўйлаб, ҳар 20 сантиметр оралиқда, шпалаларнинг чекка қиррасидан бошлаб то ер полотносининг асосий майдончасига қадар амалга оширилган. Балласт қатламининг тебраниш жараёни ёрқин ифодаланган стохастик хусусиятга эгаллиги маълум бўлиб, жараённинг бир хил шароитларда турлича амалга оширилишидан олинган амплитудалар қийматлари 2-3 мартага фарқ қилади. Тебраниш ёзувлари натижалари кўрсатишича, тебранишларнинг ҳар бир компоненти шартли равишда икки - ўртача частотали ва юқори частотали

ҳаракат тезлиги ошиши билан йўл бўйлаб ва йўлга кўндаланг тарзда тебранишлар амплитудасининг ўсиш интенсивлиги катта фарқ қилмайди. z боғлиқлик (3-расм) поездлар ҳаракат тезлигининг ортиши билан тебранишлар вертикал компонентининг амплитудаси ўзгаришини акс эттиради.

3-расмда тақдим этилган натижалар тебранишларнинг натижавий амплиту-

графи, ҳамда 2-расмдаги схемага мувофиқ шпалалар чеккасида 40 см чуқурликда ўрнатилган датчиклар маълумотларига мувофиқ аниқланди. 4-расмда тақдим этилган тадқиқот натижалари ( $\delta_1$ ) кўрсаткичининг чуқурлик бўйича ўзгаришларини тавсифлаб, бу кўрсаткич балласт қатлами қуйи қисмидан ( $A_z$ ) маълум чуқурликда қайд этилган амплитудаларнинг асосий майдонда қайд этилган амплитудаларга ( $A_0$ ) нисбати сифатида аниқланади.



**3-расм. Балласт қатлами тебранишлари амплитудасининг йўловчи поездлар ҳаракатланиш тезлигига боғлиқлиги**

Тебранишлар жараёни тавсифлари соатига 55-115 км тезлик билан ҳаракатланадиган йўловчи поездлари остида юзага келадиган гармоникалар учун аниқланди. Олинган эгри чизиклар тўғри чизикли боғлиқликка эга экан, бу ҳолда  $K_1$  қийматини  $e$  асос бўйича логарифмлаймиз. Бунинг оқибатида, кўриниши даража кўрсаткичи  $\ln \delta_1 z$  га яқин бўлган ўртачалаштирилган эгри чизик қурилди

Шунинг учун

$$A_{zy} = A_0 e^{z \ln \delta_1 - \delta_2 (y - 1.35) + \delta_3 h}, \quad (1)$$

бу ерда  $A_{zy}$ -z ва у координатали нуқталардаги қатлам тебранишларининг натижавий амплитудаси, мкм;  $A_0$ -балласт қатламидаги тебранишларнинг эҳтимолий натижавий амплитудаси, мкм; z-шпала қиррасидан кўриб чиқиладиган нуқтага қадар вертикал бўйича масофа, м; у-кўриб чиқиладиган нуқтага қадар горизонтал бўйича масофа;  $\delta_1$ -тебранишларнинг чуқурлик бўйича сўниш коэффиценти;  $\delta_2$ -тебранишларнинг йўл ўқиға кўндаланг сўниш коэффиценти;  $\delta_3$ -балласт қатлами откос қисмидаги тебранишларнинг сўниш коэффиценти.

$$\delta_3 = \frac{\ln \delta_1}{1.5 \cdot ctg \alpha_1}, \quad (2)$$

бу ерда  $\alpha_1$  - кўтарма откосининг жойланиш бурчаги;  $h_i$  - кўтарма откосининг кўриб чиқиладиган нуқта устидан баландлиги, м;

$$h_i = \begin{cases} 0 & y \leq 0,5 b_{пл} \text{ бўлса,} \\ (y - 0,5 b_{пл}) tg \alpha_1 & y > 0,5 b_{пл} \text{ бўлса,} \end{cases}$$

бу ерда  $b_{пл}$  - ер кўтармаси асосий майдонининг эни, м;

$$\varphi(y) = \begin{cases} (y - 1,35) & \text{при } y \leq 3,6 \\ 2,25 & \text{при } y > 3,6, \end{cases}$$

бу ерда z - кўриб чиқиладиган нуқтанинг вертикал бўйича координатаси, м; у - координата маркази асосий майдонда йўл ўқи бўйлаб жойлашганида горизонтал бўйича ҳисобий нуқта координатаси, м.  $\delta_1$  бевосита графикдан

топилмаганлиги сабабли, бу ҳолда  $\ln \delta_1 = f(z)$  боғлиқлик 4-расмнинг қуйи қисмида ярим логарифмик координаталарда тақдим этилган бўлиб, бунинг оқибатида у доимий бурчак коэффициенти бўлган тўғри чизиқли тенглама билан ифодаланади. Тажрибалар давомида поездларнинг маълум тезликларида олинган ўртачалаштирилган қийматларга боғлиқ тебраниш амплитудалари ҳисоб-китоби натижалари (1) формула бўйича ўққа тушадиган турли юкламалар билан солиштирилганида (1-жадвал) улар ўзаро яқиндан мослиги маълум бўлди. Энг катта четлашишлар 1-2 мкм ни ташкил қилади, бироқ бошланғич қийматнинг 1% дан ошмайди.

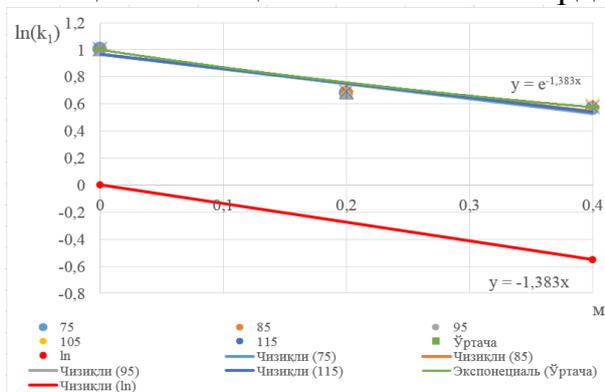
1-жадвал

Датчикларнинг чуқурлигига кўра ўрнатилиш координаталари

Ҳисоб-китоб турлари	1 ст.		2 ст.		3 ст.	
	z=0	y=0	z=0,2	z=0	y=0	z=0,2
A <sub>экс</sub> , мкм	427,40		326,20		248,80	
A <sub>хис</sub> , мкм	427,40		324,12		245,79	
Хатолик %	0,00		-0,64		-1,22	

Вибродинамик юкламани қабул қиладиган, кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатламининг юк кўтариш имкониятини аниқлаш мақсадида тебранишларнинг балласт қатламида ва ундан ташқарида тарқалишига боғлиқлиги белгилаб олинди. Бажарилган дала тадқиқотларидан балласт қатламининг исталган нуқтасида ва ундан ташқарида тебранишларнинг натижавий амплитудасини қуйидаги ифодадан ҳисоблаб топиш мумкинлиги аниқланди (1). Шундай қилиб, бажарилган тадқиқотлар тебранишлар сўнишининг, бундан келиб чиқиб, уларнинг вертикал ва горизонтал йўналишда тарқалишининг боғлиқлигини аниқлаш имконини бериб, бу балласт қатламининг ҳар қандай нуқтасида вибродинамик таъсирнинг қийматини баҳолаш учун асос бўлади.

Бундан ташқари, ифода (1) динамик юкламаларда тебраниш амплитудалари ва уларнинг мустақкамлик тавсифлари ўртасидаги аналитик боғлиқликни баҳолаш имконини берди.



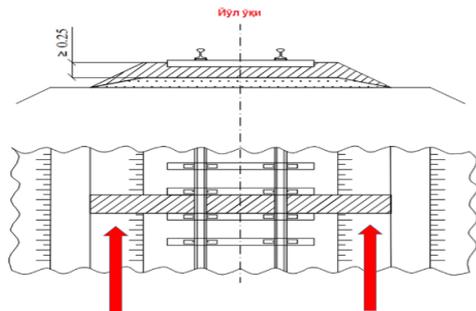
4-расм. Балласт қатлами тебранишлари амплитудасининг йўловчи поездлари ҳаракатланиш тезлигига боғлиқлиги

катлами бўйича бирламчи маълумот тўплаш учун мўлжалланган. Балласт қатламининг ифлосланганлиги унинг техник ҳолатини белгилаб берадиган

«Ўзбекистон темир йўллари» АЖ темир йўлларини кўчувчи қумлардан химоя қилишга қаратилган Комплекс дастур чоратадбирларини амалга ошириш доирасида қум босадиган участкаларда темир йўл балласт қатламини тадқиқ этиш усули ишлаб чиқилди. Услуб кўчувчи қумларнинг йўл юқори қурилмаси конструкциясининг техник ҳолатига таъсирини баҳолашда балласт

асосий параметр бўлиб ҳисобланади.

Балластнинг ифлосланганлик даражаси балласт қатламини махсус машиналар билан ялпи ва тўлиқ тозалаш амалга оширилиб, шпала яшиклари остида зарур минимал қалинликда тоза балласт қатлами ҳосил қилинадиган темир йўл изини таъмирлаш муддатларини тайинлашда асосий мезон бўлиб хизмат қилади. Балласт қатлами чақиқтошининг ифлослантурувчи-ларига 25 мм дан кичик бўлган барча фракциялар киради. Қатламнинг ифлосланганлик даражасини аниқлаш учун балластнинг белгиланган қисимларидан намуналар олинади. Балласт қатламининг чақиқтошини ҳажми ва оғирлиги бўйича ифлосланиши даражаси фарқланади.



**5-расм. Ифлосланганлик даражасини аниқлаш мақсадида балласт қатлаmidан намуналар олиш схемаси**

Балласт намунаси ҳажми 50 кг дан кам бўлмаслиги шарт. Йўлдан олинadиган балласт намуналари сони балласт ифлосланганлигини аниқлаш мақсадларига боғлиқ:

-бир километр йўлга балласт қатлами намунаси йўл масофасининг техник паспортларида қатлам ифлосланганлигини акс эттириш учун;

-намуна жойида, балласт қатлами темир йўл бўйлаб ўртача

даражада ифлосланган ердан, кўздан кечириш орқали олинади;

-бир километр йўлга уч балласт намунаси - йўлни таъмирлаш муддатларини режалаштириш учун;

-йўл бўйлаб балласт олинadиган нуқталар орасидаги масофа тахминан бир хил бўлиши шарт; намуналар балласт қатлами темир йўл бўйлаб балласт қатлами ўртача даражада ифлосланган жойдан, кўздан кечириш орқали олинади;

-илмий тадқиқотлар учун олинadиган балласт намуналари сони ва намналар олиш жойи илмий тадқиқотлар ўтказилиш дастури ва услубиётига биноан аниқланади. Балласт намуналарини олиш 5-расмда кўрсатилгани каби бажарилади.

Ифлосланган балласт намуналари шпала яшиги узунлиги бўйича балласт қатлами юзасидан камида 0.25 м чуқурликда олинadилар. Ифлосланган балласт брезент, клеенка ёки зич пластикдан бўлган, 1.5x1.5 м ўлчамли тўшамага жойланади. Тўшамадаги балласт яхшилаб аралаштирилиб, сўнг тўшамадаги диск тарзида текисланади. Диск тўртта тахминан бир хил секторга ажратилади. Иккита қарама-қарши сектор тўшамадан олиб ташланади. Балласт намунасининг қолган қисми яна аралаштирилиб, диск сифатида текисланиб, тўрт секторга бўлинади, икки сектор эса олиб ташланади ва ҳ.к. Намунани аралаштириш ва унинг ҳажмини қисқартиришга қаратилган ҳаракатлар тўшамада 10-15 кг ифлосланган балласт қолганига қадар давом эттирилади.

Тўшамада қолган балласт намунаси челақка олиниб, унинг оғирлиги камида 0.1 кг аниқлик билан ўлчанади. Балласт намунаси ўлчанганидан сўнг у

челакдан юмалоқ тирқишлари диаметри 25 мм бўлган элакка ағдарилади ва балласт намунаси элакдан ўтказилади. Элакдаги қолдиқ (25 мм дан йирик фракцияли чақиқтош) яна челакка ағдарилиб, камида 0.1 кг аниқлик билан ўлчанади. Чақиқтошли балластнинг ифлосланганлик даражаси массасига кўра фоизларда қуйидаги ифода бўйича аниқланади: (3)

$$q = \frac{M - m}{M} 100 \%, \quad (3)$$

бу ерда  $m$ -элакда қолган чақиқтош массаси, кг;  $M$ -намунанинг умумий массаси (чақиқтош билан бирга ифлослангич), кг.

**«Кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатламининг мустаҳкамлик хоссаларини модели экспериментал тадқиқотлари» деб номланган учинчи бобда** назарий тадқиқотлар поездларнинг тезювар ҳаракатланишидаги таъсирнинг сейсмик тебранишларга ўхшашлигини асослаб бериш имконини яратди. Ер кўтармаситебранишларининг амплитудаси ҳаракатланиш тезлигига, ҳаракатланувчи таркиб ҳолатига, йўл ер полотносининг емирилганлик даражасига боғлиқлиги кўрсатилган.

Кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатламининг мустаҳкамлик хоссаларини аниқлаш мақсадида поездларнинг тезювар ҳаракатланишида табиий шароитларда тажрибалардан олингани каби сейсмик платформа ва марказдан қочма моделлаштириш машинасидан фойдаланиб модели экспериментлар ўтказиш усули қўлланилди.

Модели экспериментлар натижаларини солиштириш назарий кўрсаткичлар ва табиий экспериментлар натижаларининг ишонарлилик даражасини аниқлаш имконини берди. Балласт қатлами қалинлиги, намлиги ва унинг ифлосланиш даражасига боғлиқ равишда ўтказилган экспериментал тадқиқотларда Ўзбекистон Республикаси Фанлар академиясининг Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтининг сейсмик платформаси ва марказдан қочма машинаси ёрдамида бажарилди (6-расм). Гравитация майдонига ўхшаш куч майдонида марказдан қочма машина билан ҳосил қилинадиган ва интенсивлиги  $n$  марта катта бўлган марказдан қочма кучлар майдонидан фойдаланилди.

$$n = \sqrt{\frac{\omega^2 R_{\text{эф}}}{g} + 1} \quad (4)$$

бу ерда  $n$ -чизиқли моделлаштириш масштаби;  $R_{\text{эф}}$ -самарали айланиш радиуси;  $\omega$ -марказдан қочма ускуна айланишининг бурчак тезлиги;  $g$ -эркин тушиш тезлашиши. Марказдан қочма моделлаштиришда масштабли нисбатлар қуйидагича деб олинган:

$$L_n = n \cdot L_m; S_n = n^2 \cdot S_m; V_n = n^3 \cdot V_m; P_n = n^2 \cdot P_m; \sigma_n = \sigma_m; T_n = T_m; t_n = n \cdot t_m,$$

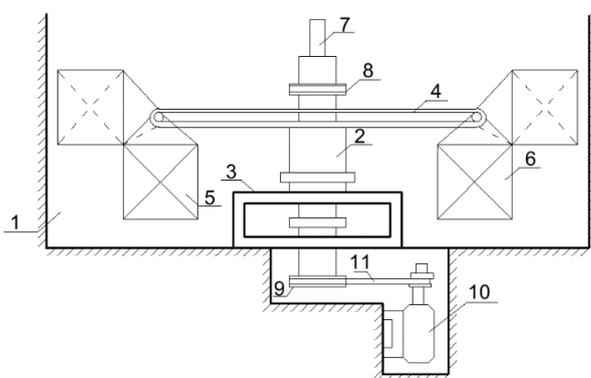
бу ерда  $L$ -узунлик;  $S$ -майдон;  $v$ -ҳажм;  $P$ -куч;  $\sigma$ -зўриқиш;  $T$ -харорат;  $t$ - вақт;  $n$ ,  $m$ -натура ва моделга мувофиқ индекслар.

Механик тизим ҳаракатини моделлаштиришда, вақт- $t$  марказдан қочма

моделлаштиришда табиий шароитдагига нисбатан  $n$  марта кичик бўлади. Бу айниятни эътиборга олган ҳолда, (4) тенгламада марказдан қочма ускуна тезлигини ўзгартириш билан зарур моделлаштириш масштаби танлаб олинади. Ишнинг ўлчов қисмида, тензометрик маълумотлар кўрсатмаларини қайд этиш мақсадида осциллограф шахсий компьютер билан алмаштирилди.

Тажрибалар натижаларига ишлов бериш учун махсус дастур ишлаб чиқилди ва эксперимент жараёнини компьютер мониторида кузатиб бориш, тажрибалар тугалланганидан сўнг эса зарур маълумотларни графиклар кўринишида ёзиб олиш имконияти пайдо бўлди. Эксперимент натижалари тажрибалар тугаллангандан сўнг рақамли ва график шаклда таҳлил қилиш мақсадида чоп этилади. Тўртта каналли ўлчаш мажмуаси ишлаб чиқилди. Уч тензометрия канали тадқиқ этилаётган моделга ўрнатилган датчиклар сигналларини қайд этиш учун, улардан бири эса оптик датчик ёрдамида марказдан қочма ускуна айланишлари сонини қайд этиш учун олинди.

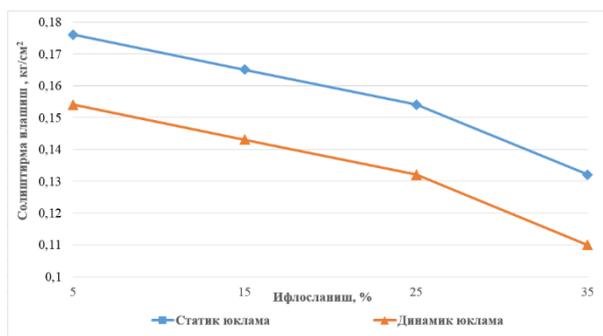
Тажрибалар моделлаштиришнинг  $n=10$  ишчи масштабида ўтказилди, каретка ўлчамлари:  $L=35,2$  см,  $B = 23,8$  см. Ишчи участкаси баландлиги - 30 см. Ер полотноси асоси-гранулометриқ таркиби 10 баробар кичик бўлган бархан қумлари, гранулалари ўлчами табиий шароитдаги чақиқтошли балласт призмасининг доначаларидан 10 марта кичик бўлган балласт призмаси, модел қатлами қалинлиги  $h=3; 6; 9$  см. Тажрибалар жараёнида қатлам қалинлиги, унинг намлиги ва ифлосланиш даражаси ўзгартириб турилди.



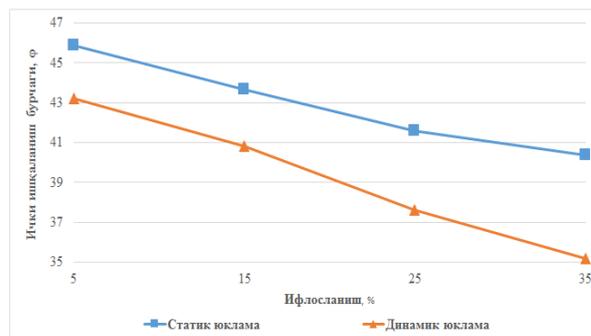
**6-расм. Марказдан қочма машинанинг умумий кўриниши.**  
**1-Марказдан қочма камера; 2-центрифуга вали; 3-таянч;**  
**4-коромисло; 5-6-кареткалар; 7-8-ток олгичлар; 9-шкив;**  
**10-электродвигатель; 11-қайиш**

6-расмдан маълумки, моделлаштириш масштаби  $n=10$  бўлганида, экспериментлар натижаларидаги хатолик  $\Delta n=9,6\%$  ни ташкил қилиб, бу ана шундай мураккаб экспериментлар учун йўл қўйилиши мумкин бўлган кўрсаткич. Экспериментлар натижалари 7, 8, 9-расмларда келтирилган.

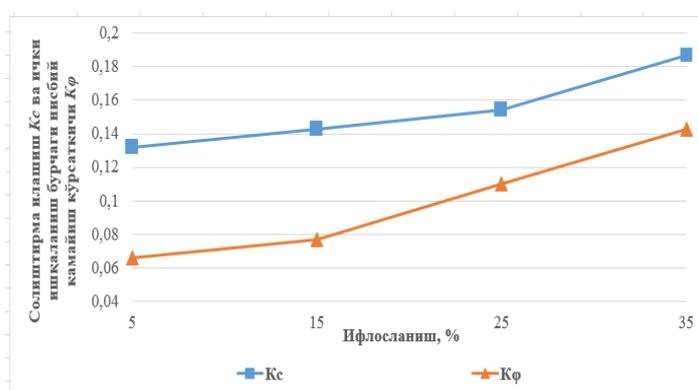
Кўчувчи қумлар билан турли ифлосланиш даражасида балласт қатламининг мустаҳкамлик хоссаларини ўрганиш бўйича модели тажриба натижалари табиий экспериментлар натижалари билан 12-19% мос келиб, бу эса бажарилган тадқиқотларнинг ишонарлигининг етарли тасдиғи бўлиб ҳисобланади.



7-расм. Солиштирма илашиш ўзгаришининг чақиқтош бархан қумлари билан ифлосланганлик қийматига боғлиқлиги



8-расм. Ички ишқаланиш бурчаги ўзгаришининг чақиқтош бархан қумлари билан ифлосланиш қийматига боғлиқлиги



9-расм. Солиштирма илашиш нисбий пасайиши  $K_c$  ва ички ишқаланиш бурчаги  $K_\phi$  кўрсаткичлари ўзгаришининг чақиқтош бархан қумлари билан ифлосланиш фоизига боғлиқлиги

“Кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатламининг юк кўтариш имкониятини оширишга қаратилган конструктив-технологик ечимлар, таклифлар ва тавсиялар” деб номланган тўртинчи бобда поездлардан тушувчи вибродинамик юкламани қабул қилувчи қатлам чақиқтошининг мустаҳкамлик хоссаларини пасайиши, шунингдек, балласт қатламида ва ундан ташқарида тебранишлар сўнишини аниқлашда инерция кучлари таъсирини ҳисобга олган ҳолда чегаравий мувозанат назарияси асосида балласт қатламининг юк кўтариш имкониятига тавсиф берилган.

Кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатламининг юк кўтариш имконияти мавжуд ҳисоблаш усулига тузатишлар киритилди. Таклиф этилаётган усул И.В.Прокудин томонидан ишлаб чиқилган чегаравий мувозанат назариясининг ясси масаласига оид назарий ечимларга асосланади.

$$\sigma = \frac{\varphi(a) \cos \alpha + c_{\text{дин}} \cos \varphi_{\text{дин}} \cos 2(\delta - \alpha)}{1 - \sin \varphi_{\text{дин}} \cos 2(\delta - \alpha)}, \quad (5)$$

бу ерда

$$\varphi(a) = \begin{cases} 0 & y > a + h_n \cdot \text{ctg } \alpha_1 \text{ бўлса,} \\ \gamma \cdot y \cdot (\text{tg } \alpha - \text{tg } \alpha_1) + \gamma \cdot a \cdot \text{tg } \alpha_1 & a < y < h_n \cdot \text{ctg } \alpha_1 \text{ бўлса,} \\ \gamma \cdot y \cdot \text{tg } \alpha & y < a \text{ бўлса,} \end{cases} \quad (6)$$

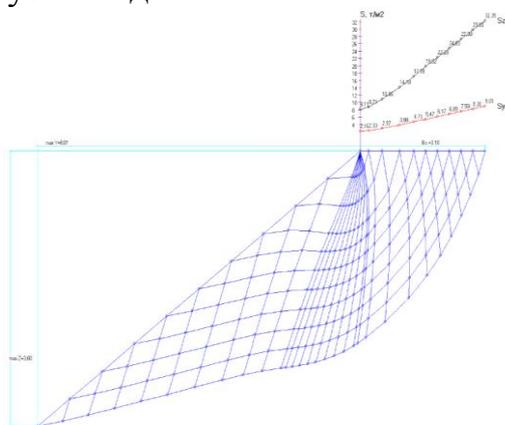
$a$  - йўлнинг шартли чеккаси эни;  $h_n$  - балласт қатлами баландлиги;

$\alpha_1$  - ҳақиқий откоснинг уфққа нисбатан ётиқлик берчаги. Биринчи асосий зўриқиш  $\sigma_1$  ва  $OY$  ўқи ўртасидаги бурчакни белгилаб берадиган бурчак  $\delta$  куйидаги формула бўйича ҳисоблаб топилади:

$$\delta = \frac{1}{2} \arcsin \left\{ \varphi(a) \sin \alpha \frac{c_{\text{дин}} + \varphi(a) \operatorname{tg} \varphi_{\text{дин}} \cos \alpha - \sqrt{(c_{\text{дин}} + \varphi(a) \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi_{\text{дин}})^2 \sin^2 \varphi_{\text{дин}} - (\varphi(a) \sin \alpha \sin \varphi_{\text{дин}})^2}}{\cos \varphi_{\text{дин}} [(\varphi(a) \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi_{\text{дин}})^2 + (c_{\text{дин}} + \varphi(a) \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi_{\text{дин}})^2]} \right\} + \alpha \quad (7)$$

Кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатламининг юк кўтариш имкониятига вибродинамик юкламанинг таъсирини баҳолаш учун Бухоро-Мискин темир йўл линиясининг тажриба участкасида мустаҳкамлик ҳисоблари амалга оширилди. Балласт қатламининг юк кўтариш имкониятига вибродинамик юкламанинг таъсирини баҳолаш мақсадида махсус ҳисоблашлар бажарилиб, бунда тебранишлар амплитудаси 50 мкм одим билан 600 мкм гача бўлган оралиқда ўзгартириб турилди. Ушбу ҳисоблашлар натижалари 10-расмда келтирилган. 11-расм таҳлилидан ҳисобий вертикал зўриқишлар тебранишлар амплитудасига ночизиқли боғлиқлик эканлиги аниқланди, лекин ҳисобий горизонтал зўриқишлар тебранишлар амплитудаси катталашиб боришига тўғри пропорционал равишда камайиб борди.

Тебранишлар амплитудаси 200 мкм гача ошиши билан ҳисобий вертикал зўриқишларнинг кескин пасайиши, уларнинг катталашishi давом этганида эса ҳисобий вертикал зўриқишлар камроқ интенсивлик билан камайиши кузатилади.

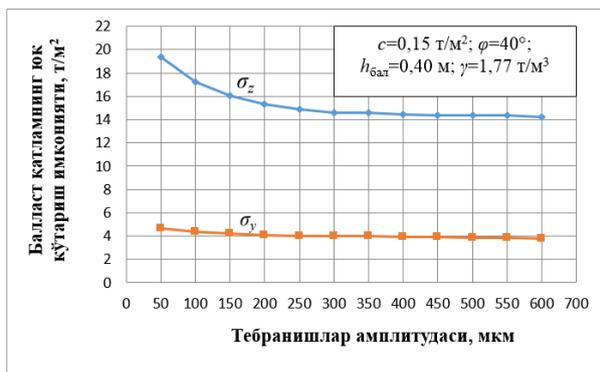


**10-расм. Бухоро-Мискин участкасида балласт қатламининг кўтариш қобилиятини ҳисоб-китоб қилиш натижалари**

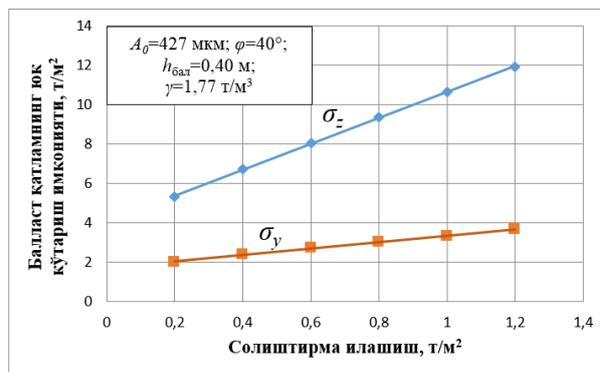
Бархан қумлари солиштирма илашиш ва ички ишқаланиш бурчагининг балласт қатлами юк кўтариш имкониятига таъсирини тадқиқ этиш натижалари 12 ва 13-расмларда кўрсатилган. Ушбу расмларда келтирилган боғлиқликлар таҳлилидан маълум бўлишича, бархан қумлари солиштирма илашиш ва ички ишқаланиш бурчаги катталашishi билан балласт қатламининг юк кўтариш имконияти ҳам тўғри пропорционал тарзда ортиб боради.

Бархан қумлари солиштирма илашиш даражасининг 0,4 дан 0,6 т/м<sup>2</sup> гача ўзгариши ҳисобий вертикал зўриқишларни 1,34 т/м<sup>2</sup> га катталаштиради. Ички ишқаланиш бурчагининг 1° га кўпайиши эса ҳисобий вертикал зўриқишларни мос равишда 0,48 т/м<sup>2</sup> га катталаштиради.

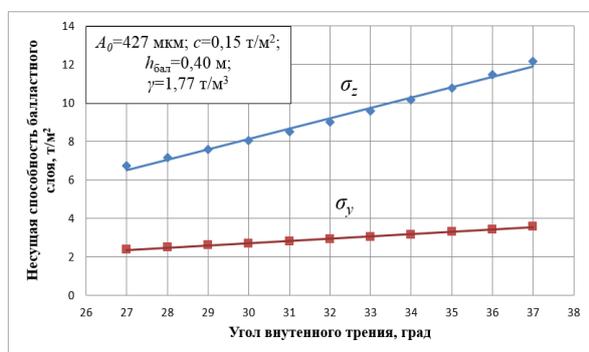
Кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатламининг юк кўтариш имкониятига қиялик турғунлиги таъсирининг таҳлили бўйича тадқиқот натижалари 14-расмда келтирилган.



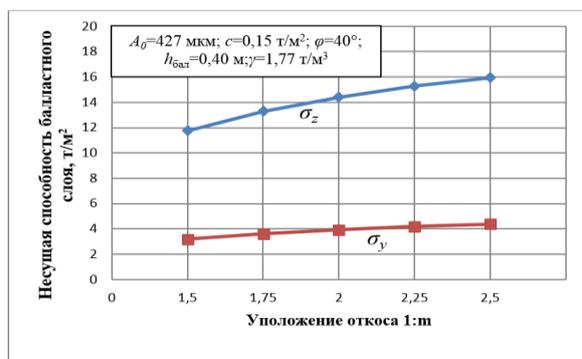
**11-расм. Балласт қатлами юк кўтариш имкониятининг бархан қумларидан барпо этилган кўтарма асосий юзасидаги тебранишлари амплитудасига боғлиқлиги**



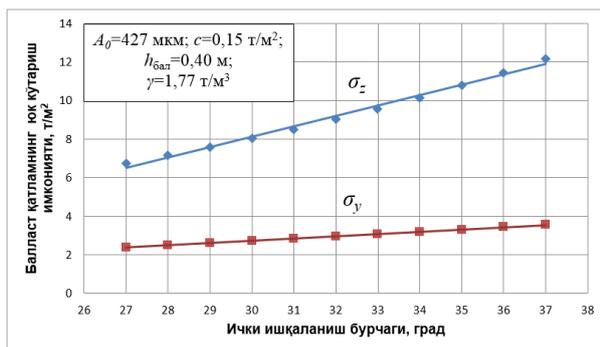
**12-расм. Балласт қатлами юк кўтариш имконияти ўзгаришининг бархан қумлари солиштирма илашиш даражасига боғлиқлиги**



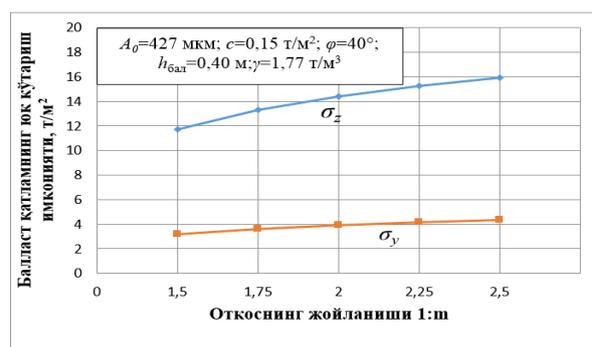
**13-расм. Балласт қатлами юк кўтариш имконияти ўзгаришининг бархан қумларининг ички ишқаланиш бурчагига боғлиқлиги**



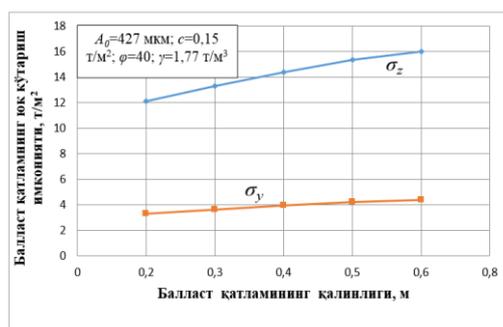
**14-расм. Бархан қумлари билан ифлосланган балласт қатлами юк кўтариш имкониятининг откос жойлашишига боғлиқлиги**



**15-расм. Балласт қатламнинг юк кўтариш имкониятининг бархан қумларининг ички ишқаланиш бурчагига боғлиқлиги**



**16-расм. Бархан қумлари билан ифлосланган балласт қатламини юк кўтариш имкониятининг откос жойланишига боғлиқлиги**



**17-расм. Ер полотноси юк кўтариш имкониятининг балласт қатлами қалинлигига боғлиқлиги**

Балласт қатлами қалинлигининг бархан қумларидан барпо этилган ер кўтармаси юк кўтариш имкониятига кўрсатадиган таъсири устида ўтказилган тадқиқот натижалари 15-расмда берилган. 16-расмда келтирилган боғлиқликлар таҳлили кўрсатишича, қиялик (откос) нинг 1:1,5 дан 1:1,75 гача, ундан сўнг эса 1:2 ва 1:2,5 гача ҳолати ҳисобий зўриқишларнинг тахминан бир хил интенсивлик билан ортишига олиб келади.

Расмларда келтирилган боғлиқликлар таҳлили шуни кўрсатдики, балласт қатламининг 0,1 м га қалинлаштирилиши (17-расм) ер кўтармасининг юк кўтариш имкониятини ўртача 1,64 т/м<sup>2</sup> га ортиши аниқланди.

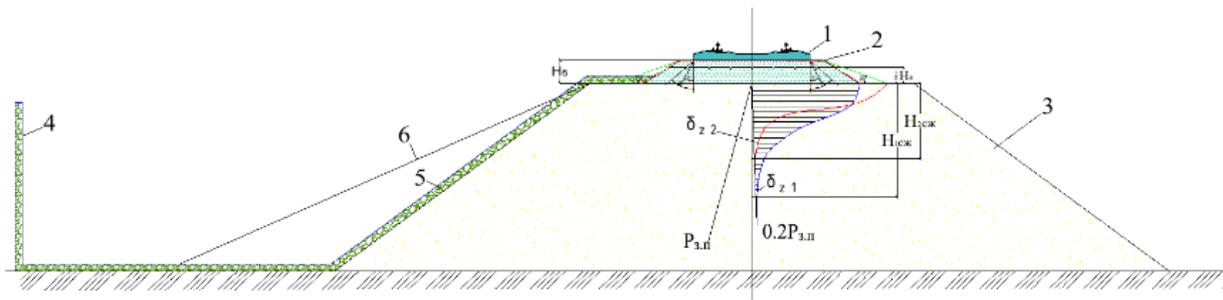
Қумдан барпо этилган ер полотносининг 1:10 масштабли моделида ўтказилган экспериментал тадқиқотлар қуйидагиларни аниқлаш имконини берди:

- балласт қатламининг откосларини  $\alpha \leq 30^\circ$  бурчак остида лойиҳалаш – бу қумнинг балласт қатламига босиб киритилиш кучини жиддий тарзда камайтиради ва қум оқими қатлам бўйлаб юқорига томон сирпанади, чунки ҳаво оқимининг аэродинамик кучи кескин тушиб кетади.

- балласт қатламининг юқори қисми ва откос қисми шиша толали мато (геотекстил) билан қоплаш - бу уни қум билан ифлосланишдан сақлайди.

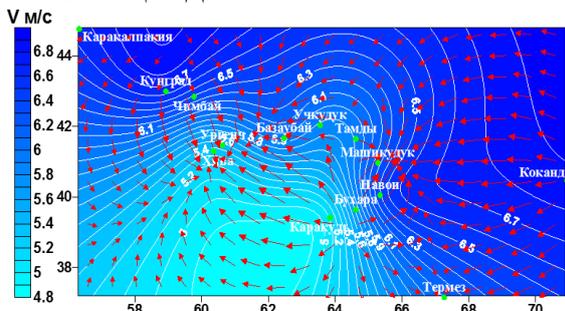
Шунингдек, агар қатлам откослари, механик ёки бошқа химоя ёрдамида тўсилса, бу конструктив ечим балласт қатламининг таъмирлараро муддатини сезиларли даражада узайтиради, чунки энг катта аэродинамик босими айнан унинг откос қисмига тўғри келади. Балласт қатламидаги шиша толали матонинг горизонтал қатлами ер полотносига тушадиган босимни пасайтириб, сиқилиш қатлами  $N_{сж}$  ҳам камайишига сабаб бўлади. Ер кўтармаси грунги чўкиши – S-25% га камайиб, бу балласт қатламини мустаҳкамлайди 16-расм.

- шамолдан қумга тушадиган аэродинамик оқим кучини камайитириш – ер полотносининг откосларини  $\alpha \leq 30$  бурчак остида жойлаш кифоя қилади. Бирок, амалдаги қурилиш меъёрлари ва қоидалари бунга йўл қўймайди, чунки тупроқ ишларининг ҳажми кескин ортиб, ер кўтармаси отвод чизиғидан ташқарига чиқиб кетиши мумкин. Поездларнинг тўсувчи деворлар билан тезюар ҳаракатланиши учун отвод полосаси яна ҳам кўпроқ чекланган. Шу сабабли, поездларнинг юқори тезликда ҳаракатланишида ер кўтармаси қумли откосларини физик-кимёвий усуллар ёрдамида маҳкамлашни янада реал, ҳаётга яқин ечим деб тан олиш керак, чунки поездлар ҳаракатланишида ер полотносида вибрацион таъсирлар юзага келади.

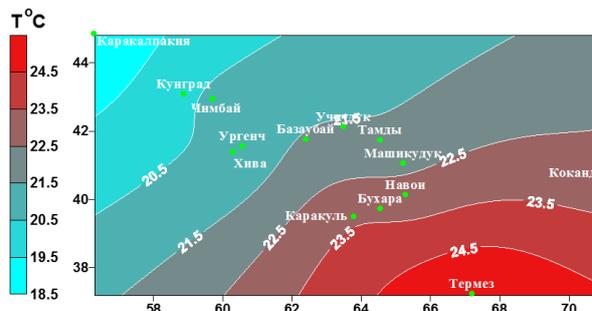


16-расм. Ер полотносига тушадиган босим эпюралари схемаси

Темир йўллари кум кўчкларидан сақлаш учун чўл ҳудудларида доимий эсадиган табиий шамоллар таъсирини ўрганиш учун Ўзбекистон Республикаси мавжуд метеостанцияларнинг 50 йиллик маълумотлар базаси шакллантирилиб, чўл зоналарида эсувчи шамолларнинг ой бўйича ўртача тезликлари қийматлари, эсиш йўналишлари (17-расм) билан бирга ана шу ҳудуддаги ўртача ҳароратнинг (18-расм) ойлар кесимида кўра тақсимланишини аниқлаш усули яратилди ва бу усул учун махсус ИКТ дастури ишлаб чиқилди.



17-расм. Шамолларнинг ой бўйича ўртача тезлиги қийматлари ва йўналишига кўра маконда тақсимланиши



18-расм. Ер усти ўртача ҳаво ҳароратининг ойларга кўра маконда тақсимланиши, °C

Ушбу усулдан фойдаланиш, шунингдек ҳарорат ва шамолларнинг Ўзбекистон ҳудуди бўйлаб маконда тарқалишига оид олинган кўрсаткичлар темир йўл изини экзоген жараённинг энг хавфли кўринишларидан бири – кўчувчи кумлардан ҳимоя қилиш бўйича тадқиқотларни давом эттириш ва бу каби ишларни лойиҳалаштиришнинг комплекс усулини ишлаб чиқиш имконини яратди.

Темир йўл конструкцияларини кўчувчи кумлардан тозалаш ишлари самарадорлигини ошириш мақсадида кўп сонли замонавий техника ва технологияларнинг тавсифлари ўрганилиб, чўл ҳудудларида эксплуатация қилинаётган темир йўл участкаларида янги замонавий COMPELVAC 500RD вакуум машиналаридан фойдаланиш таклифи берилди. Ҳозирги кунда «Ўзбекистон темир йўллари» АЖда мавжуд ва эксплуатациядаги RM 80 типдаги балласт қатламини тозалаш машинасининг иш самарадорлиги янги вакуум машинаси билан техник тавсифларига кўра қиёсий таҳлил қилинганда кўчувчи кумлар мавжуд ҳудудларда балласт қатламини кумдан тозалашда вакуум машиналарни қўллаш иқтисодий нуқтаи назардан мақсадга мувофиқ эканлиги аниқланди беради. Бунда поездлар ҳаракатланиш графигида йўл

хўжалиги техникаларини ишлаши учун берилган «техник таннаффус»лар давомлиги йўлнинг ҳар бир километри учун 5.6 соатга қисқартириш имкони берди.

## ХУЛОСА

«Асоси қумдан барпо қилинган ва кўчувчи қум билан ифлосланган, вибродинамик юкламани қабул қилувчи темир йўл балласт қатламининг юк кўтариш имконияти» мавзуси бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича ўтказилган тадқиқот натижалари асосида қуйидаги хулоса тақдим этилди:

1. Экспериментал ва назарий тадқиқотлар асосида илк маротаба чўл худудларида поездларнинг соатига 55 дан 115 км гача тезликдаги ҳаракатида кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатлами тебранишларининг амплитуда-частотали тавсифлари аниқланган. Бу эса ушбу балласт қатлампдан ўтувчи поездлар ҳаракат тезлигини белгилаш учун хизмат қилади.

2. Кўчувчи қумлар билан ифлосланган балласт қатламининг юк кўтариш имкониятини тадқиқ этиш учун чақиқтошли балласт қатламининг исталган нуқтасида ва ундан ташқарида тебранишлар тарқалишининг боғлиқлиги аниқланган. Бу аниқланган боғлиқлик орқали тажриба синовларисиз поездлардан тушувчи юкламаларни балласт қатлампдаги тебранишларнинг қийматларини аниқлаш имконини берган.

3. Илк маротаба кўчувчи қумлар билан ифлосланган темир йўл балласт қатламининг ифлосланиш даражасини аниқлаш ҳамда унинг юк кўтариш имкониятини ҳисоблаш усули яратилган. Бу эса ишлаб чиқаришда қатламни таъмирлаш муддатларини белгилаш ва ушбу жараёнга кетадиган вақт сарфини камайтиришга хизмат қилади.

4. Бархан қумларида барпо этилган ер полотносининг юк кўтариш имконияти, шунингдек унинг асоси бўйича бажарилган ҳисоб-китоблар ҳамда тажрибалар натижасида олинган аниқлаштирувчи коэффицентлар поездларнинг тезюрар ҳаракатида юзага келадиган зўриқиш зоналарини баҳолаш ва улар асосида янги линия лойиҳаларини ишлаб чиқиш, шунингдек режали-олдини олиш таъмирини ўтказиш жараёнида унинг юк кўтариш имкониятини ошириш бўйича тегишли чора-тадбирларни белгилаш имкони яратилган.

5. Турли темир йўл инфратузилмаси объектларини кўчувчи қумлар босишидан ҳимоя қилишни лойиҳалашда қўлланадиган фаол шамолларнинг маконда тақсимланиши ва улар модели тасвирини олиш усули ишлаб чиқилган. Бу янги лойиҳаланаётган темир йўлларда кўчувчи қумлардан ҳимоя тури ва шаклини белгилашга хизмат қилади.

6. Балласт қатламининг кўчувчи қумлар билан ифлосланиш даражасини камайтиришга ва ер полотносининг мустаҳкамлигини ошириш бўйича янги конструкция ва технологиялар берилган. Бу эса Бухоро-Мискин темир йўл линиясининг узунлиги 200 км дан иборат бўлган темир йўл участкасида тахминан 2 720 млн. сўм иқтисодий самарадорлик олиш, шунингдек

поездларнинг ҳаракатланиш жадвалида таъмирлаш ишларини бажариш учун олинадиган техник таннаффус (окно) лар давомлилигини ҳар бир километр учун 5.6 соатга қисқартириш имкони яратилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.28.06.2018. Т.73.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ  
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

**МАМАДАЛИЕВ АЗИЗ ЮСУПАЛИЕВИЧ**

**НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
БАЛЛАСТНОГО СЛОЯ НА ПЕСЧАНОМ ОСНОВАНИИ,  
ЗАГРЯЗНЕННОГО ПОДВИЖНЫМ ПЕСКОМ,  
ВОСПРИНИМАЮЩЕГО ВИБРОДИНАМИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ**

**05.08.02 – Железные дороги и путевое хозяйство**

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

**Ташкент – 2019**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинета Министров Республики Узбекистан за № В2018/4 PhD / Т119.

Диссертация выполнена в Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице ([www.tashiit.uz](http://www.tashiit.uz)) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet», ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Научный руководитель:**

**Мирахмедов Махамаджан Мирахмедович,**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Кайнарбеков Асемхан Кайнарбекович,**  
доктор технических наук, профессор  
(Казахстан)

**Досметов Султан Камалович,**  
кандидат технических наук

**Ведущая организация:**

Кыргызский государственный университет  
строительства, транспорта и архитектуры  
им. Н. Исанова, (Кыргызстан)

Защита диссертации состоится «28» июня 2019 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета PhD.28.06.2018. Т.73.01 при Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта в городе Ташкент. (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Адилходжаева, дом 1. Тел./факс: (99871)2990001, 2935754, e-mail: [tashiit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tashiit_rektorat@mail.ru)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта (зарегистрирована за № \_\_\_\_\_).

(Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Адылходжаева, дом 1. Тел./факс: (99871) 2990027, 2935754.

Автореферат диссертации разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года.  
(реестр протокола рассылки № от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года).

**А.И. Адилходжаев**  
Председатель научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
д.т.н., профессор

**Я.О. Рузметов**  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению ученых степеней, к.т.н.

**В.М. Цой**  
Заместитель председателя научного семинара  
при научном совете по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., доцент

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

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В мире всё более ведущие места занимают разработка технологий и способов, направленных на стабилизацию графика движения скоростных поездов, повышение безопасности их движения, а также на уменьшающих их вредное влияние на состояние дорог и транспортных потоков. В таких развитых странах, как США, Великобритания, Франция, Германия, Япония обращается особое внимание разработке методов, направленных на уменьшение и предотвращение различных воздействий, оказывающих влияние на транспортные магистрали и местные отрасли. В этом плане одной из наиболее важных задач является улучшение загрязнённого состояния природных климатических условий, возникающего в результате интенсивного передвижения транспортных средств, и оказывающего вредное воздействие на работу железнодорожного транспортного хозяйства, повышение прочности железнодорожного балластного слоя, воспринимающего вибродинамическую нагрузку, создание новых составов геотекстильного материала железнодорожного балласта, а также разработка технических и технологических средств для очистки балластного слоя.

В мире осуществляются научно-исследовательские работы, направленные на разработку различных, в т.ч. биологических, механических, физико-химических способов защиты объектов от передвижных песков, и укрепления передвижных песков, а также на разработку их многофункциональных ресурсосберегающих технологий.

Одной из важнейших задач в данном направлении является разработка комбинированных конструкций, способов, технологий защиты от подвижных песков путевым хозяйством, совершенствование физико-химических способов укрепления подвижных песков при помощи создания противодефляционной корки на поверхности балластного слоя.

Вместе с тем, необходимо определить уровень загрязнённости железнодорожного балластного слоя в зонах распространения подвижных песков и выработать меры по повышению его несущей способности.

В республике осуществляются широкомасштабные мероприятия по строительству и использованию автомобильных и железнодорожных транспортных сооружений, развитию дорожно-транспортной инфраструктуры.

Особое внимание в Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах уделяется задачам «...уменьшения энерго- и ресурсозатрат в экономике, ... широкого внедрения энергосберегающих технологий в производстве, ... осуществления целевых программ по развитию дорожно-транспортных, инженерно-коммуникационных и социальных инфраструктур, а также их модернизации ...».<sup>1</sup> Осуществление этих задач, в их числе определение границ затухания колебаний от вибродинамических нагрузок при прохождении поездов, возникающих в балластном слое, загрязненном подвижными песками, и за его пределами, разработка способа расчета несущей способности балластного слоя, загрязненного подвижными

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

песками, а также метематических моделей распространения колебаний в балластном слое, а также в пределах земляного полотна под воздействием вибродинамических нагрузок, а также разработка конструктивно-технологических решений по защите железной дороги от подвижных песков в целях организационно-технологического проектирования. Данное диссертационное исследование служит осуществлению задач, определённых в Указах Президента Республики Узбекистан УП – 4947 от 07 февраля 2017 года “О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан”, Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-3422 от 2 декабря 2017 года «О мерах по совершенствованию транспортной инфраструктуры и диверсификации внешнеторговых маршрутов перевозки грузов на 2018-2022 годы» а также Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-3866 от 18 июля 2018 года “О мерах по обеспечению безопасности железнодорожной линии Бухара – Мискен”, а также нормативно-правовых документах по этой деятельности.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики.** Данное исследование выполнено в рамках приоритетных направлений II. «Энергетика, энерго и ресурсосбережение» по развитию республиканской науки и технологий.

**Степень изученности проблемы.** Теоретические и практические исследования по проектированию, строительству, эксплуатации железных дорог в песчаных пустынях, а также уменьшению влияния вибродинамических нагрузок на существующих железных дорогах от проходящего подвижного состава на балластный слой и земляное полотно, осуществляются рядом научных центров, университетами и научно-исследовательскими институтами ведущих стран мира, в числе которых: Universiti of Texas at Austin (АҚШ), Tokyo Universiti of Science (Япония), Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения (ПГУПС), Российский университет транспорта (МИИТ), Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (АО «ВНИИЖТ»), Белорусский государственный технологический университет (БГТУ).

Определением факторов, влияющих на несущую способность железнодорожного балластного слоя, загрязнённого подвижными песками, воспринимающего вибродинамическую нагрузку, а также вопросами защиты железнодорожных объектов от подвижных песков и их предотвращения занимались такие известные учёные и исследователи, как N.Matsuo, Touret Charles, M.Courel, Y.Ashkenazy, С.Н.Попов, Е.С.Варызгин, Ю.П.Смолинский Ю.В.Ефремов, Г.М.Шахунянц, Г.Н.Жинкин, И.В.Прокудин, А.Н.Марготьев, Е.С.Ашпиз, А.И.Кистанов, Г.Г.Коншин, Л.С.Лapidус, М.А.Раскин, Чему Жильбер, Л.К.Громов, А.Ф.Колос, Д.С.Николайтис и др.

В нашей стране исследованиями вопросов повышения несущей способности железнодорожных конструкций, предотвращению и ликвидации факторов, оказывающих негативное воздействие на их эксплуатационную надёжность, а также исследованиями, направленными на обеспечение надёжности земляного полотна и балластного слоя, как строящихся железных дорог, так и находящихся в эксплуатации занимались такие учёные, как: Т.И.Фазилов, Р.С.Закиров, М.М.Мирахмедов, А.Х.Абдужабаров,

А.Н.Овчинников, С.Т.Джаббаров, С.К.Досметов, Ш.Ш.Абдукамилов, А.М.Абдукаримов, З.Э.Мирсалихов, М.К.Музаффарова и другие, которые добились положительных результатов при помощи своих исследований.

Исходя из местного и зарубежного опыта, можно утверждать о недостаточности результатов многолетних научных и практических исследований, посвященных конструкции железнодорожного балластного слоя, характеристикам прочности балласта и его материалов, а также факторов, оказывающих влияние на его прочностные характеристики. Исследования, выполненные по изучению несущей способности железнодорожного балластного слоя, загрязненного подвижными песками и воспринимающего вибродинамическую нагрузку и сохранению его устойчивости изучены в недостаточной мере.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено на основе плана НИР Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта на период 2017-2021гг. в рамках проекта государственного гранта: А-14-22 «Разработка рекомендаций для проектирования, строительства и эксплуатации природно-технических систем в условиях проявлений экзогенных процессов ресурсо- и энергосберегающими способами на примере железной дороги Узбекистана» (2015-2017), а также рамках проектов по темам: БЁА-14-001 «Создание основ методологии «Организационно-технологического проектирования защиты железных дорог от песчаных заносов» и БЁА-14-003 «Методика проектирования железнодорожного подшпального основания с учетом вибродинамических нагрузок в условиях скоростного движения поездов» (2016-2018).

**Цель исследования** состоит в усовершенствовании способа повышения несущей способности балластного слоя, загрязнённого подвижными песками с учётом распространения амплитуды колебаний в балластном слое и за его пределами.

**Задачи исследования:**

определение выражений распространения колебаний, возникающих в загрязнённом подвижными песками балластном слое и за его пределами под влиянием вибродинамической нагрузки от проходящих поездов;

определение зависимости распространения колебаний в загрязнённом подвижными песками балластном слое от различных нагрузок, и определение их характеристик;

оценка уровня влияния вибродинамических нагрузок на прочностные характеристики балластного слоя;

разработка нового способа исследования балластного слоя на железнодорожном участке с подвижными песками путем совершенствования метода расчета несущей способности балластного слоя, загрязнённого подвижными песками с учетом вибродинамических воздействий от движения поездов;

разработка метода пространственного распределения и изображения активных ветров, используемого при защите объектов от песчаных заносов в песчаных пустынях.

**Объектом исследования** является балластный слой – элемент верхнего строения железнодорожного пути, возведенного на железнодорожной линии Бухара - Мискин.

**Предмет исследования** являются процессы, оказывающие влияние на прочностные характеристики загрязненного подвижными песками балластного слоя, а также показатели, выражающие несущую способность балластного слоя под воздействием вибродинамической нагрузки и способы распространения колебаний.

**Методы исследования.** В процессе исследований при анализе несущей способности железнодорожного балластного слоя были использованы теоретические и экспериментальные методы, а также инструментальные методы математическо-статистических, информационных технологий обработки результатов экспериментов и опытно-полевых исследований.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

усовершенствован способ распространения колебаний, возникающих под влиянием вибродинамических нагрузок в загрязнённом подвижным песком железнодорожном балластном слое при помощи коэффициента, определяющего нагрузку;

разработан метод оценки зон напряжения, возникающих под воздействием вибродинамических нагрузок от проходящих поездов в железнодорожном балластном слое, загрязнённом подвижными песками.

разработан метод определения уровня загрязнения железнодорожного балластного слоя в зонах с подвижными песками, путем расчета сведений, выбранных при помощи отбора проб, взятых из балластного слоя;

создана база данных по активным ветрам за последние 50 лет, используемая при проектировании защиты от подвижных песков различных объектов железнодорожной инфраструктуры и путем расчета полученных сведений разработан метод получения изображения модели распределения активных ветров;

Для уменьшения уровня загрязнения балластного слоя подвижными песками и улучшения устойчивости земляного полотна были внесены изменения в существующую конструкцию балластного слоя и земляного полотна на основе расчетов, вместе с тем, была усовершенствована имеющаяся конструкция и технология путем использования новой современной дорожной технологии взамен существующей, и установки на неё дополнительной насадки.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

методы расчёта предупреждения и предотвращения факторов, оказывающих влияние на несущую способность железнодорожного балластного слоя, воспринимающего вибродинамическую нагрузку от проходящих поездов, усовершенствованы с учётом вида материала и условий местности;

разработана математические модели распространения колебаний, как в балластном слое, так и в пределах земляного полотна под воздействием вибродинамических нагрузок;

впервые разработана методика районирования территорий Узбекистана, позволяющая осуществлять графоаналитический анализ активных ветров и

производить комплексную оценку степени загрязненности балластного слоя.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования обеспечивается тем, что они были проведены с использованием современных методов и способов исследования, осуществлением теоретических изысканий на основе законов математической статистики, высокой сходимостью теоретических расчетных данных несущей способности балластного слоя железнодорожного пути с исследованиями, проведенными в полевых условиях, внедрением в практику разработанных в исследованиях предложений и рекомендаций.

**Научное и практическое значение результатов исследования.** Научное значение результатов исследования выражается в разработке математических зависимостей, отражающих несущую способность железнодорожного балластного слоя, а также в совершенствовании методов расчета балластного слоя с его учетом загрязнения подвижными песками.

Практическое значение результатов исследования состоит в планировании на научной основе работ по проектированию и строительству железнодорожной линии, обеспечении непрерывного и безопасного движения поездов и повышении эксплуатационной надежности конструкций, прогнозировании несущей способности при строительстве и планово-предупредительном ремонте балластного слоя, а также определением факторов, оказывающих влияние на несущую способность балластного слоя и разработкой мер по их профилактике.

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов научных исследований, направленных на повышение несущей способности железнодорожного балластного слоя, загрязненного подвижными песками и воспринимающего вибродинамическую нагрузку, были разработаны:

метод оценки зон напряжения, возникающих под воздействием вибродинамических нагрузок от проходящих поездов в железнодорожном балластном слое, загрязненном подвижными песками, был внедрен в процесс эксплуатации железнодорожного полотна и балластного слоя линии Бухара-Мискен АО «Ўзбекистон темир йўллари» (справка №Н/1689-19 АО «Ўзбекистон темир йўллари» от 1 апреля 2019 года). Результаты научного исследования дали возможность определения зависимости границ затухания колебаний в пределах железнодорожного балластного слоя от нагрузки;

метод определения уровня загрязнения железнодорожного балластного слоя в зонах с подвижными песками был внедрен в процесс эксплуатации железнодорожного полотна и балластного слоя линии Бухара-Мискен АО «Ўзбекистон темир йўллари» (справка №Н/1689-19 АО «Ўзбекистон темир йўллари» от 1 апреля 2019 года). Это дало возможность увеличить толщину железнодорожного балластного слоя на 0,1м а также повысить несущую способность земляного полотна на 8% в вертикальном направлении, на 10% в горизонтальном.

метод получения модели пространственного распределения и изображения активных ветров, используемого при проектировании защиты объектов от песчаных заносов, был внедрен в процесс проектирования, строительства и эксплуатации железных дорог ООО «Toshtemiryo'lloyiha» АО «Ўзбекистон темир йўллари» (справка №Н/1689-19 АО «Ўзбекистон темир

йўллари» от 1 апреля 2019 года). В результате была создана возможность определения естественного направления ветра, создающего подвижные пески при проектировании новых железных дорог в песчаных пустынях;

усовершенствованная конструкция и технология, уменьшающие уровень загрязнения балластного слоя подвижными песками и повышающие прочность земляного полотна были внедрены в процесс эксплуатации железнодорожного земляного полотна и балластного слоя линии Бухара-Мискен АО «Ўзбекистон темир йўллари» (справка №Н/1689-19 АО «Ўзбекистон темир йўллари» от 1 апреля 2019 года). В результате создана возможность сокращения времени «окон», выделенных в графике движения поездов для ремонта путей, на 5.6 часов на каждый км пути.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного научного исследования были обсуждены на 7 международных и 2 республиканских научно-исследовательских конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 18 научных работ, из которых в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией для издания научных результатов диссертации для получения звания доктора философии (PhD) Республики Узбекистан изданы 9 статей, в том числе 2 из них в зарубежных журналах, а также в сборниках зарубежных и республиканских конференций было издано 9 статей. А также в соавторстве была издана монография, получено авторское свидетельство, выданное агентством интеллектуальной собственности Узбекистана.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации 120 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность и необходимость исследований, цели и задачи исследования, охарактеризованы его объект и предмет, указано их соответствие приоритетным направлениям развития республиканской науки и технологий, излагается научная новизна и практические результаты исследования, раскрыто научное и практическое значение полученных результатов, проведены сведения о внедрении в практику результатов исследования, об изданных работах, структуре и объеме диссертации.

**В первой главе «Техническое состояние и характеристики балластного слоя железнодорожного пути»** приведены конструкции балластного слоя железнодорожного пути, прочностные характеристики балластного материала, и анализ выполненных на протяжении долгого времени многочисленных исследований по факторам, оказывающим влияние на прочностных характеристиках балластного материала. Изучения различных исследований в сфере несущей способности железнодорожного балластного слоя, загрязненного подвижными песком, воспринимающим вибродинамическую нагрузки. Анализы показали, что наряду с хорошими результатами в сфере динамики балластного слоя, есть и ещё нерешенные задачи. В результате возникают необходимость разработки методик расчета несущей способности балластного слоя, загрязненного подвижными песками.

Во второй главе «Натурные исследования процесса колебания балластного слоя, загрязнённого подвижными песками» изложены результаты полевых исследований колебательного процесса балластного слоя на железнодорожном участке Рзд.43ст. Янгиабд 3975 км. участка железной дороги АО «Ўзбекистон темир йўллари» Бухара – Мискен. Исследование колебательного процесса балластного слоя проводили с использованием магнитоэлектрического сейсмоприемника типа СМ-3. Учитывая то, что колебания в балластных слоях имеют сложный пространственный характер, нами производилась регистрация вертикальных и горизонтальных составляющих колебаний как вдоль, так и поперек оси пути. Принципиальная схема регистрации колебаний верхнего строения пути представлена на рис.1.

Результаты экспериментов считывались с помощью датчиков, позволяющие записывать вертикальную и две горизонтальные, вдоль пути и поперек оси пути составляющие амплитуды колебаний по толщине балластной призмы. До начала работ и после их окончания все датчики в комплекте с проводами, блоком регистрации колебаний и ноутбуком со специально разработанным программным обеспечением, подключенными к строго закрепленным рабочим каналам, тарировались на специальном образцовом стенде в институте Механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан им.М.Т.Уразбаева.

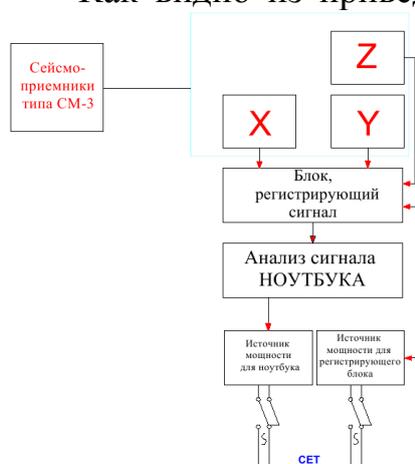
Расположение датчиков в теле балластного слоя показано на рис.2. Измерения проводились по глубине балласта через каждые 20 см, начиная с торца шпал и до основной площадки земляного полотна. Известно, что колебательный процесс балластного слоя имеет ярко выраженный стохастический характер, а величины амплитуд, полученные при идентичных условиях в различных реализациях процесса, отличаются в 2-3 раза.

Результаты записей колебаний показали, что каждая составляющая колебаний условно разлагается на две гармоники – среднечастотную и высокочастотную. Анализ величин составляющих колебательного процесса барханских песков показывает, что результирующая амплитуда колебаний определяется величиной вертикальной составляющей амплитуды колебаний.

Как видно из приведенных результатов горизонтальные составляющие амплитуд колебаний вдоль пути (кривая x рис.3) и поперек пути (кривая y рис.3) во всем диапазоне изменения скоростей характеризуется прямолинейными зависимостями.

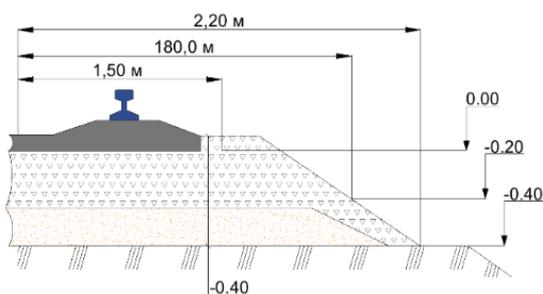
Интенсивность возрастания амплитуд колебаний вдоль и поперек пути с увеличением скоростей движения имеет небольшие различия. Зависимость z (рис.3) отображает изменение амплитуд вертикальной составляющей колебаний с увеличением скорости движения поездов.

Представленные на рис.3 результаты, показывают, что величина результирующей амплитуды колебаний в большей степени определяется величиной вертикальной составляющей. Сравнивая уровни колебаний по



**Рисунок 1. Принципиальная схема регистрации колебаний балластного слоя**

составляющим можно сделать вывод о том, что самый низкий уровень имеют колебания вдоль пути. Колебания поперек пути чуть больше.



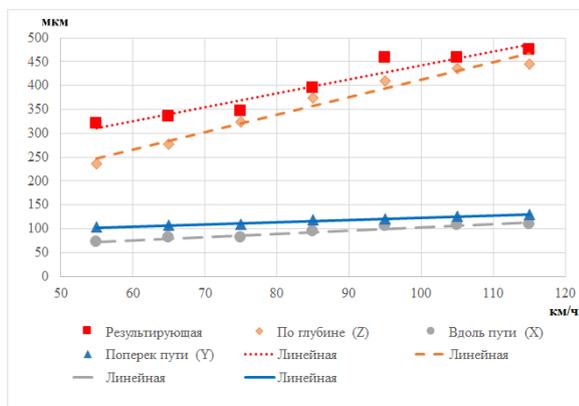
**Рисунок 2. Схема участка сейсмоприемника на 3975 км линии Бухара - Мискен**

Самый высокий уровень вибрации принадлежит вертикальной составляющей. Важной частью исследований любого колебательного процесса является установление зависимости распространения колебаний в вертикальной и горизонтальной плоскостях, определяющей глубину и расстояния, на которых происходит интенсивное затухание колебаний. Основной целью исследований являлось установление закономерности распространения амплитуд

колебаний по телу балластного слоя и за его пределами. Выявление затухания амплитуд по глубине балластного слоя осуществлялось по данным графика записи, датчиков, установленных согласно схеме, рис.2 на глубине 40 см от торца шпал.

Результаты исследований представленные на рис.4 и характеризуют изменения по глубине показателя ( $\delta_1$ ), который определяется как отношение амплитуд зарегистрированных на определенной глубине от низа балластной призмы ( $A_z$ ) к амплитудам, зарегистрированным на основной площадке ( $A_0$ ).

Характеристики колебательного процесса определены для гармоник, возникающих под пассажирскими поездами, следовавшими со скоростями 55 – 115 км/ч.



**Рисунок 3. Зависимость амплитуд колебаний балластного слоя от скорости движения пассажирских поездов**

Полученные кривые имеет прямолинейную зависимости, то прологарифмируем значения  $K_1$  по основанию  $e$ . Вследствие этого, построена осредненная кривая вид которой близок к экспоненте с показателем степени  $\ln \delta_1 z$ . Поэтому

$$A_{zy} = A_0 e^{z \ln \delta_1 - \delta_2 (y-1.35) + \delta_3 h}, \quad (1)$$

где  $A_{zy}$ -результатирующая амплитуда колебаний грунта в точке с координатами  $z$  и  $y$ , мкм;  $A_0$ -вероятная результирующая амплитуда колебаний балластном слое, мкм;  $z$ -расстояние по вертикали от торца шпал до рассматриваемой точки, м;  $y$ -

расстояние по горизонтали до рассматриваемой точки;  $\delta_1$ -коэффициент затухания колебаний по глубине;  $\delta_2$ -коэффициент затухания колебаний поперек оси пути;  $\delta_3$ -коэффициент затухания колебаний в откосной части балластного слоя.

$$\delta_3 = \frac{\ln \delta_1}{1,5 \cdot ctg \alpha_1}, \quad (2)$$

где  $\alpha_1$ -угол заложения откоса насыпи;  $h_i$ -высота откоса насыпи над

рассматриваемой точкой, м;

$$h_i = \begin{cases} 0 & \text{при } y \leq 0,5 b_{пл} \\ (y - 0,5 b_{пл}) tg \alpha_1 & \text{при } y > 0,5 b_{пл} \end{cases}$$

где  $b_{пл}$  - ширина основной площадки земляного полотна, м;

$$\varphi(y) = \begin{cases} (y - 1,35) & \text{при } y \leq 3,6 \\ 2,25 & \text{при } y > 3,6 \end{cases}$$

где  $z$  - координата рассматриваемой точки по вертикали, м;  $y$  - координата расчетной точки по горизонтали при расположении центра координат по оси пути на основной площадке, м. Так как  $\delta_1$  непосредственно из графика не определяется, то зависимость  $ln\delta_1 = f(z)$  представлена в нижней части рис. 4 в полулогарифмических координатах, вследствие чего она выражается уравнением прямой с постоянным угловым коэффициентом.

Сопоставление результатов расчета амплитуд колебаний по формуле (1) с осредненными значениями, полученными в экспериментах при определенных скоростях движения поездов с различными осевыми нагрузками, показывает (табл. 1) хорошее их совпадение.

Наибольшее отклонения составляют 1-2 мкм, что не превышает 1% от исходной величины.

Таблица – 1

Координаты установки датчиков по глубине

Вид расчётов	1 ст.		2 ст.		3 ст.	
	$z=0$	$y=0$	$z=0,2$	$y=0$	$z=0,4$	$y=0$
$A_{экс}$ , мкм	427,40		326,20		248,80	
$A_{расч}$ , мкм	427,40		324,12		245,79	
Погреш %	0,00		-0,64		-1,22	

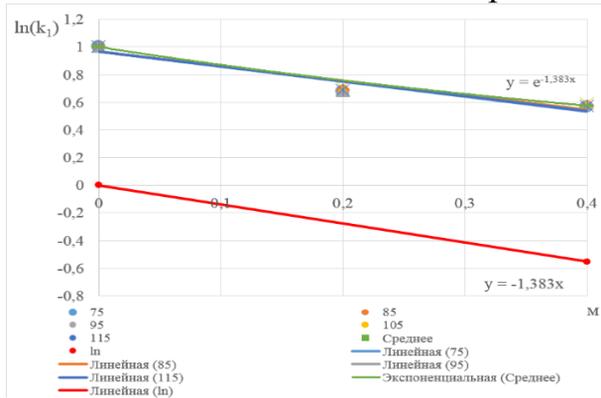
Для определения несущей способности балластного слоя, загрязнённого подвижными песками, воспринимающими вибродинамическую нагрузку, установили зависимость распространения колебаний в балластный слой и за его пределами. Выполненные полевые исследования показали, что результирующую амплитуду колебаний в любой точке балластного слоя и за его пределами можно рассчитать по выражению: (1)

Таким образом, выполненные исследования позволили установить зависимость затухания, а, следовательно, и распространения колебаний в вертикальном и горизонтальном направлениях, что является основой для оценки величины вибродинамического воздействия в любой точке балластного слоя. Кроме того, выражение (1) позволят производить оценку аналитической связи между амплитудами колебаний грунтов и их прочностными характеристиками при динамических нагрузках.

В рамках осуществления мер Комплексной программы по защите железных дорог АО «Ўзбекистон темир йўллари» от песчаных заносов была разработана методика исследования балластного слоя железнодорожного пути на пескозаносимых участках.

Методика предназначена для сбора первичной информации о состоянии

балластного слоя железнодорожного пути при оценке влияния песчаных

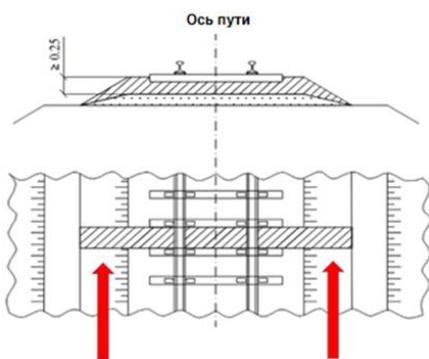


**Рисунок 4. Зависимость амплитуд колебаний грунтов балластного слоя от скорости движения пассажирских поездов**

заносов на техническое состояние конструкции верхнего строения пути. Засоренность балласта является базовым критерием для назначения сроков проведения ремонтов железнодорожного пути, при выполнении которых осуществляется сплошная очистка балластного слоя специальными машинами с созданием в пути минимально необходимой толщины чистого балласта под постелью шпал.

Различают объемную и весовую засоренность балласта (щебня). В настоящей методике рассмотрены способы определения только весовой засоренности (загрязненности) путевого щебня непосредственно в пути.

Для определения засоренности балласта проводится отбор проб балласта.



**Рисунок 5. Схема отбора образцов балласта для определения его засоренности**

Объем пробы балласта должен быть не менее 50 кг. Количество отбираемых в путь проб балласта зависит от целей определения засоренности балласта:

- одна проба балласта на километр пути - для отражения засоренности балласта в технических паспортах дистанций пути; проба отбирается в месте визуально со средним вдоль пути уровнем засоренности балластного слоя;

- три пробы балласта на километр пути – для планирования сроков проведения ремонтов пути;

- расстояния между точками отбора балласта вдоль пути должны быть примерно одинаковыми; пробы отбирается в местах визуально со средним вдоль пути уровнем засоренности балластного слоя;

для научных исследований количество отбираемых проб балласта и места отбора образцов определяются программой и методикой проведения научных исследований. Отбор образцов балласта производится в соответствии с рис.5.

Образцы засоренного балласта отбираются по всей длине шпального ящика на глубину не менее 0.25 м от поверхности балластной призмы. Засоренный балласт помещается на подстилку из брезента, клеенки или плотного пластика размером 1.5x1.5 м. Балласт на подстилке тщательно перемешивают, а затем разравнивается в виде диска на подстилке. Диск делится на четыре примерно равные сектора. Два противоположных сектора убирают с подстилки. Оставшуюся часть балластной пробы опять перемешивают, разравнивают в виде диска, делят на четыре сектора, удаляют два сектора и т.д. Действия по перемешиванию и сокращению объема пробы проводят до тех пор, пока на подстилке останется 10 – 15 кг засоренного

балласта.

Оставшуюся на подстилке пробу балласта пересыпают в ведро и взвешивают с точностью не менее 0.1 кг. После взвешивания пробы балласта ее из ведра пересыпают в сито с круглыми отверстиями диаметром 25 мм и производят рассев пробы балласта. Остаток на сите (щебень фракций крупнее 25 мм) пересыпают в ведро и взвешивают с точностью не менее 0.1 кг. Расчета засоренности щебеночного балласта в процентах по массе определяют по выражению: (3)

$$q = \frac{M - m}{M} 100 \%, \quad (3)$$

где  $m$  – масса щебня, оставшегося в сите, кг;  $M$  – общая масса образца (загрязнитель вместе с щебнем), кг.

**В третьей главе диссертации «Модельные экспериментальные исследования прочностных свойств балластного слоя, загрязнённого подвижными песками»** теоретические исследования позволили обосновать идентичность воздействия при скоростном движении поездов сейсмическим колебаниям. Показано, что амплитуда колебаний земляного полотна зависит от скорости движения, состояния подвижного состава, степени изношенности дорожного полотна. В целях определения прочностных свойств балластного слоя, был применён метод проведения модельных экспериментов с использованием сейсмической платформы и машины центробежного моделирования, как в опытах, осуществлённых в натуральных условиях при скоростном движении поездов. Сопоставление модельных экспериментов позволили установить достоверность теоретических результатов и натуральных экспериментов.

В экспериментальных исследованиях балластного слоя различной высоты и степени засоренности песком была использована сейсмическая платформа и машина центробежного моделирования института Механики и сейсмостойкости сооружений Академия наук Республики Узбекистана (Рис.6). В силовом поле, подобного гравитационному, используется поле центробежных сил, которое создается центробежной машиной и имеет в  $n$  раз большую интенсивность.

$$n = \sqrt{\frac{\omega^2 R_{эф}}{g} + 1} \quad (4)$$

где  $n$  линейный масштаб моделирования;  $R_{эф}$ -эффективный радиус вращения;  $\omega$ -угловая скорость вращения центрифуги;  $g$ -ускорение свободного падения.

Масштабные соотношения при центробежном моделировании приняты равными:

$L_n = n \cdot L_m$ ;  $S_n = n^2 \cdot S_m$ ;  $V_n = n^3 \cdot V_m$ ;  $P_n = n^2 \cdot P_m$ ;  $\sigma_n = \sigma_m$ ;  $T_n = T_m$ ;  $t_n = n \cdot t_m$ ,  
где  $L$ -длина;  $S$ -площадь;  $v$ -объем;  $P$ -сила;  $\sigma$ -напряжение;  $T$ -температура;  $t$ -время;  $n, m$ -индексы, соответствующие натуре и модели.

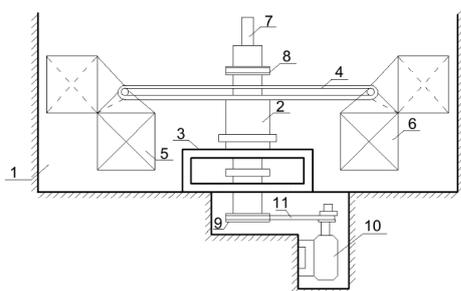
При моделировании движения механической системы, время- $t$  при центробежном моделировании будет в  $n$  – раз меньше, чем в натуре. Принимая

во внимание это тождество, из уравнения (4) меняя скорость вращения центрифуги подбирается необходимый масштаб моделирования.

В измерительной части для регистрации показаний тензометрических данных, осциллограф заменен на персональный компьютер. Разработан специальная программа для обработки данных результатов экспериментов и создана возможность наблюдения на мониторе компьютера за ходом эксперимента, считывания необходимой информации в виде графиков.

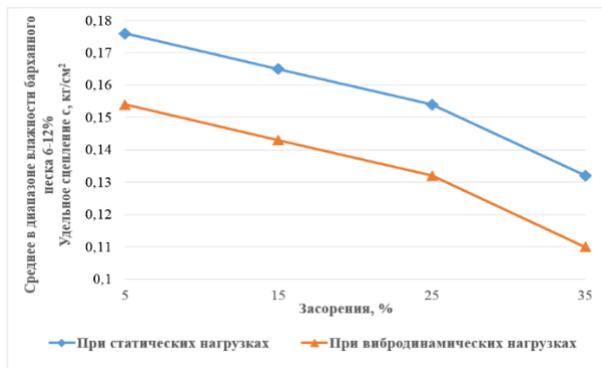
Результаты эксперимента в числовом и графическом виде после окончания экспериментов, выдаются на печать для первичного анализа. Разработан четырехканальный измерительный комплекс. Три канала тензометрии необходимы для записи сигналов датчиков, установленных на исследуемой модели, а один для регистрации числа оборотов центрифуги с помощью оптического датчика. Эксперименты проведены при рабочем масштабе моделирования  $n=10$ , каретка с размерами:  $L=35,2$  см,  $B=23,8$  см. Высота рабочего участка - 30см. Основание земляного полотна - барханный песок с гранулометрическим составом в 10 раз меньше, частиц приведенного песка балластная призма из щебня с размерами гранул в 10 раз меньше натурального слоя балластной призмы, толщина слоя модели  $h=3; 6; 9$  см.

В процессе экспериментов менялась толщина слоя и степень засоренности балластной призмы.

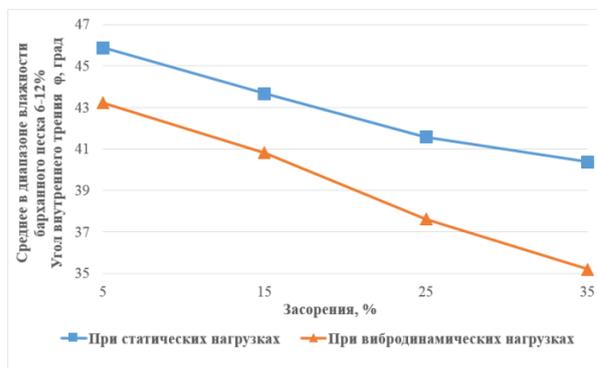


**Рисунок 6. Общий вид центробежной машины. 1-Центробежная камера; 2-вал центрифуги; 3-опора; 4-коромысло; 5-6-каретки; 7-8-токосъемники; 9-шкив; 10-электродвигатель; 11-ремень.**

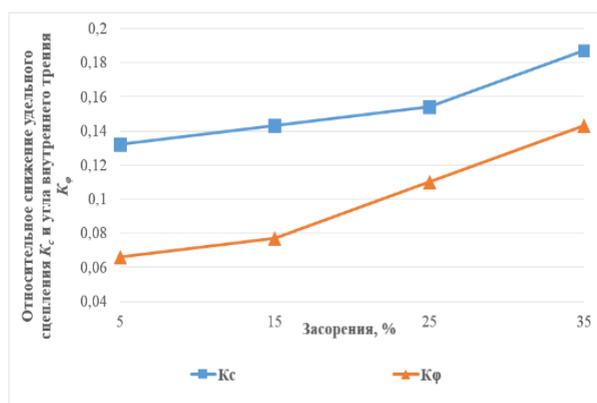
Из рис. 6 видно, что при масштабе моделирования  $n=10$ , погрешность в результатах экспериментов составила  $\Delta n=9,6\%$ , что для таких сложных экспериментов вполне допустимо. Результаты экспериментов даны на рис. 7,8,9.



**Рисунок 7. Зависимость изменения удельного сцепления от величины засорения щебня барханными песками**



**Рисунок 8. Зависимость изменения угла внутреннего трения от величины засорения щебня барханными песками**



**Рисунок 9. Зависимость изменения показателя относительного снижения удельного сцепления  $K_c$  и угла внутреннего трения  $K_\phi$  от процента засорения щебня барханными песками**

Результаты модельных экспериментов по исследованию прочностных свойств балластной призмы при различной степени засоренности подвижными песками имеют сходимость с результатами натуральных экспериментов в пределах 12–19%, что является достаточным подтверждением достоверности проделанных исследований.

**В четвёртой главе “Конструктивно-технологические решения, предложения и рекомендации, направленные на несущую способность балластного слоя, загрязнённого подвижными песками”** дается определение несущей способности балластного слоя на основе теории предельного равновесия с учетом снижения прочностных характеристик барханных песков, воспринимающих вибродинамическую нагрузку, а также действия инерционных сил при определении затухания колебаний в балластном слое и за его пределами. Скорректирована методика расчета несущей способности балластного слоя, загрязнённого подвижными песками. Предлагаемая методика основывается на теоретических решениях плоской задачи теории предельного равновесия, разработанной Прокудиным И.В.

$$\sigma = \frac{\varphi(a) \cos \alpha + c_{\text{дин}} \cos \varphi_{\text{дин}} \cos 2(\delta - \alpha)}{1 - \sin \varphi_{\text{дин}} \cos 2(\delta - \alpha)}, \quad (5)$$

бу ерда

$$\varphi(a) = \begin{cases} 0 & y > a + h_n \cdot \text{ctg } \alpha_1 \text{ б\ddot{u}лса,} \\ \gamma \cdot y \cdot (\text{tg } \alpha - \text{tg } \alpha_1) + \gamma \cdot a \cdot \text{tg } \alpha_1 & a < y < h_n \cdot \text{ctg } \alpha_1 \text{ б\ddot{u}лса,} \\ \gamma \cdot y \cdot \text{tg } \alpha & y < a \text{ б\ddot{u}лса,} \end{cases} \quad (6)$$

$a$  – ширина условной обочины;  $h_n$  – высота балластного слоя;  $\alpha_1$  – угол наклона реального откоса к горизонту.

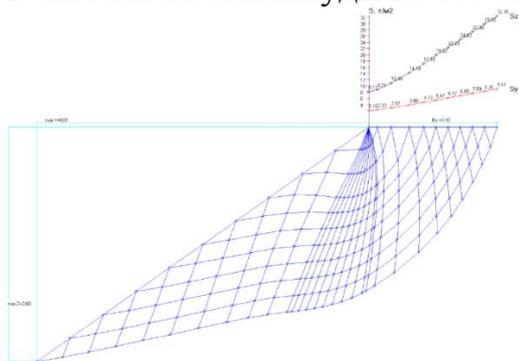
Угол  $\delta$ , определяющий угол между первым главным напряжением  $\sigma_1$  и осью  $OY$  рассчитывается по формуле:

$$\delta = \frac{1}{2} \arcsin \left\{ \varphi(a) \sin \alpha \frac{c_{\text{дин}} + \varphi(a) \text{tg } \varphi_{\text{дин}} \cos \alpha - \sqrt{(c_{\text{дин}} + \varphi(a) \cos \alpha \text{tg } \varphi_{\text{дин}})^2 \sin^2 \varphi_{\text{дин}} - (\varphi(a) \sin \alpha \sin \varphi_{\text{дин}})^2}}{\cos \varphi_{\text{дин}} [(\varphi(a) \sin \alpha \text{tg } \varphi_{\text{дин}})^2 + (c_{\text{дин}} + \varphi(a) \cos \alpha \text{tg } \varphi_{\text{дин}})^2]} \right\} + \alpha \quad (7)$$

Для оценки влияния вибродинамического воздействия на несущую способность балластного слоя, загрязненного подвижным песком на

экспериментальном участке на линии Бухара – Мискен выполнены расчеты прочности. Для оценки воздействия вибродинамической нагрузки на несущую способность балластного слоя были выполнены специальные расчёты, где амплитуда колебаний была варьировалась в интервале от 50 до 600 мкм с шагом 50 мкм. Результаты этих расчетов приведены в рис.10.

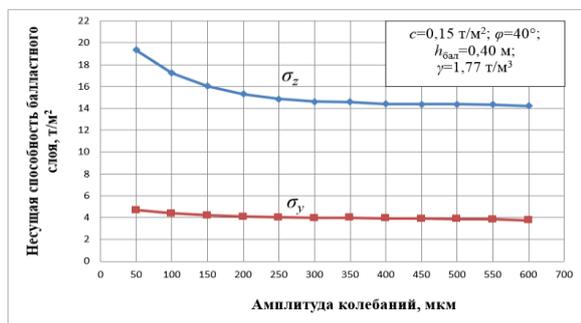
Из анализа рис.11 следует, что расчётные вертикальные напряжения имеют нелинейную зависимость от амплитуды колебаний, однако расчётные горизонтальные напряжения уменьшаются прямо пропорционально вместе с увеличением амплитуды колебаний.



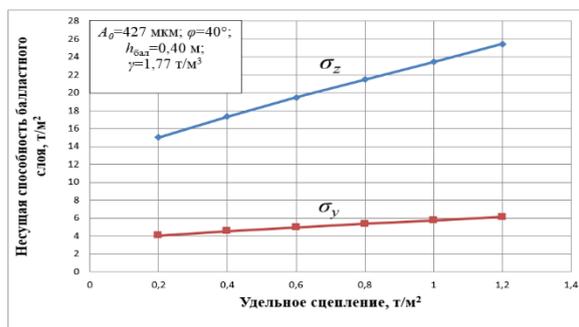
**Рисунок 10. Результаты расчета несущей способности балластного слоя на участке Бухара-Мискен**

С увеличением амплитуды колебаний до 200 мкм наблюдается резкое уменьшение расчётных вертикальных напряжений, а при дальнейшем их увеличении расчётные вертикальные напряжения уменьшаются с меньшей интенсивностью. Исследование влияния удельного сцепления и угла внутреннего трения барханных песков на несущую способность балластного слоя приведены на рис.12 и рис.13.

Анализ зависимостей, показанных на этих рисунках показывает, что с увеличением удельного сцепления и угла внутреннего трения барханных песков несущая способность балластного слоя увеличивается прямо пропорционально. Изменение удельного сцепления барханных песков от 0,4 до 0,6 т/м<sup>2</sup> увеличивает расчетные вертикальные напряжения на 1,34 т/м<sup>2</sup>. Увеличение угла внутреннего трения на 1° увеличивает расчетные вертикальные напряжения на 0,48 т/м<sup>2</sup> соответственно. Результаты исследований по анализу влияния (воздействия) устойчивости откоса на несущую способность балластного слоя, загрязнённого подвижными песками, приводятся в рис. 14.



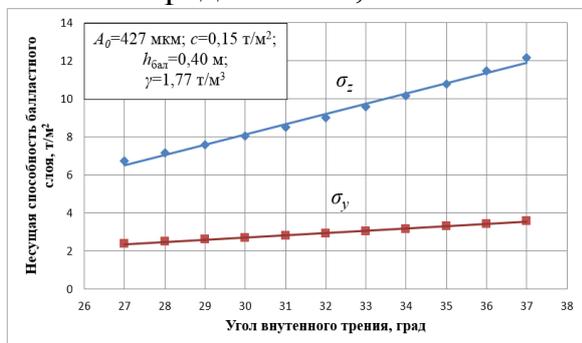
**Рисунок 11. Зависимость несущей способности балластного слоя от амплитуды колебаний на основной поверхности насыпи, отсыпанной из барханных песков**



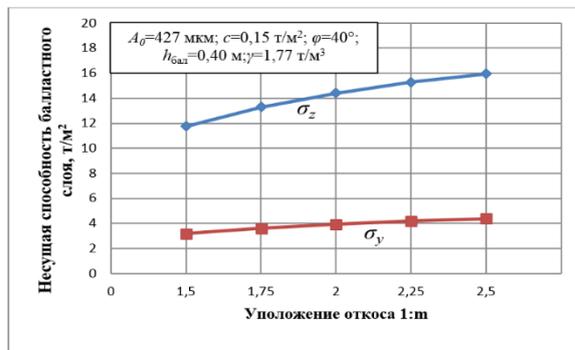
**Рисунок 12. Зависимость изменения несущей способности балластного слоя от удельного сцепления барханных Песков**

Результаты исследований, по анализу влияния устойчивости откоса на несущую способность балластного слоя, загрязненного передвижными

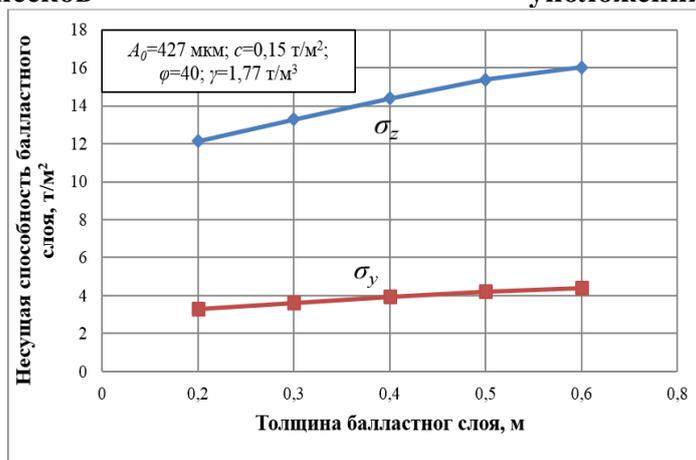
песками приведены на рис.14. Результаты исследований, по изучению влияния толщины балластного слоя на несущую способность земляного полотна, воздвигнутого из барханных песков, показаны на рис.15. Анализ зависимостей, приведённых на этих рисунках, показал, что увеличения толщины балластного слоя на 0,1 м обеспечивает повышения несущей способности земляного полотна в среднем на 1,64 т/м<sup>2</sup>.



**Рисунок 13. Зависимость изменения несущей способности балластного слоя, от угла внутреннего трения барханных песков**



**Рисунок 14. Зависимость несущей способности балластного слоя, загрязнённого барханными песками от уположения откоса**



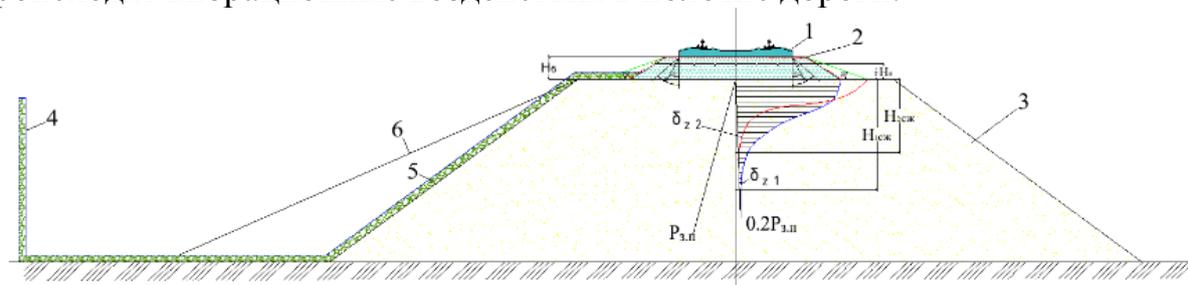
**Рисунок 15. Зависимость несущей способности земляного полотна от толщины балластного слоя**

Экспериментальные исследования песчаного земляного полотна на модели в масштабе 1:10 позволили установить следующее:

– откосы балластного слоя следует проектировать под углом  $\alpha \leq 30^\circ$ , что резко снижает силу вдавливания песка в балластный слой и поток песка скользит вверх по призме, т.к. аэродинамический напор потока воздуха резко снижается.

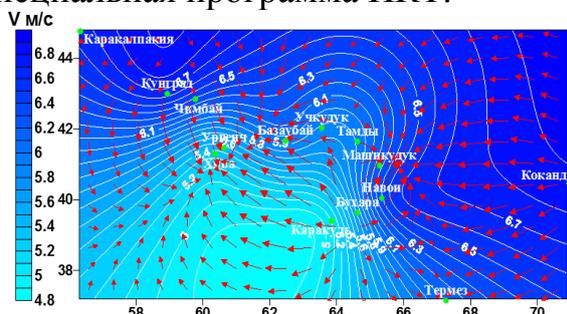
– если балластный слой сверху и по откосу покрыть стеклотканью (геотекстиль), - это сохранит его от засорения песком. Также при ограждении откосов балластного слоя, механической или иной защитой, то это конструктивное решение позволит значительно увеличит межремонтный срок балластного слоя, т.к. наибольший аэродинамический напор приходится на её откосы. Горизонтальный слой стеклоткани в балластном слое снижает давление на земляное полотно, что приводит к уменьшению полосы сжатия –  $N_{сж}$  Осадка грунта земляного полотна –  $S$  будет на 25% меньше, что укрепляет работу балластной призмы – рис. 16.

– чтобы снизить величину аэродинамического напора песка от ветра достаточно откосы земляного полотна закладывать с углом  $\alpha \leq 30^\circ$ . Однако это не позволяет действующий СНиП (Проектирование ж.д.), т.к. объемы земляных работ резко увеличиваются, а земляное полотно может выйти за полосу отвода. Для скоростного движения поездов с ограждающими стенками, полоса отвода еще более ограничена. Поэтому более реальным решением, при скоростном движении поездов, следует признать химические методы укрепления песчаных откосов земляного полотна, т.к. при движении поездов происходят вибрационные воздействия в полотне дороги.

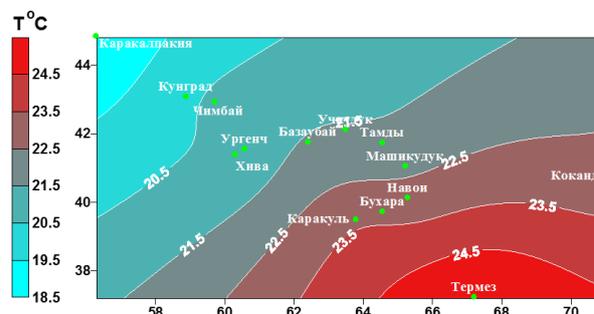


**Рис. 16. Схема эиюр давления на земляное полотно**

В целях защиты железных дорог от пескозаносов и изучения влияния постоянных ветров в пустынных зонах была сформирована база данных, существующих метеостанций в Республике Узбекистан за последние 50 лет, был создан метод определения среднемесячных значений скоростей ветров, дующих в пустынных зонах, а также их направления (рис.17), средней температуры (рис.18) по этим территориям в разрезе месяцев и разработана специальная программа ИКТ.



**Рисунок 17. Пространственное распределение средних месячных значений скорости и направления ветра**



**Рисунок 18. Пространственное распределение средней месячной приземной температуры воздуха, °C**

Использование данного метода, а также показатели распределения температуры и ветров по территории Узбекистана дали возможность продолжения исследований по защите железной дороги от одного из самых опасных разновидностей экзогенного процесса – подвижных песков, и разработке комплексного метода проектирования подобных работ.

В целях повышения эффективности работ по очищению железнодорожных конструкций от пескозаносов были изучены многочисленные характеристики образцов современной техники и технологий, в результате чего было предложено использовать на эксплуатируемых железнодорожных участках пустынных зон новых современных вакуумных машин COMPELVAC 500RD. Сравнительный анализ технических характеристик новых вакуумных машин с

имеющимися в АО «Узбекистон темир йуллари» и эксплуатируемыми балластоочистительными машинами типа RM 80 показал, что при очистке балластного слоя зон с подвижными песками более целесообразно использование вакуумных машин. В результате была создана возможность сокращения продолжительности «окон», выделенных в графике движения поездов для работы дорожной техники на 5,6 часов на каждый км пути.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе результатов исследований, проведенных по теме «Несущая способность железнодорожного балластного слоя на песчаном основании, загрязненного подвижным песком, воспринимающего вибродинамическую нагрузку» диссертации доктора философии (PhD) представлено следующее заключение:

1. Впервые для условий песчаных пустынь на основе экспериментальных и теоретических исследований определены амплитудно-частотные характеристики колебаний балластного слоя железнодорожного пути, загрязненного подвижными песками, при движении поездов со скоростями от 55 до 115 км/ч, что служит определению скоростей движения поездов, проходящих по данному балластному слою.

2. Для определения несущей способности балластного слоя, загрязненного подвижными песками, воспринимающего вибродинамическую нагрузку, установлена зависимость распространения колебаний щебня в любой точке балластного слоя и за его пределами, что дало возможность определения значений колебаний в балластном слое от поездных нагрузок без проведения экспериментальных испытаний.

3. Впервые для пескозаносящих участков разработана и реализована методика обследования и расчета несущей способности балластного слоя железнодорожного пути при различной степени его загрязнения песком. Это служит определению сроков ремонта при производстве и уменьшению затрат времени на эти процессы.

4. Выполненные расчеты несущей способности земляного полотна, отсыпанного из барханного песка, а также его основания и уточняющие коэффициенты, полученные экспериментальным путем позволяют проводить оценку зон концентраций напряжений, возникающих при скоростном движении поездов и на их основе осуществлять направленную работу по созданию необходимых условий повышения несущей способности земляного полотна как на этапах разработки проектов новых линий, так и при проведении планово-предупредительного ремонта.

5. Разработан метод распределения активных ветров в пространстве и получения их моделей, используемых при проектировании защиты различных объектов железнодорожной инфраструктуры, что даст возможность определить вид и форму защиты от подвижных песков при проектировании новых железных дорог.

6. Предложены новые конструкции и технологии для снижения уровня загрязнения балластного слоя подвижными песками и укреплению насыпи земляного полотна. Это обеспечит экономический эффект около 2 720 млн. сум на участке линии протяженностью 200 км Бухара-Мискен АО «Ўзбекистон

темир йўллари», а также позволит сократить продолжительность «окон», выделенных в графике движения поездов для выполнения ремонтных работ на 5.6 часа на каждом километре пути.

**SCIENTIFIC BOARD OF PhD.28.06.2018.T.73.01 FOR AWARDING OF  
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT INSTITUTE OF RAILWAY  
TRANSPORT ENGINEERS**

---

**TASHKENT INSTITUTE OF RAILWAY TRANSPORT ENGINEERS**

**AZIZ YUSUPALIEVICH MAMADALIEV**

**THE BEARING CAPACITY OF THE RAILWAY BALLAST LAYER ON A  
SANDY BASE, CONTAMINATED WITH MOVING SAND, WHICH  
ABSORBS A VIBRODYNAMIC LOAD**

**05.08.02 – Railways and track facilities**

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

**Tashkent – 2019**

**The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number №B 2018.4. PhD/T119**

The dissertation has been prepared at the Tashkent Institute of railway engineering.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website [www.tashiit.uz](http://www.tashiit.uz) and on the website of “ZiyoNet” Information and educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Scientific supervisor:**

**Miraxmedov Maxamadjan Miraxmedovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Kaynarbekov Asemxan Kaenarbekovich**  
doctor of technical sciences, professor  
(Kazakhstan)

**Dosmetov Sultan Kamalovich**  
candidat of technical sciences

**Leading organization:**

**Kyrgyz state University**  
**construction, transport and architecture**  
**they. N. Isanova, (Kyrgyzstan)**

The defence will take place «28» June 2019 at the meeting of Scientific Council at the Scientific Council №. PhD.28.06.2018. T.73.01 Tashkent Institute of railway engineering. Address: 100167, Tashkent city, Mirabad district, Adilkhodjaev str.,1. Phone: (+99871) 2990001, fax:(+99871)2935754, e-mail: [tashiit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tashiit_rektorat@mail.ru).

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent Institute of railway engineering (Registered number №. \_\_\_\_). Address: 100167, Tashkent city, Mirabad district, Adilkhodjaev str.,1. Phone: (+99871) 2990027, 2935754

Abstract of the dissertation sent out on “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 y.  
(mailing report №. \_\_\_\_ on “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 y.).

**A.I.Adilxodjaev**

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

**Y.O. Ruzmetov**

Scientific secretary of scientific council for awarding  
scientific degrees, candidat of technical sciences

**V.M. Soy**

Chairman of the academic seminar under the scientific council  
for awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, dosent

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

## Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

### INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work** it consists in the development of a method to increase the bearing capacity of the ballast layer contaminated with moving Sands, taking into account the propagation of the amplitude of oscillations in the ballast layer and beyond.

**The tasks of the research work:** determination of the propagation of oscillations occurring in the ballast layer contaminated with moving Sands and beyond under the influence of vibrodynamic load from passing trains;

determination of the dependence of the propagation of oscillations in the ballast layer contaminated with moving Sands on various loads, and determination of their characteristics;

assessment of the level of influence of vibrodynamic loads on the strength characteristics of the ballast layer;

development of a new method for the study of the ballast layer on the railway section with moving Sands by improving the method of calculating the bearing capacity of the ballast layer contaminated with moving Sands, taking into account the vibro-dynamic effects of train traffic;

development of a method of spatial distribution and image of active winds used to protect objects from sand drifts in sandy deserts.

**The objects of research work** are the ballast layer – an element of the upper structure of the railway track, built on the railway line Bukhara - Miskin.

**Scientific novelty of research work** be this:

the method of propagation of vibrations arising under the influence of vibrodynamic loads in the railway ballast layer contaminated with mobile sand by means of a load-determining factor is improved;

the method of estimation of stress zones arising under the influence of vibro-dynamic loads from passing trains in the railway ballast layer contaminated with moving Sands is developed.

a method for determining the level of contamination of the railway ballast layer in areas with moving Sands, by calculating the information selected by sampling taken from the ballast layer;

a database on active winds for the last 50 years, used in the design of protection against moving Sands of various railway infrastructure facilities and by calculating the obtained information, a method for obtaining an image of the distribution model of active winds was developed;

To reduce the level of contamination of the ballast layer by moving Sands and improve the stability of the roadbed, changes were made to the existing design of the ballast layer and the roadbed on the basis of calculations, at the same time, the existing design and technology was improved by using new modern road technology

instead of the existing one, and installing an additional nozzle on it.

**Implementation of the research work.** On the basis of the results of scientific research aimed at improving the bearing capacity of the railway ballast layer contaminated with mobile Sands and perceiving the vibro-dynamic load, were developed:

the method of assessing the tension zones that occur under the influence of vibrodynamic loads from passing trains in the railway ballast layer is polluted with moving Sands, was introduced in the process of operation of the railway and the ballast line Bukhara-Miskin JSC "Uzbekistan Railways" (reference No N/1689-19 JSC "Uzbekistan Railways" from 1 april 2019). The results of the scientific study made it possible to determine the dependence of the damping boundaries of the oscillation within the railway ballast layer on the load;

the method of determining the level of pollution of the railway ballast layer in areas with podvijnymi sand was embedded in the process of operation of the railway and the ballast line Bukhara-Miskin JSC "Uzbekistan Railways" from 1 april 2019). This made it possible to increase the thickness of the railway ballast layer by 0.1 m and increase the bearing capacity of the roadbed by 8% in the vertical direction, by 10% in the horizontal direction.

advanced design and technology that reduces the level of contamination of the ballast moving Sands and contributes to the strength of the subgrade was introduced in the process operation of the railway subgrade and ballast layer line Bukhara-Miskin JSC "Uzbekistan Railways" (reference No N/1689-19 JSC "Uzbekistan Railways" from 1 April 2019). As a result, it is possible to reduce the time of the "Windows" allocated in the train schedule for the repair of tracks by 5.6 hours per km.

**The structure and volume of the thesis.** The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of the used literature, applications. The volume of the thesis is 120 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Мирахмедов М.М., Мамадалиев А.Ю. Пирназаров Г.Ф. Организация защиты железных дорог от экзогенных процессов // Научно-технический журнал Архитектура. Строительство. Дизайн, Ташкент: ТАСИ, 2013. №3. С. 41 – 47. (05.00.00; № 8).
2. Мирахмедов М.М., Музаффарова М.К., Мамадалиев А.Ю., Пирназаров Г.Ф. Методологические аспекты разработки ресурсосберегающих технологий закрепления подвижных песков // Научно-технический журнал, Проблемы механики, Ташкент: АН Рес. Узбекистан, 2015. №2. С.48-51. (05.00.00; № 6).
3. Мирахмедов М.М., Абдукамилов Ш.Ш., Мамадалиев А.Ю. Особенности состава и свойств барханных песков для земляного полотна железнодорожного пути // Научно-технический журнал, Проблемы механики, Ташкент: Узбекистан, 2015. №3. С.68-76. (05.00.00; № 6).
4. А.Ю.Мамадалиев. Бархан кумли асосда барпо этилган балласт призмасини вибродинамик юклама таъсирида юк кўтариш имконияти // Научно-технический журнал Архитектура. Строительство. Дизайн, Ташкент: ТАСИ, 2018. №1-2. С. 94-97. (05.00.00; № 4).
5. A. Mamadaliev, A. Rasulev. Dependence of the Load-Carrying Capacity of the Contaminated Ballast Prism on the Value of Vibrodynamic Influence // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 6, Issue 2, February 2019. P. 8229-8232. (05.00.00; № 8).
6. Ш.Ш.Абдукамилов, А.Ю.Мамадалиев. Балласт қатлами тебранишларининг поездлар ҳаракатланиш тезлигига боғлиқлиги // Ежеквартальный журнал “Вестник ТашИИТ”, Ташкент: ТашИИТ, 2019. №1. С. 8-15. (05.00.00; № 11)
7. A. Mamadaliev. Study of the Influence of the Ballast Layer Thickness on the Bearing Capacity of the Dune Sand Bed // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 6, Issue 2, February 2019. P. 8233-8236. (05.00.00; № 8).
8. А.Ю.Мамадалиев, Ш.Ш.Махаммаджонов. Кўчувчи бархан кумлари билан ифлосланган балласт қатламининг тебраниш жараёнини тадқиқ этиш // Ежеквартальный журнал “Вестник ТашИИТ”, Ташкент: ТашИИТ, 2019. №1. С. 16-24. (05.00.00; № 11).
9. Мамадалиев А.Ю., Бегматов П.А. Железнодорожный путь в песчаных грунтах, при скоростном движении поездов // ТошДТУ ХАБАРЛАРИ, Тошкент. 2019-№1. 150-154 бет. (05.00.00; № 16).
10. Мамадалиев А.Ю., Мирахмедов М.М., Музаффарова М.К. Получение пространственного распределения и изображения активных ветров, используемых при проектировании защиты объектов от песчаных заносов в песчаных пустынях // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан, № DGU 04219. (09.02.2017г).

## II бўлим (II часть; II part)

11. M.M. Mirakhmedov, M.K. Muzafarova, G.F. Pirnazarov, A.Y. Mamadaliev. The design of protection of the railway from sandy drifts/ Proceedings of international scientific conference “Transportation system infrastructure problems” 30.09-1.10.2015. St.Petersburg: 2015. PP.133-137.
12. M.Mirakhmedov, M.Muzaffarova, G.Pirnazarov, A.Mamadaliev. Methodological bases of designing of protection railway from sand drifts/VII International Scientific Conference “Transport problems”. - Katowice: STU, 2015. PP.378-381.
13. M.Mirakhmedov, M.Muzaffarova, A.Mamadaliev, A.Yuldashov. Prospects fixation drift sands physico-chemical method/VII International Scientific Conference “Transport problems”. - Katowice: STU, 2015. PP.382-386.
14. Мамадалиев А.Ю., Мирахмедов М.М. К вопросу о теоретических основах защиты природно-технических систем от проявлений опасных экзогенных процессов // Инновационные технологии в строительстве// Сборник материалов Республиканской научно-технической конференции 17-18 март. Часть 1. – Т.: ТАСИ, 2017. - С.5 -8.
15. Мамадалиев А.Ю., Мирахмедов М.М. Объектларни кўчки кум босишидан химоя қилишни методологик жиҳатлари // “Ўзбекистонда қурилиш технологияларининг ривожланиши” Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами 1 қисм, Тошкент: ТАСИ, 2015 4-8б.
16. F. Karimova, M. Mirakhmedov, A. Mamadaliev. Interpretation of railway construction and operation specific conditions in sandy deserts // The 10th International Symposium for Transport Universities of Asia-Pacific Countries / Seoul. 2017/11/1.WED. P. 72-78.
17. Мирахмедов М.М., Абдукамилов Ш.Ш., Мамадалиев А.Ю. Некоторые особенности барханного песка, используемого для устройства железнодорожного земляного полотна // Актуальные проблемы развития транспортной инфраструктуры: сборник научных трудов /под ред. А.Ф. Колос, А.В. Кабанова. -СП.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2018. -С. 96 -109.
18. З.Э. Мирсалихов, А.Ю. Мамадалиев. Methodology for calculating the deformations of the main area of the earth strength, established from lessovide source, with the account of vibrodynamic loads // Transport Problems / Procttdings X International Scientific Conference VII International Symposium of Young Researchers. ISBN 978-83-945717-6-4 / 4 0-019 Katowice 2018 - page 522-528.
19. М.М.Мирахмедов, Х.Д.Исмаилов, К.С. Лесов, Мамадалиев А.Ю. Railway line of Bukhara – Miskin // Transport Problems // Procttdings X International Scientific Conference VII International Symposium of Young Researchers. ISBN 978-83-945717-6-4// 40-019 Katowice 2018 - page 512 - 521.
20. М.М. Мирахмедов, К.С. Лесов, С.С. Ниязбеков, М.К. Музаффарова А.Ю. Мамадалиев Ф.Ф. Пирназаров. Ресурсосберегающие организационно-технологические решения борьбы с проявлениями экзогенных процессов на железных дорогах // Монография под ред. Мирахмедова М.М. - Ташкент: «ТА’ЛИМ», 2016. - 424с.

Автореферат «ТошТЙМИ ахборотномаси» илмий-амалий журнали таҳририятида  
таҳрирдан ўтказилди ва матнларни мослиги текширилди  
(17.05.2019 йил).

---

Қоғоз бичми 84×60 – 1/16 Ризограф босма усули Times гарнитураси  
Шартли босма табағи 3,38 б.т. Адади: 80 нусха. Буюртма №19-4/2019  
Нашрга рухсат этилди: 11.06.2019

Тошкент темир йўл муҳандислари институти босмахонасида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 100167, Тошкент шаҳар, Одилхужаев кўчаси, 1 – уй.