

**ТОШКЕНТ АВТОМОБИЛЬ ЙЎЛЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ, ҚУРИШ ВА  
ЭКСПЛУАТАЦИЯСИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ  
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АВТОМОБИЛЬ ЙЎЛЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ, ҚУРИШ ВА  
ЭКСПЛУАТАЦИЯСИ ИНСТИТУТИ**

**МАХМУДОВА ДИЛФУЗА АБДУЛАЗИЗОВНА**

**АВТОМОБИЛЬ ЙЎЛИ ПОЙИ ИШЧИ ҚАТЛАМИДАГИ ЛЁССИМОН  
ГРУНТЛАРНИНГ КЎП МАРТАЛИК ЮКЛАМАЛАР ТАЪСИРИДАГИ  
МУСТАҲКАМЛИК ТАВСИФЛАРИ**

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

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

**Тошкент-2020**

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

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

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

**Махмудова Дилфуза Абдулазизовна**

Автомобиль йўли пойи ишчи қатламидаги лёссимон грунтларнинг қўп  
марталиқ юкламалар таъсиридаги мустақамлик тавсифлари.....3

**Махмудова Дилфуза Абдулазизовна**

Прочностные характеристики лёссовых грунтов рабочего слоя  
автомобильных дорог подверженных многократным нагрузкам .....25

**Makhmudova Dilfuza Abdulazizovna**

Strength characteristics of loess soils under the influence of multiple loads in the  
design of road structures.....45

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

**Список опубликованных работ**

List of published works.....49

**ТОШКЕНТ АВТОМОБИЛЬ ЙЎЛЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ, ҚУРИШ ВА  
ЭКСПЛУАТАЦИЯСИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ  
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АВТОМОБИЛЬ ЙЎЛЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ, ҚУРИШ ВА  
ЭКСПЛУАТАЦИЯСИ ИНСТИТУТИ**

**МАХМУДОВА ДИЛҒУЗА АБДУЛАЗИЗОВНА**

**АВТОМОБИЛЬ ЙЎЛИ ПОЙИ ИШЧИ ҚАТЛАМИДАГИ ЛЁССИМОН  
ГРУНТЛАРНИНГ КЎП МАРТАЛИК ЮКЛАМАЛАР ТАЪСИРИДАГИ  
МУСТАҲКАМЛИК ТАВСИФЛАРИ**

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

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

**Тошкент-2020**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида №В 2019.3. PhD/T1364 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент автомобиль йўллари лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатацияси институтида бажарилган.

Диссертация автореферати икки тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) веб-саҳифанинг [www.tayi.uz](http://www.tayi.uz) ва «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида [www.ziyo.net](http://www.ziyo.net) манзилларига жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Каюмов Абдубаки Джалилович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Расулов Хаят Заирович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Бекмирзаев Диёрбек Абдугаппарович**  
PhD, катта илмий ходим

**Етакчи ташкилот:**

**Самарқанд давлат архитектура қурилиш институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент автомобиль йўллари лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатацияси институти ҳузуридаги DSc.18/30.12.2019.T.09.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «\_\_\_» \_\_\_\_\_ соат \_\_\_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100060, Тошкент ш., А.Темур шоҳ кўчаси, 20 уй. Тел./факс: (99871) 232-14-79, e-mail: [tadi\\_info@edu.uz](mailto:tadi_info@edu.uz)).

Диссертация билан Тошкент автомобиль йўллари лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатацияси институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (\_\_\_ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100060, Тошкент ш., А.Темур шоҳ кўчаси, 20 уй. Тел.: (99871) 232-14-39.

Диссертация автореферати «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 йил тарқатилди.  
(«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 йил № \_\_\_ -сонли тарқатиш баённомаси реестери).

**А.А.Рискулов**

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

**Р.А.Абдурахманов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, PhD, доцент

**И.С. Содиқов**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги Илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Лёссимон грунтларни автомобиль йўллари лойиҳалаш ва қуришда фойдаланиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Улар Австралия, Америка Қўшма Штатлари, Мексика, Миср, Покистон, Ҳиндистон, Хитой, Эрон каби кўплаб жаҳон ҳудудларини қамраб олганлар ва йўл қурилишида фойдаланиб келинмоқда. Хусусан, Ўрта Осиёнинг марказий ва жанубий қисмларини, яъни Ўзбекистон, Тожикистон, Туркменистон, Қозоғистон Республикалари ва Афғонистоннинг умумий майдонининг 25% дан ортиқ ҳудудини лёсс ва лёссимон грунтлар эгаллаб ётади. Жумладан, республикамизнинг 70% дан ортиқ майдони лёсс ва лёссимон жинслардан ташкил топган бўлиб, мавжуд иншоотларнинг аксарияти шу жинслар устида қурилган. Шу жиҳатдан лёссимон грунтларнинг хоссаларини ўрганиш, хусусан, улардан қурилган йўл пойи кўтармасининг турғунлигини баҳолаш ҳозирги куннинг долзарб вазифаларидан ҳисобланади.

Жаҳонда автомобиль йўллари лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатация қилиш жараёнларида йўл пойидаги лёссимон грунтларни мустаҳкамлик кўрсаткичларини асослаш бўйича мақсадли илмий изланишларни амалга ошириш алоҳида аҳамият касб этмоқда. Бу борада жумладан, лёссимон грунтли йўл пойи ишчи қатламининг кўп марта ва қисқа таъсир қилувчи юклама остида ишловчи ҳисобий кўрсаткичларини асослаш учун конструктив ечим ишлаб чиқиш, мавжуд автомобиль йўллари пойидаги лёссимон грунтларнинг хоссаларини, зичлиги ва намлигини баҳолаш усулларини такомиллаштириш, лёссимон грунтларнинг кўп марта такрорланувчи юклама остидаги мустаҳкамлик кўрсаткичларини асослаш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикамизда ҳозирги кунда транспорт коммуникация тизимларини жумладан, автомобиль йўллари лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатация қилиш жараёнларида сифат жиҳатдан уларни такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, хусусан, йўл пойи қатламларининг механик кўрсаткичларини яхшилаш ҳисобига мустаҳкамлигини ошириш усулларини такомиллаштиришда сезиларли натижаларга эришилмоқда. Ушбу йўналишда жумладан, транспорт воситаларидан тушадиган юкламани ҳисобга олиб, янги транспорт магистралларини қуришни ва уларни эксплуатация даврида қайта таъмирлаш даврини узайтирувчи ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш зарур ҳисобланади. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...йўл-транспорт, муҳандислик-коммуникация ва ижтимоий инфратузилмаларни ривожлантириш ҳамда модернизация қилиш бўйича мақсадли дастурларни амалга ошириш,...»<sup>1</sup> вазифаси белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги фармони.

амалга ошириш, хусусан, лёссимон грунтли йўл пойи ишчи қатламининг ҳисобий кўрсаткичларини асослаш учун конструктив ечим, унга асосан мустаҳкамлик кўрсаткичларни аниқлаш бўйича функционал боғлиқликлар ва намликни аниқлаш иқтисодий самарадорликни баҳолаш усулларини такомиллаштириш бўйича илмий тадқиқотлар олиб бориш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 9 декабрдаги “Ўзбекистон Республикаси йўл хўжалиги тизимини чуқур ислоҳ қилиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5890-сон Фармонида Республиканинг географик жойлашувини ҳисобга олган ҳолда замонавий автомобиль йўллари тармоғини ривожлантириш мамлакатимиз иқтисодиётининг рақобатбардошлигини оширишда, республика транспорт салоҳиятини ривожлантиришда ва экспорт имкониятларини кенгайтиришда биринчи даражали вазифа ҳисобланиши таъкидланди<sup>2</sup>. Шунингдек Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги 2017 йил 14 февралдаги ПФ-4954-сон “Йўл хўжалигини бошқариш тизимини яна такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Фармонлари, 2017 йил 14 февралдаги ПҚ-2776-сон “Ўзбекистон Республикаси автомобиль йўллари давлат қўмитасини ва Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Республика йўл жамғармаси фаолиятини ташкил этиш тўғрисида”ги қарори, ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологияларни ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. “Геология-минералогия, сейсмология, сейсмик барқарорлик, гидрометрология, хавфсизлик ва фавқулодда вазиятлар муаммолари” устувор йўналишига мос равишда бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Кўп марта ва қисқа таъсир қилувчи юклама остида ишловчи автомобиль йўлининг лёссимон грунтлари таркиби ва турини ўрганиш ҳамда уларнинг ҳисобий кўрсаткичларига таъсирини моделлаштириш бўйича назарий ва амалий тадқиқотлар етакчи мамлакатларнинг илмий марказлари, университет ва илмий тадқиқот институтларида, жумладан: Department of Infrastructure, Planning and Natural Resources (Австралия), International Journal of Pavement Research and Technology (Хитой), Magazyn Autostrady, Budownictwo drogowo-mostowe (Польша), Россия автомобиль йўллари илмий-тадқиқот институти (РосдорНИИ), Москва автомобиль йўллари институти (МАДИ-ТУ), Қозоғистон автомобиль йўллари илмий тадқиқот институти (КаздорНИИ),

---

<sup>2</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 9 декабрдаги ПФ-5890-сонли “Ўзбекистон Республикаси йўл хўжалиги тизимини чуқур ислоҳ қилиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги фармони.

Белоруссия Миллий техника университети (БНТУ), Киев автомобиль йўллари институти (КАДИ), Ўзбекистон Республикаси Транспорт вазирлигига қарашли Автомобиль йўллари илмий тадқиқот институтида олиб борилмоқда.

Йўл пойи таркибидаги лёссимон грунтнинг физик-механик хоссаларини таъсирини ўрганиш бўйича дунё ва юртимизнинг йирик тадқиқотчилари: М.Д. Браја, G.P. David, W. Kuhn, B.G. Neal, П.Б. Бабаханов, Е.М. Сергеев, Х.З. Расулов, Б.Б. Каримов, А.К. Ларионов, Ғ.А. Мавлонов, А.Д. Каюмов, С.М. Қосимов, Н.Н. Маслов, И.И. Трофимов, Х.Л. Рахматуллаев, А.З. Хасанов ва бошқалар томонидан кўплаб илмий тадқиқотлар ўтказилган.

Грунтларга кўп марта ва қисқа вақт таъсир қилувчи юкламаларнинг таъсирини В.Ф. Бабков, Ю.М. Васильев, Н.Н. Иванов, В.Д. Казарновский, Г.С. Канаян, А.С. Лapidус, А.С. Пилипенко, N. Seed, В.М. Смирнов ва бошқа олимлар ўрганишган. Бу олимларнинг тадқиқотларини таҳлили кўп марта ва қисқа вақт таъсир қилувчи юкламалар грунтларда мураккаб жараёнлар содир бўлишини билдиради. Шу билан биргаликда автомобиллар ҳаракат жадаллиги, грунтнинг кучланганлик ҳолати, намлиги ва зичлиги, структурасининг хусусияти, грунтларнинг кўп марта ва қисқа вақт таъсир қилувчи юклама остида ишлашини моделлаштириб ўрганиш жуда кам тадқиқ қилинганлигини кўрсатади. Хусусан, автомобиль йўллари ишчи қатламидаги лёссимон грунтларнинг такрорланувчи юкламалар таъсиридаги силжишга мустаҳкамлиги ўрганилмаган деб хулоса чиқариш мумкин.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режаси билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Ўзбекистон Республикасининг ГКНТ (ФТДҚ) мавзуларига мувофиқ Тошкент автомобиль йўллари лойиҳалаш, қуриш ва эксплуатацияси институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг 1992-2018 йиллардаги қуйидаги мавзулар доирасида бажарилган: Теоретические исследования формирования структуры лессовых грунтов и совершенствование теории уплотнения в условиях Узбекистана; Определение нормативных характеристик (плотность, сцепление, угол внутреннего трения, модуль упругости) грунтов земляного полотна автомобильных дорог с учетом региональных условий Республики Узбекистан; А-5-039 Разработка оптимальных конструкций дорожных насыпей с использованием лессовых грунтов в условиях Узбекистана, ОТ-А14-24 Такрорий юкламалар таъсири остидаги грунтлардан қурилган йўл пойининг барқарор тузилмаларини ишлаб чиқиш мавзусидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** автомобиль йўлларидаги йўл пойи лёссимон грунтларининг кўп марта ва қисқа вақт таъсир қилувчи юкламалар таъсири остида силжишга мустаҳкамлигини асослаш услубларини такомиллаштиришдан иборат.

### **Тадқиқотнинг вазифалари:**

мавжуд автомобиль йўлларидаги йўл пойи грунтларининг силжишга мустаҳкамлигини асослаш учун конструктив ечим ва уни тушунтирувчи ишчи гипотезани яратиш, унга асосан мустаҳкамлик кўрсаткичларини аниқлаш бўйича функционал боғлиқликлар ва намликни аниқлаш усулини такомиллаштириш;

лаборатория шароитида мустаҳкамлик тавсифларини аниқлаш учун грунтларга кўп марталик юклама берадиган мосламани такомиллаштириш ва кўрсаткичларни аниқлаш;

дала шароитида автомобиль йўллари кўтармасидаги лёссимон грунтларнинг хоссалари, зичлиги ва намлигини баҳолаш усулларини мавжуд усуллар асосида такомиллаштириш;

лёссимон грунтларнинг кўп марта ва қисқа вақт таъсир қилувчи юкламалар остидаги мустаҳкамлик кўрсаткичларини амалда фойдаланишдан олинадиган иқтисодий самарадорликни баҳолаш усулини таъсир сонига асосан такомиллаштириш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида Ўзбекистон Республикаси ҳудудидаги кенг тарқалган лёссимон грунтлардан қурилган автомобиль йўллари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети**ни йўл пойидаги лёссимон грунтларни силжишга мустаҳкамлик кўрсаткичлари ташкил қилади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида лёссимон грунтларнинг зичлик ва намлик нормалари, шунингдек, мустаҳкамлик кўрсаткичларини ўрганиш лаборатория ҳамда тажриба йўл бўлақларида олиб борилди. Уларнинг натижаларини қайта ишлашда математик статистика усулларидан фойдаланилди.

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

Ўзбекистон ҳудудида тарқалган лёссимон грунтдан қурилган йўл пойига кўп марталик юкламалар таъсир қилганда силжишга мустаҳкамлигини аниқлаш учун уни намлиги, зичлиги ва таъсир сонига боғлиқ холда мавжуд конструктив ечимлар такомиллаштирилган;

йўл пойи грунтларини намланиш манбаларини ўрганиш асосида ҳисобий намликни аниқлаш усули такомиллаштирилган;

йўл пойи лёссимон грунтга кўп марталик юкламалар таъсир этганда унинг хоссаларининг ўзгаришини мавжуд қонуниятлари такомиллаштирилган;

йўл пойи ишчи қатламидаги лёссимон грунтларнинг мустаҳкамлик тавсифларини уни намлиги, зичлиги ва кўп марталик юкламалар таъсирида бўлганда аниқлаш ифодаси мавжуд боғлиқликлар орқали такомиллаштирилган.

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

кўп марта ва қисқа вақт таъсир қилувчи юкламаларнинг таъсирини ҳисобга олиб, меъёрий ҳужжатларда талаб қилинган зичлик ва ҳисобий намликдаги лёссимон грунтларнинг мустаҳкамлик тавсифлари қийматлари



ишлаб чиқилди, шунингдек, ҳисобий намлик миқдорини аниқлаш услуги таклиф этилди;

лаборатория шароитида лёссимон грунтларнинг турларини уни ҳар хил намлик ва зичликдаги ҳисобий кўрсаткичларига таъсирини аниқлаш усулини, силжишга мустаҳкамлик кўрсаткичларини аниқлаш орқали такомиллаштирилган;

мавжуд автомобиль йўлларида лёссимон грунтларнинг мустаҳкамлик кўрсаткичларини аниқлаш учун бир юзали кескич ускунаси такомиллаштирилган;

олиб борилган тадқиқотлар натижасида лёссимон грунтлардан иборат йўл кўтармасининг кўп марта ва такрорланиб турувчи юклама остидаги силжишга мустаҳкамлик кўрсаткичларини белгилаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** ўтказилган илмий ва амалий тадқиқотлар, автомобиль йўлларини, грунтшунослик ва грунтлар механикасининг фундаментал қонун ва қоидаларига асосланганлиги, тажрибавий тадқиқотларни ўтказишда замонавий услуб ва воситалар қўлланилганлиги, улардан олинган натижаларнинг бир бирига мослиги, хулоса, таклиф ва тавсияларнинг амалиётда жорий этилганлиги, олинган натижалар ваколатли ташкилотлар томонидан тасдиқланганлиги, бажарилган тадқиқотлар асосида ишлаб чиқилган лёссимон грунтларнинг синовлари натижалари билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти лёссимон грунтлардан иборат йўл кўтармаси ишчи қатламини кўп марталик юклама таъсири остидаги мустаҳкамлик кўрсаткичларини, зичлик ва намлик нормаларини инобатга олувчи конструктив ечим ва функционал аналитик боғлиқликлар ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади ва йўл тўшамаси тузилмасини ҳисоблаш назариясини ривожлантиришга ҳисса қўшади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти лёссимон грунтларнинг зичлик ва намлик нормалари, кўп марта такрорланувчи юклама остидаги мустаҳкамлик кўрсаткичларини ҳисобга олиб йўл кўтармаси ва тўшамасининг тузилмасини белгилаш тўшаманинг хизмат муддатини узайтиришга, шунингдек, уларнинг хоссаларини яхшиланишига олиб келишдан иборат.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши:** лёссимон грунтларнинг кўп марта ва қисқа вақт таъсир қилувчи юкламалар таъсири остида силжишга мустаҳкамлиги тавсифларини ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

“4К694 Май-Бағиш” автомобиль йўлининг йўл тўшамаси конструкциясини лойиҳалашга жорий этилган (“YO`LINJINIRING LOYIHA” МЧЖ томонидан берилган 5 март 2020 йилдаги №20/20-сон маълумотномаси). Натижада йўл тўшамасининг хизмат муддати 2 йилга

узайиб, 1 км узунликдаги автомобиль йўлидан йилига 60 млн. сўм миқдорда иқтисодий самарадорликка эришилди;

тадқиқотнинг асосий натижалари меъёрий ҳужжатларда, жумладан МҚН 29-2007 “Автомобиль йўллари кўтармаларининг зичланганлик даражасини назорат қилишнинг технологик қоидалари”, МҚН 46-2008 “Нобикир йўл тўшамаларини лойиҳалаш бўйича йўриқнома”, ИҚН 70-12 “Йўл пойининг сув-иссиқлик тартибини бошқаришни лойиҳалаш услублари бўйича қўлланма”, ИҚН 84-13 “Ўзбекистоннинг турли регионларида автомобиль йўллари грунтларини зичлик нормалари бўйича йўриқнома”, ИҚН 121-17 “Юқори намликдаги грунтлардан автомобиль йўллариининг пойини қуриш бўйича йўриқнома” каби соҳа меъёрий ҳужжатларига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Автомобиль йўллари давлат қўмитаси томонидан берилган 2019 йил 19 сентябрдаги №03/4608-2523-сон маълумотномаси). Натижада мустаҳкамлик кўрсаткичлардан йўл тўшамаларини лойиҳалаш даврида ҳисобга олинганда йўл тўшамасининг хизмат муддатида эксплуатацион харажатларнинг камайишига имконият яратилди;

илмий ва амалий натижалар асосида олинган мустаҳкамлик тавсифлари 4Р-150 Қўқон-Мулқобод автомобиль йўлининг йўл тўшамаси конструкциясини лойиҳалашга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Автомобиль йўллари давлат қўмитаси Фарғона вилояти АЙХББ Данғара туман йўллардан фўрдаланиш УК томонидан берилган 2020 йил 5 февралдаги №12-сон маълумотномаси). Натижада йўл тўшамасининг хизмат муддати 2 йилга узайди, 1 км узунликдаги автомобиль йўлидан келадиган иқтисодий самарадорлик йилига 60 млн. сўмни ташкил этди;

тадқиқотнинг асосий натижалари соҳа меъёрий ҳужжатларига жорий этилган (Автомобиль йўллари илмий-тадқиқот институти унитар корхонаси томонидан берилган 2019 йил 10 октябрдаги №10/3-560-сон маълумотномаси). Натижалардан амалда қўлланганда йўл тўшамасини қопламасини мустаҳкамлигини, яхлитлиги ва равлонлигини яхшилаш натижасида хизмат қилиш муддати давомида 1 км йўл учун йилига 65 млн. сўмлик иқтисодий самарадорликка эришиш мумкин.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 10 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 40 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан, 2 таси хорижий журналда, 9 та илмий журналларда мақола ва 2 та монография нашр этилган. Республика миқёсидаги 5 та меъёрий ҳужжатни тайёрлашда фойдаланилган, 1 та муаллифлик гувоҳномаси олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 118 бет.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш қисмида** ҳозирги кунда транспорт коммуникацияларини ривожлантириш, мавжуд ва лойihalанаётган автомобиль йўлларининг мустаҳкамлигини оширишнинг муҳимлиги, танланган мавзунинг долзарблиги асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари ёритилган, олиб борилган тадқиқот натижаларининг илмий янгилиги, амалий аҳамияти, тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши ҳақидаги маълумотлар келтирилган. Айниқса, сўнгги вақтларда автомобиль йўлларида транспорт воситаларининг сони ва уларнинг орқа ўқига тушадиган юкламаларни ошиб кетиши йўл пойи ишчи қатламидаги лёссимон грунтларнинг такрорий юкламалар остида силжишга мустаҳкамлигини ўрганиш зарурлигини келтириб чиқаради.

**Биринчи – “Муаммонинг моҳияти ва масаланинг ўрганилиш ҳолати”** бобида мавзу бўйича олиб борилган тадқиқотлар ва мавжуд адабиётлар таҳлили келтирилган.

Маълумки, Ўрта Осиёнинг марказий ва жанубий қисмларининг, яъни Ўзбекистон, Тожикистон, Туркманистон, Қозоғистон республикалари ва Афғонистоннинг умумий майдонини 25% дан ортиқ ҳудудини лёсс ва лёссимон грунтлар эгаллаб ётади. Жумладан, республикамизнинг 70% дан ортиқ майдони лёсс ва лёссимон грунтлардан ташкил топган бўлиб, мавжуд иншоотларнинг кўпчилиги шу грунтлар устида қурилган.

Ўзбекистон шароитида янги қурилган автомобиль йўлларида ўтказилган тадқиқот ишлари лёссимон грунтларнинг ҳисобий тавсифларига, айниқса, уларнинг мустаҳкамлигига алоҳида аҳамият бериш кераклигини кўрсатди. Чунки уларнинг тузилмасини ҳисоблашда лёссимон грунтларнинг белгиланган мустаҳкамлик тавсифлари вақт ўтиши билан автомобилдан тушувчи қисқа вақт ва кўп марта такрорланувчи юклама таъсирида камайиб борган. Тажриба йўл бўлагида бир издан  $10^3$  келтирилган автомобиль ҳаракати ўтгандан сўнг йўл тўшамасида майда ёриқликлар кузатилди. Йўл пойи грунтининг мустаҳкамлик тавсифлари текшириб кўрилганда зичланиш коэффиценти  $K_z=0,98$  ва намлик  $W=17,86\%$  да боғланиш кучи  $C=0,036$  МПа дан  $C=0,028$  МПа га, ички ишқаланиш бурчаги эса  $\varphi=23^\circ$  дан  $\varphi=19^\circ$  га камайгани аниқланди. Мустаҳкамлик коэффиценти II мезон (силжишга мустаҳкамлиги) бўйича ҳисоблаб кўрилганда уни қиймати 0,98 га тенг бўлди.

Юқорида келтирилган ҳолат йўл пойи грунтларининг улардан фойдаланиш даврида мустаҳкамлик тавсифларига алоҳида аҳамият бериш кераклигини кўрсатади.

Йўл тўшамасининг мустаҳкамлигини ва чидамлилигини оширишнинг асосий йўналишларидан бири йўл пойининг мустаҳкамлигини намлик-иссиқлик тартибини бошқариш орқали эришиш ҳисобланади. Чунки,

грунтларнинг мустаҳкамлик тавсифлари авваламбор, унинг бевосита намлигига ва билвосита иссиқлигига боғлиқдир.

Шуни таъкидлаш лозимки, йўл пойида намнинг тўпланишини назарий башоратлаш усулларини таклиф этган тадқиқотчилар намнинг миграцияси фақат пастдан юқорига амалга ошади, ҳамда атмосфера ёғинлари йўл пойининг намланишида қисман, яъни грунтларнинг кузги намланиши ва грунт сувларининг кўтарилиши ҳисобига иштирок этади, йўл пойининг намланишида капитал турдаги қопламаларнинг сув ўтказмаслиги туфайли қишги-баҳорги ёғинлар тўғридан-тўғри иштирок этмайди, деган фикрни олға сурадилар. Бошқача айтганда, келтирилган назарий башоратлаш усулларида йўл тўшамаси тузилмасини атмосфера ёғинларини ўтказмайдиган модель сифатида қаралган, ҳамда унга намлик фақат пастдан келади, деб фикр қилинган.

Автомобиль йўлларини йўл пойини лойиҳалаш муаммоларига оид олиб борилган илмий тадқиқотлар, меъёрий ҳужжатларнинг таҳлили уларда лёссимон грунтларнинг хусусиятлари, хусусан, кўп марта ва қисқа вақтли юкламалар таъсирида мустаҳкамлик тавсифларини ўзгаришини керакли даражада инобатга олинмаганлигини кўрсатди. Шунингдек, йўл пойидаги лёссимон грунтларнинг мустаҳкамлик тавсифларини белгилашда атмосфера ёғинлари, капилляр сувлар ва диффузия намланиш манбаларини алоҳида ҳисобга олиниши зарур.

**Иккинчи – “Йўл пойи ишчи қатламидаги лёссимон грунтнинг мустаҳкамлик тавсифларини белгилаш”** бобида ишчи қатлам грунтининг мустаҳкамлигини ундан фойдаланиш жараёнида қисқа вақт ва кўп марта такрорланувчи юклама таъсирида ўзгариши ва унинг сабаблари ёритиб берилган.

Назарий тадқиқотлар ишчи қатлам лёссимон грунтга қисқа вақт ва кўп марта такрорланувчи юклама таъсир қилганда унинг сонини ортиши билан, бир хил зичликда ва намликда, ички ишқаланиш бурчаги ва боғланиш кучи камайишини кўрсатади.

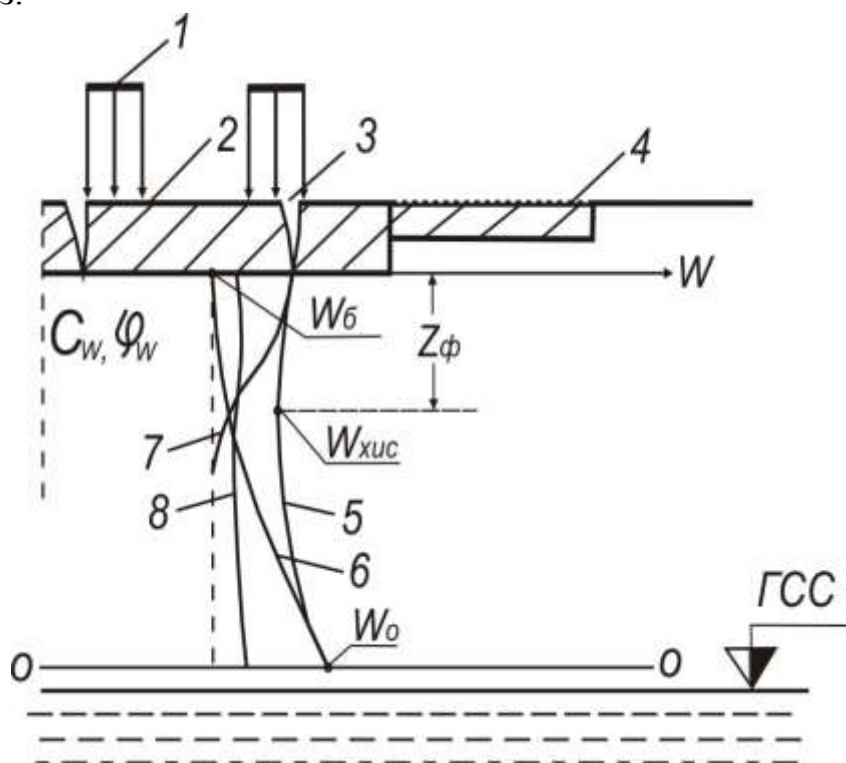
Қайд қилинган ҳулосаларни қуйидагича таҳлил қилиб, тушунтириш мумкин. Қисқа вақт ва кўп марта такрорланувчи юклама грунтга таъсир қилганда ҳосил бўладиган кучланиш ва қисман тебраниш натижасида зичланган грунтлардаги агрегатларнинг бир қисми янада майдароқ бўлақларга бўлинади. Бўлиниш натижасида Н.Н. Масловнинг “зичлик-намлик” назарияси бўйича изоҳланувчи умумий боғланиш кучи  $C_w$  ни ташкил қилувчилари - юмшоқ ҳолатдаги боғланиш кучи  $\Sigma_w$  ўзгармасдан қолади (чунки у намликка боғлиқ, лекин намлик назарий мулоҳаза қилинаётган ҳолатда ўзгармас деб белгиланяпти). Аммо грунтга қаттиқлик хусусиятини берувчи бикр ҳолатдаги боғланиш кучи  $C_c$  ўзгаради – камаяди (чунки агрегатлар бузилади). Натижада умумий боғланиш кучи  $C_w$  нинг қиймати камаяди.

Маълумки, жисм зарралари сирт юзасининг ғадир-будирлик шакли ички ишқаланиш бурчагини ҳолатини белгилайди. Грунтга қисқа вақт ва кўп

марта такрорланувчи юклама таъсир қилганда ҳосил бўладиган кучланиш ва қисман тебраниш натижасида намунадаги йирик агрегатларнинг бир қисми янада майдароқ бўлакларга бўлинади ва бирламчи зичлаштириш натижасида ҳосил бўлган йирик ғовакликларни миқдори камайиб, майда ғовакликларнинг миқдори кўпаяди. Майдаланиш оқибатида ғадир-будирлик қийматлари камаяди, натижада ички ишқаланиш бурчаги ҳам камаяди.

Йўл пойининг намланишида грунт сувлари билан баробар юза сувларининг аҳамияти ҳам муҳим рол ўйнайди, шунинг учун иккала намланиш манбайининг таъсирини биргаликда ўрганиш зарур. Чунки намланиш грунт сувлари сатҳидан капилляр кўтарилиш ва ёмғир сувларини йўл тўшамаси ва йўл ёқасидан сингиб кириши натижасида содир бўлади.

Йўл пойи лёссимон грунтларининг мустаҳкамлик тавсифларини қисқа вақт ва кўп марта такрорланувчи юкламалар таъсирида ўзгаришини ва уни намланиш манбаларини таҳлил қилиш учун 1-расмдаги чизмадан фойдаланамиз.



**1-расм. Автомобиль йўллари йўл пойи грунтининг мустаҳкамлик тавсифларини белгилаш чизмаси**

1-автомобиль ғилдирагидан тушадиган ҳисобий юклама; 2-йўл тўшамаси; 3-йўл қопламасидаги ёриқлар; 4-йўл ёқаси; 5-умумий намлик; 6-грунт сувлари сатҳидан капиллярлар орқали кўтарилувчи намлик; 7-инфильтрация орқали кирувчи намлик; 8-диффузион намлик; ГСС-грунт сувлари сатҳи.  $W_6$ -бошланғич намлик, қулай намликка тенг бўлади, %;  $W_{хис}$ -ҳисобий намлик, ҳисобий ифода бўйича аниқланади, %;  $W_0$ -оқувчанлик чегарасидагига яқин намлик, %;  $C_w$ -боғланиш кучи, МПа;  $\varphi_w$ -ички ишқаланиш бурчаги, град.;  $Z_{\phi}$ -фаол (ишчи) қатлам, м.

1-расм ишчи қатламнинг грунт хусусиятлари, зичлик ва намлик бўйича ҳолати, ҳамда грунт сувларининг жойлашувига кўра мустаҳкамлик тавсифлари қийматларини аниқлаш учун умумий кўринишдаги боғлиқликни таклиф қилиш имкониятини беради. Йўл тўшамаси асосидаги лёсс ва лёссимон грунтли ишчи қатламнинг мустаҳкамлик тавсифларини ифодаловчи умумий кўринишдаги боғлиқлик қуйидагича:

$$C, \varphi = f(K_3, N_p, PI, W_{ХИС}), \quad (1)$$

бунда  $K_3$  – йўл пойидаги грунтнинг зичлигини тавсифловчи зичланиш коэффициентини;

$N_p$  –қопламага транспорт воситаларидан кўп марта ва қисқа вақт таъсир қилувчи юкламаларнинг таъсир сони;

$I_p$ -пластиклик сони, грунт таркибини тавсифлайди;

$W_{ХИС}$ —синов вақтидаги грунтларнинг ҳисобий намлиги.

Келтирилган (1) ифодага асосан йўл пойи грунтининг мустаҳкамлик тавсифларини аниқлаш учун, аввалам бор, зичланиш коэффициенти  $K_3$  ни ва унинг ўртача кўп йиллик намлиги  $\bar{w}$  нинг қийматлари орқали аниқланувчи ҳисобий намлигини  $W_{ХИС}$  белгилаш зарур бўлади.  $K_3$  ни қийматини ШНҚ 2.05.02-07 га асосан белгиланади. Лёссимон грунтларнинг ўртача кўп йиллик намлиги  $\bar{w}$  нинг қийматлари кўп йиллик тадқиқотлар натижасида 1-жадвалдан белгилаш мумкин.

#### 1-жадвал

##### Лёссимон грунтларнинг намликларини ўртача қийматлари

Йўл иқлим минтақалари	Намланиш шароитлари бўйича жой турлари	Намликнинг ўртача қийматлари $\bar{w}$ , $W_{оқ}$ улушларида
III	1	0,63
	2-3	0,67
IV	1	0,65
	2	0,68
	3	0,70

Шунинг билан биргаликда 1-ифодада таклиф қилинган намликнинг ҳисобий қийматлари қуйидаги назарий математик ифодадан аниқланиши мумкин. Бунда йўл пойи грунтини намланиш манбалари сифатида асосан инфильтрация, диффузия ва капилляр сувлар кўриб ўтилган.

$$W_{ХИС} = \frac{1}{1 + \frac{2}{\sqrt{\pi} \sqrt{a_*}} \exp \left[ -\frac{\eta^2}{4a_*} d \eta \right]} \left\{ \frac{C_1 a_1 \sigma_1}{a_0 \sqrt{a_*} \sqrt{1-a_*}} \int_0^\infty \exp \left( -\frac{\eta^2}{4} \right) d \eta + \frac{2W_E}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \exp \left[ -\frac{\eta^2}{4a_*} d \eta \right] \right\} \quad (2)$$

бунда  $a_1$  – грунтнинг тегишлича намўтказувчанлиги, м<sup>2</sup>/сутка;

$\nu_1$  – намнинг фазавий ўзгаришларини тавсифловчи коэффициент, град., 1/соат;

$W_B$ -бошланич намлик, бирнинг улушларида;

$a_0, a_*, c_1$  - мос равишда грунтнинг намўтказувчанлик ва бошланғич намлигига боғлиқ коэффициентлар.

**Учинчи – “Йўл пойи ишчи қатламидаги лёссимон грунтнинг мустаҳкамлик тавсифларини асослаш”** бобида лаборатория ва дала шароитларида йўл пойи грунтларига кўп марта ва қисқа вақт таъсир қилувчи юкламаларнинг грунт хоссаларига, жумладан мустаҳкамлик тавсифларига таъсирини аниқлаш мақсадида ўтказилган тадқиқот натижалари ва уларни статистик қайта ишланмалари келтирилган.

Лаборатория ва дала шароитида тадқиқотлар пластиклик сонига кўра турли хил лёссимон грунтларда ўтказилган.

Грунтнинг мустаҳкамлик тавсифлари ва зичланиш қийматига кўп марта ва қисқа вақт таъсир қилувчи юкламаларнинг таъсирини баҳолаш учун намуналарни 0,50; 0,55; 0,60; 0,65; 0,70  $W_{ок}$  ( $W_{ок}$ -грунтнинг оқувчанлик чегарасидаги намлиги) намликларда 0,94; 0,95; 0,96; 0,98; 1,00  $\rho_{dmax}$  ( $\rho_{dmax}$  – стандарт зичлаштириш асбобида аниқланган қуруқ грунтнинг зичлиги, кг/м<sup>3</sup>) зичликкача грунтларнинг сурилишга қаршилигини аниқлаш имконини берувчи асбобининг диаметри  $d=7,1$  ва баландлиги  $h=3,5$  см бўлган ҳалқасида (кесим юзаси 40 см<sup>2</sup>) зичлаштирилди.

Лаборатория шароитида кўп марта ва қисқа вақт таъсир қилувчи юкламаларни таъсирини юқорида келтирилган усул билан тайёрланган намуналарга Маслов-Лурье асбобига ўрнатилган муаллиф иштирокида ишлаб чиқилган такрорий қисқа вақтли юклама берадиган мосламада амалга оширилди.

Тажирибалар олиб бориш жараёнида намунага 0,01 дан 0,30 МПа гача вертикал юклама даврий равишда қўйилди. Юкламани қўйилиш вақти 0,1-0,3 секундни, юкламаларни қўйиш орасидаги вақт 0,2-0,5 секундни ташкил этди. Юкламаларнинг керакли қўйилиш сонини қайд этиш учун мосламага ҳисоблагич ўрнатилган. Синов давомида ҳар бир 1, 10, 10<sup>2</sup>, 10<sup>3</sup>, 10<sup>4</sup>, 10<sup>5</sup> ва 10<sup>6</sup> марта юклама қўйишдан сўнг грунтларда юзага келадиган деформация миқдори ва мустаҳкамлик тавсифлари аниқланди. Ҳар гал юклама қўйилиши ва олинишидан сўнг соат туридаги индикатор ёрдамида грунтнинг (тўлиқ, қолдиқ, эластик) вертикал деформацияларини белгилаб борилди.

Ҳар бир келтирилган таъсирдан сўнг олтига намунадаги лёссимон енгил чангли супесли грунтнинг 2-жадвалда келтирилган хоссалари намлик 0,9G (G-сувга тўйиниш коэффициенти)га тенг бўлганда ўрганилиб, ўртача қийматлари аниқланди. Ҳамма ҳолатларда ҳам ҳисоблардаги ўртача квадратик хато 5% дан кам бўлди.

## 2-жадвал

### Қисқа вақт ва кўп марта такрорланувчи юкламанинг грунт ҳолатига таъсири

Грунт хоссалари	Қиска вақт ва кўп марта такрорланувчи юкламанинг таъсир сони $\Sigma N_p$ бўлганда							
	0	1	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$
Қолдиқ деформацияси, $l$ , мм	0	0,010	0,182	0,328	0,437	0,546	0,656	0,765
Намунадаги грунт зичлиги, $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	1709	1710	1718	1725	1730	1736	1741	1746
Ғоваклиги, $n$ , %	0,360	0,359	0,357	0,354	0,352	0,350	0,348	0,346
Ғоваклик коэффициенти, $\zeta$	0,562	0,561	0,555	0,548	0,543	0,538	0,534	0,529
Чўкиш модули, $a$ , мм/м	0	0,40	5,20	9,37	12,48	15,60	18,74	21,86
Фильтрация коэффициенти, $K_\phi$		$4 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$0,7 \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$

Таъкидланган грунтнинг ҳолатлари ва кўп марта ва қиска вақт таъсир қилувчи юкламалар таъсири орасидаги боғлиқликни қуйидаги ифода орқали аниқлаш мумкин:

$$l = l_0(1 + 1,05 \cdot \lg N_p), \text{ мм} \quad (3);$$

$$\gamma = \gamma_0(1 + 0,003 \cdot \lg N_p), \text{ кг/м}^3 \quad (4);$$

$$n = n_0(1 + 0,003 \cdot \lg N_p), \text{ \%} \quad (5);$$

$$\zeta = \zeta_0(1 + 0,01 \cdot \lg N_p) \quad (6);$$

$$a = a_0[1 + 5,45 \cdot \lg(0,1 \cdot N_p)], \text{ мм/м} \quad (7),$$

бунда:  $l_0 = 0,105$  мм,  $\gamma_0 = 1716$  кг/м<sup>3</sup>,  $n_0 = 0,358\%$ ,  $\zeta_0 = 0,561$ ,  $a_0 = 0,58$  мм/м.

Зичланиш коэффициенти қийматларини ўзгаришининг математик ифодаси қуйидаги кўринишга эга бўлди:

$$K_s^{BT} = \left( \frac{1}{325} \lg N + 1 \right) - \Delta K_s' \quad (8)$$

бунда  $K_s^{BT}$  -юклама таъсирида ўзгариши аниқланаётган зичланиш коэффициенти қиймати;

$\Delta K_s'$  -бошланғич зичланиш коэффициентини ҳисобга олувчи ортиш коэффициенти.



Йўл тўшамаси конструкциясини баҳолаш учун мустаҳкамлик тавсифларини (1) ифодада келтирилган боғлиқликлар таъсирида ишлашини ҳисобга олувчи усуллар ишлаб чиқиш керак бўлгани учун лаборатория ва дала шароитларида экспериментал тадқиқотлар ўтказилди.

Лаборатория шароитида тадқиқотлар ўтказиш учун аввал таъкидланган усул билан грунт намунаси тайёрланди. Тажрибалар 6 марта қайтарилиш билан, умумий ҳолда 470 та грунт намуналарида олиб борилди.

Намуналарда тажриба махсус қурилмали Маслов-Лурье асбобида ўтказилаётган вақтда юк қўйиш тартиби ва намлиги ўзгармасдан қолди. Тажриба давомида юкорида айтиб ўтилганидек, намликлар миқдори (0,55-0,70) $W_{оқ}$  бўлганда ҳар бир  $1, 10^1, 10^2, 10^3, 10^4, 10^5$  ва  $10^6$  марта юклама қўйишдан сўнг грунтларнинг мустаҳкамлик тавсифлари уларни қирқиб аниқланди. Шунингдек лаборатория шароитида грунтларнинг кўпчиш босимини қуритиш-намлаш ва юклама таъсир сонига, нам ўтказувчанлигини нисбий намлигига ва зичлигига, фильтрация коэффициентини юкламанинг таъсир сонига боғлиқлиги ўрганилди. Ўтказилган тажрибалар грунтларнинг хоссалари юкламани таъсир сони таъсирида ўзгаришини кўрсатади.

Дала шароитида амалда фойдаланилаётган автомобиль йўлларини йўл пойида ўтказилган тадқиқотлар вақт давомида бошланғич зичлашиш коэффициенти ўзгармаслигини кўрсатади.

Намни намланиш манбалари ва фазавий таркибига кўра ажратиш учун Сирдарё ва Тошкент вилоятидаги фойдаланилаётган автомобиль йўлининг йўл пойини тажриба бўлагида жойлаштирилган шурф кўринишидаги секциялардан фойдаланилди. Йўл тўшамаси 0,1 м лик асфальтбетон қопламаси ва 0,22 м лик қум-шағал аралашмали асосдан иборат. Ҳар бир секциянинг ўлчами 0,5x0,7 м. Секциялар орасидаги масофа 2 м ни ташкил қилади. Ҳар уччала секциялар периметрлари бўйича 1,5 м чуқурликкача икки қаватли полиэтилен плёнкали ғилоф билан ҳимояланган. Шурфдаги грунтни кўлда зичлаштириш усулида, бошланғич намлик  $W_B=10(\pm 0,2)\%$  да, талаб этилган  $K_3=0,98$  зичланиш коэффициентигача зичлаштирилди. Уланиш жойларига битум қуйилди. Йўл пойи грунтининг зичланишини ДОРНИИ ургичи ва бу асбоб учун ишлаб чиқилган номограмма ёрдамида жорий назорат қилиб борилди. Бундан ташқари кесувчи ҳалқада ҳам зичликни назорат қилиш учун намуналар олинди. Шурфни грунт билан тўлдириб, кераклича зичлаштирилгач, барча секциялар мавжуд йўл қопламасидаги қатламлар каби қатламлар билан қопланди.

Биринчи секциянинг устини йўл пойи юзасидан 0,1 м чуқурликда жойлашган полиэтилен плёнка билан ёпилди. Унинг остига 0,1 м қалинликдаги 5-10 мм ўлчамли ювилган гравийдан тузилган капилляртўсгич қатлам тўшалди. Ушбу секция пастдан миграцияланувчи буғсимон намнинг миқдорини аниқлашга мўлжалланган.

Иккинчи секция капиллярлар орқали миграцияланувчи суюқ фазадаги намнинг миқдорини аниқлашга мўлжалланган. Унда ҳам йўл пойининг

устини полиэтилен плёнкали ғилоф билан ёпилди. Биринчи секциядан фаркли ўлароқ, бу ерда капилляртўсгич қатлам тўшалмади.

Учинчи секция фақатгина инфильтрацион (юқоридан кирадиган) намнинг миқдорини аниқлаш учун мўлжалланган. Шунинг учун бу секциянинг остини пастдан миграцияланувчи капилляр ва диффузион намнинг кўтарилишини тўсиш учун полиэтилен плёнка билан химоялаб, устини эса химояланмади. Бундан ташқари, йўл пойи грунтининг намлигини аниқлаш учун секциялар ёнида чуқурлиги 1,5 м бўлган бурғу кудуқлар қазилди.

Намликларни аниқлашни энг кўп нам тўплаш даврида, яъни март ойида бургеолог ёрдамида намуналар олиш билан амалга оширилди.

Секциялардаги ва бурғу кудуқлардаги намликларни аниқлаш натижалари йўл пойининг юқориги ярим метр қатламида намлик атмосфера ёғинларининг юқоридан инфильтрацияси ҳисобига ва пастдан грунт сувларидан сув буғларининг термодиффузияси кўринишида тўпланишини кўрсатди. Агар йўл пойининг жами қалинлигини (0–1,4 м) олинса, у ҳолда инфильтрация қисми камайиб, капилляр сувларини (буғ ва суюқ ҳолда) таъсири ошиши кузатилади.

Дала шароитида автомобиль йўлларининг йўл пойи грунтларини мустаҳкамлик тавсифларини аниқлаш бўйича ҳам махсус тадқиқотлар олиб борилди.

Бунинг учун кўтарма баландлиги 1,30 м бўлган, 300 м лик тажриба йўл бўлагида қулай намликдаги енгил чангли супесь қалинлиги 0,4 м дан қилиб А-12 виброкаток ёрдамида 0,96 зичланиш коэффициентигача зичлаштирилди. Йўл пойининг устига қуйидагича тузилмага эга бўлган йўл тўшамаси қурилди: совуқ асфальтбетондан қоплама, қалинлиги- $h_1=0,10$  м; асоснинг юқори қатлами қора чақиқ тош, қалинлиги- $h_2=0,14$  м; кум шағал аралашмасидан асоснинг остки қатлами- $h_3=0,16$  м. Бу йўлдаги ўртача суткалик ҳаракат миқдори 850 авт/сут. бўлиб, у қуйидаги таркибга эга: енгил автомобиллар–60 %, 1-2 т юк кўтарувчи автомобиллар–10 %, 2-5 т юк кўтарувчи автомобиллар–25 %, автобуслар–5 %.

Тажриба йўл бўлаги 50 м лик секцияларга бўлинди. Ҳисобий юкламани кўйилишини жами ҳисобий сони МҚН 46-2008 бўйича ҳисоблаб топилди. Ҳар бир  $1, 10^1, 10^2, 10^3, 10^4$  марта ҳисобий юкламанинг кўйилишидан сўнг, секцияларда олтитадан шурфлар қазилди. Йўл пойининг устки қатламида қуйидаги кўрсаткичлар: боғланиш кучи  $C_{zp}$  ва ички ишқаланиш бурчаги  $\varphi_{zp}$  бир текисликли айланма кескич ёрдамида; намлик (тарози усулида), грунтнинг зичлиги ( $5 \times 10^{-4}$  м ҳажмли кесувчи ҳалқа усулида) аниқланди.

Ҳар бир нуқтадаги тажрибаларнинг минимал қиймати натижаларнинг керакли ишончилигини таъминлаш ҳисобидан белгиланди. Ҳисобий тавсифларни аниқлашда вариация коэффициенти ўртача қуйидагига тенг бўлди: намликда  $c_v^w=0,08$ ; зичланиш коэффициенти  $c_v^p=0,09$ ; боғланиш кучи  $c_v^c=0,09$ ; ички ишқаланиш бурчаги  $c_v^o=0,15$ . Вариация коэффициентини бу

қийматлари 4-жадвални тузишда фойдаланилди. Худди шундай жадвал лёссимон энгил чангли суглиноклар учун ҳам тузилган.

Лаборатория ва дала шароитида ўтказилган тадқиқотларни натижасини статистик қайта ишланиб мустаҳкамлик тавсифларини кўп марта ва қисқа вақт таъсир қилувчи юкламалар таъсири сони  $N_p$ , ҳисобий намлик  $W_{\text{ХИС}}$  ва зичлашиш коэффиценти  $K_3$  га боғлиқ ҳолда аниқлаш учун қуйидаги эмперик ифодалар таклиф қилинди.

Лёссимон энгил чангли супеслар учун:

$$C = C_0 (1 - 0,031 \lg N_p) - \Delta C'_w (2,35 W_{\text{ХИС}} - 1,29) + \Delta C'_{K_3} (15,59 K_3 - 14,51) \quad (9)$$

$$\varphi = \varphi_0 (1 - 0,032 \lg N_p) - \varphi'_w (1,72 W_{\text{ХИС}} - 0,95) \quad (10)$$

бунда  $C_0$ -боғланиш кучи қийматининг юкламалар қўйилиш сонига кўра камайишини ҳисобга олувчи коэффицент;

$W_{\text{ХИС}} = 0,55 W_{\text{ОҚ}}$  ва  $K_3 = 0,94$  да  $C_0 = 0,031$  МПа;

$\Delta C'_w$  -солиштирма боғланиш кучининг  $W_{\text{ХИС}}$  га нисбатан камайишини ҳисобга олувчи коэффицент,  $W_{\text{ХИС}} = 0,55 W_{\text{ОҚ}}$  ва  $K_3 = 0,94$  да  $\Delta C'_w = 0,031$  МПа;

$\Delta C'_{K_3}$  -боғланиш кучининг  $K_3$  га нисбатан камайишини ҳисобга олувчи коэффицент,  $K_3 = 0,94$  ва  $N_p = 1$  да  $\Delta C'_{K_3} = 0,031$  МПа.

$\varphi_0$  -ички ишқаланиш бурчагининг юкламалар қўйилиш сони  $N_p$  га кўра камайишини ҳисобга олувчи коэффицент,  $N_p = 1$  ва  $W_{\text{ХИС}} = 0,55 W_{\text{ОҚ}}$  да  $\varphi_0 = 0,31^\circ$ ;

### 3-жадвал

#### Лёссимон энгил чангли супеснинг мустаҳкамлик тавсифлари

Намлик, $W_{\text{ОҚ}}$ улушлар ида	Зичланиш коэффици- енти $K_3$	Ички ишқаланиш бурчаги, град./боғланиш кучи, МПа, жами юкламалар таъсир сони $\Sigma N_p$ қийматларида						
		1	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$
0,55	0,94	$\frac{31}{0,031}$	$\frac{29,7}{0,030}$	$\frac{28,5}{0,029}$	$\frac{27,5}{0,028}$	$\frac{26,5}{0,028}$	$\frac{25,7}{0,027}$	$\frac{25}{0,027}$
	0,96	$\frac{31}{0,039}$	$\frac{29,7}{0,038}$	$\frac{28,5}{0,036}$	$\frac{27,5}{0,034}$	$\frac{26,5}{0,032}$	$\frac{25,7}{0,032}$	$\frac{25}{0,030}$
	0,98	$\frac{31}{0,049}$	$\frac{29,7}{0,047}$	$\frac{28,5}{0,045}$	$\frac{27,5}{0,043}$	$\frac{26,5}{0,041}$	$\frac{25,7}{0,039}$	$\frac{25}{0,038}$
	1,00	$\frac{31}{0,060}$	$\frac{29,7}{0,058}$	$\frac{28,5}{0,056}$	$\frac{27,5}{0,054}$	$\frac{26,5}{0,052}$	$\frac{25,7}{0,050}$	$\frac{25}{0,048}$
0,60	0,94	$\frac{27}{0,028}$	$\frac{26}{0,027}$	$\frac{25}{0,026}$	$\frac{24}{0,025}$	$\frac{23,2}{0,024}$	$\frac{21,8}{0,023}$	$\frac{21}{0,022}$
	0,96	$\frac{27}{0,036}$	$\frac{26}{0,035}$	$\frac{25}{0,033}$	$\frac{24}{0,032}$	$\frac{23,2}{0,030}$	$\frac{21,8}{0,028}$	$\frac{21}{0,026}$

	0,98	$\frac{27}{0,044}$	$\frac{26}{0,042}$	$\frac{25}{0,040}$	$\frac{24}{0,038}$	$\frac{23,2}{0,036}$	$\frac{21,8}{0,035}$	$\frac{21}{0,034}$
	1,00	$\frac{27}{0,054}$	$\frac{26}{0,052}$	$\frac{25}{0,050}$	$\frac{24}{0,048}$	$\frac{23,2}{0,046}$	$\frac{21,8}{0,044}$	$\frac{21}{0,042}$
0,65	0,94	$\frac{24}{0,024}$	$\frac{23,2}{0,023}$	$\frac{22,4}{0,022}$	$\frac{21,7}{0,021}$	$\frac{21}{0,020}$	$\frac{20,3}{0,020}$	$\frac{20}{0,019}$
	0,96	$\frac{24}{0,031}$	$\frac{23,2}{0,030}$	$\frac{22,4}{0,028}$	$\frac{21,7}{0,026}$	$\frac{21}{0,024}$	$\frac{20,3}{0,023}$	$\frac{20}{0,22}$
	0,98	$\frac{24}{0,040}$	$\frac{23,2}{0,038}$	$\frac{22,4}{0,036}$	$\frac{21,7}{0,035}$	$\frac{21}{0,033}$	$\frac{20,3}{0,032}$	$\frac{20}{0,030}$
	1,00	$\frac{24}{0,049}$	$\frac{23,2}{0,047}$	$\frac{22,4}{0,045}$	$\frac{21,7}{0,043}$	$\frac{21}{0,042}$	$\frac{20,3}{0,040}$	$\frac{20}{0,038}$
0,70	0,94	$\frac{23}{0,019}$	$\frac{22,2}{0,018}$	$\frac{21,4}{0,017}$	$\frac{20,7}{0,016}$	$\frac{20}{0,016}$	$\frac{19,3}{0,015}$	$\frac{19}{0,015}$
	0,96	$\frac{23}{0,027}$	$\frac{22,2}{0,026}$	$\frac{21,4}{0,024}$	$\frac{20,7}{0,023}$	$\frac{20}{0,022}$	$\frac{19,3}{0,020}$	$\frac{19}{0,018}$
	0,98	$\frac{23}{0,036}$	$\frac{22,2}{0,034}$	$\frac{21,4}{0,033}$	$\frac{20,7}{0,031}$	$\frac{20}{0,030}$	$\frac{19,3}{0,028}$	$\frac{19}{0,026}$
	1,00	$\frac{23}{0,043}$	$\frac{22,2}{0,041}$	$\frac{21,4}{0,039}$	$\frac{20,7}{0,038}$	$\frac{20}{0,037}$	$\frac{19}{0,036}$	$\frac{19}{0,034}$

$\varphi'_w$  -ички ишқаланиш бурчагининг ҳисобий намлик  $W_{xuc}$  га кўра камайишини ҳисобга олувчи коэффициент,  $N=1$  ва  $W_{xuc}=0,55W_{ок}$  да  $\varphi'_w=31^\circ$ .

Лёссмон энгил чангли суглиноклар учун:

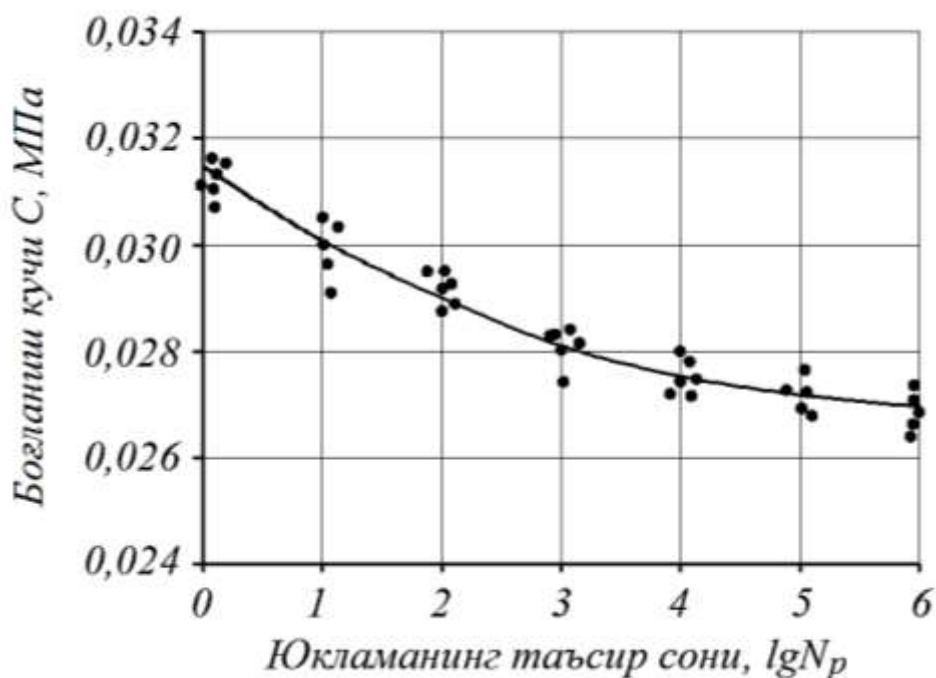
$$C = C_0 (1 - 0,035 \lg N_p) - \Delta C'_w (2,5W_{xuc} - 1,375) + \Delta C'_{K_3} (1,17 K_3 - 1,1), \quad (11)$$

бунда  $w_{xuc}=0,55W_{ок}$ ,  $K_3=0,94$  ва  $N_p=1$  да  $C_0=0,04$  МПа,  $\Delta C'_w=0,04$  МПа ва  $\Delta C'_{K_3}=0,04$  МПа.

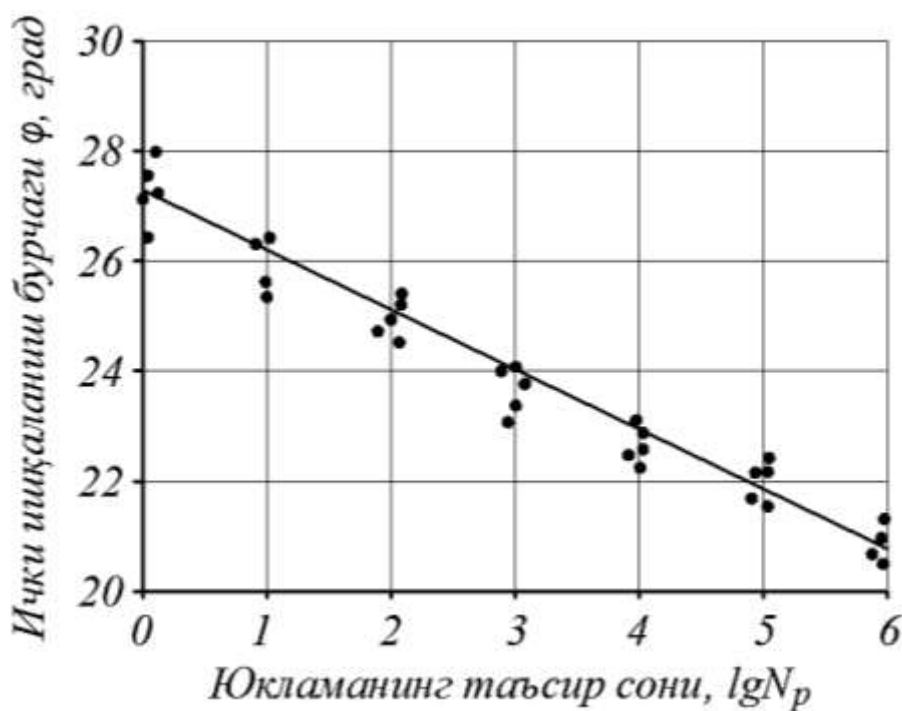
$$\varphi = \varphi_0 (1 - 0,034 \lg N_p) - \varphi'_w (3,45 W_{xuc} - 1,9) \quad (12)$$

бунда  $N=1$  ва  $W_{xuc}=0,55W_{ок}$ ,  $K_3=0,94$  да  $\varphi_0$  ва  $\varphi'_w=29^\circ$ .

Тажриба натижасида таклиф қилинган ифодалар ёрдамида аниқланган қийматларга асосан лёссмон энгил чангли супеснинг  $K_3$ ,  $W_{xuc}$  ва  $N_p$  ларга боғланиш кучини  $N_p$ га боғлиқлиги 2-расмда ва ички ишқаланиш бурчагининг боғлиқлиги 3-расмда келтирилган.



2-расм. Лёссимон енгил чангли супеснинг боғланиш кучини кўп марта ва қисқа таъсир қилувчи юкламанинг таъсир сонига боғлиқлик графиги  
 •-тажрибада олинган нуқталар, — назарий чизик;  $K_3=0,96$ ;  $W_{\text{хис}}=0,60W_{\text{оқ}}$



3-расм. Лёссимон енгил чангли супеснинг ички ишқаланиш бурчагини кўп марта ва қисқа таъсир қилувчи юкламанинг таъсир сонига боғлиқлик графиги

• - тажрибада олинган нуқталар, — назарий чизик;  $K_3=0,96$ ;  $W_{\text{хис}}=0,60W_{\text{оқ}}$

**Тўртинчи – “Амалий кўрсатмалар”** бобида йўл пойи ишчи қатлам грунтининг мустаҳкамлик тавсифларини белгилашга оид кўрсатмалар ва уларни амалиётда қўллашдан олинадиган самарадорликни баҳолаш мезонлари келтирилган.

Йўл тузилмасини силжишга мустаҳкамликка ҳисоблашда йўл пойи ишчи қатламини ички ишқаланиш бурчаги  $\varphi_{ep}$  ва боғланиш кучи  $C_{ep}$  ларнинг қийматларидан фойдаланилади. Грунтларнинг мустаҳкамлик тавсифлари уларни намлигига, зичлигига ва юкламани қўйилиш сонига боғлиқ бўлади. Лёссимон грунтларнинг жами юкламалар қўйилиш сони  $\sum N_p=1, 10^1, 10^2, 10^3, 10^4, 10^5$  ва  $10^6$  учун нисбий ҳисобий намлик ва зичланиш коэффициентига кўра мустаҳкамлик тавсифларининг қийматлари лёссимон енгил чангли супесли грунт учун 4-жадвалда келтирилган. Агар диссетация ҳда келтирилган ткалиф қилинган жадваллар бўлмаса уларнинг қийматини грунт турларига қараб (9-12) ифодалардан ҳисоблаб топилади. Бунда белгиланган  $W_{хис}$  намликдаги грунтнинг бошланғич зичлиги автомобиль йўлларини лойиҳалаш бўйича ШНҚ 2.05.02-07 АЙ талабларига жавоб бериши лозим.

Лёссимон грунтларнинг ҳисобий намлиги  $W_{ХИС}$  (оқувчанлик чегарасидаги намликка  $W_{ОҚ}$  нисбатан бирликда) ни аниқлаш учун унинг ўртача кўп йиллик намлиги  $\bar{w}$  ҳақидаги маълумотлари керак бўлади. Мукаммаллашган қопламали, анъанавий асослар (шебен, шағал ва бошқалар) даги йўл тўшамали автомобиль йўли пойининг фаол қатламидаги лёссимон грунт намлиги йилнинг энг ноқулай (баҳорги) давридаги ўртача қийматлари 1-жадвалда келтирилган. Агар бу жадвал бўлмаса ҳисобий намлик миқдорини (2) ифода ёрдамида ҳисоблаш лозим.

Тадқиқот натижаларининг иқтисодий самарадорлигини мезони сифатида таклиф қилинган силжишга мустаҳкамлик тавсифлари ёрдамида ҳисоблаб чиқилган кўп қатламли йўл тўшамасини уни амалдаги меъёрий ҳужжатларга асосан танланган тузилма билан солиштирилади.

Солиштирилаётган йўл тўшамаларининг асфальтобетон қопламаларида улардан фойдаланиш даврида ҳосил бўладиган деформацияларини ҳисобга олиш уларнинг тузилма қатламларининг қалинлигини ўзгартиришга олиб келади. Бу уларни хизмат муддатини ўзгартиради. Шунинг учун қулай вариантни танлашда қопламанинг хизмат муддатини ҳисобга олиш асосий мезон бўлади.

Ишлаб чиқилган кўрсатмаларни амалиётда қўллашдан олинадиган самарадорликни баҳолаш учун мисол тариқасида III-техник тоифали автомобиль йўлида иккита вариант тузилмаси кўрилди. Ҳисоб ишлари 1 км йўлнинг хизмат муддатини 1 йилга ошириш бир йилда 60 млн. сўм иқтисод қилинишини кўрсатади.

## ХУЛОСА

1. Йўл пойи лёссимон грунтининг меъёрий зичланган ҳолатида унга қўйилган кўп марталик юклама таъсирида мустаҳкамлик тавсифлари

камаяди. Бу ўзгаришни сабабини тадқиқот ишида таърифланган йўл грунтшунослигига оид назариялар асосида шакллантирилган грунтларни зичлаш жараёнида ҳосил бўлган агрегатли ҳолати бўйича тушунчалар ёрдамида тушунтирилади.

2. Лаборатория ва дала шароитида ўтказилган тадқиқотлар кўп марталик юкламалар таъсирида мустаҳкамлик тавсифларининг ўзгаришини лёссимон грунтларнинг намлигига, зичлигига ва юкламалар кўйилиш сонига боғлиқлигини кўрсатди.

3. Лёссимон грунтли йўл кўтармаларининг мустаҳкамлик тавсифларини аниқлаш учун капилляр, диффузия ва инфильтрация сувлари билан намланадиган ишчи қатламнинг ҳисобий конструктив ечими-чизмаси таклиф қилинди. Бу йўл тўшамасини лойиҳалашга оид ишчи қатламнинг мустаҳкамлик кўрсаткичларини белгилаш бўйича функционал боғлиқликлар олиш имконини берди.

4. Мавжуд автомобиль йўллари пойининг лёссимон грунтли ишчи қатламини мустаҳкамлик кўрсаткичлари аниқланди ва улар тури, зичлиги ва намлиги бўйича дифференциалланди.

5. Йўл пойи лёссимон грунтга кўп марталик юклама таъсир қилганда намлик  $W=(0,8-1,0)W_{оқ}$  бўлганда қолдиқ деформацияси рўй беради,  $W=(0,5-0,79)W_{оқ}$  бўлганда шакл ўзгариш деформацияси содир бўлади.

6. Автомобиль йўли кўтармасидаги лёсс ва лёссимон грунтларнинг зичлиги йилни мавсумларида ва кўп йиллик кесимда ўрганилди. Дала тадқиқот ишлари, жойнинг текислик рельефи шароитида, автомобиль йўл кўтармасининг зичлиги ўзгармаслигини, лекин лёссимон грунтларнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари – боғланиш кучи ва ички ишқаланиш бурчаги камайишини кўрсатади.

7. Ўтказилган тадқиқотлар натижалари ҳамда илмий ишланмалар ва назарий янгиликлар 5 та йўл соҳасига оид меъёрий ҳужжатлар ишлаб чиқишда фойдаланилди, шунингдек, дарслик ва ўқув қўлланмаларига киритилди.

8. Тадқиқот натижаларида олинган мустаҳкамлик кўрсаткичлардан йўл тўшамаларини лойиҳалаш даврида ҳисобга олинганда йўл тўшамасининг хизмат муддатида эксплуатацион харажатларнинг камайиши ҳисобига иқтисодий самара 1 км йўлга йилига 60 млн. сўмни ташкил қилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ ПО  
ПРОЕКТИРОВАНИЮ, СТРОИТЕЛЬСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ,  
СТРОИТЕЛЬСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

**МАХМУДОВА ДИЛФУЗА АБДУЛАЗИЗОВНА**

**ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЁССОВЫХ ГРУНТОВ  
РАБОЧЕГО СЛОЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПОДВЕРЖЕННЫХ  
МНОГОКРАТНЫМ НАГРУЗКАМ**

**05.02.09 - Основания, фундаменты и подземные сооружения. Мосты и  
транспортные тоннели. Дороги, метрополитены**

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

**Ташкент-2020**



**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В 2019.3. PhD/Т1364.**

Диссертация выполнена в Ташкентском институте по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог.

Автореферат диссертации на двух языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу [www.taii.uz](http://www.taii.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу [www.ziyo.net](http://www.ziyo.net).

**Научный руководитель:**

**Каюмов Абдубаки Джалилович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Расулов Хаят Заирович**  
доктор технических наук, профессор

**Бекмирзаев Диёрбек Абдугаппарович**  
PhD, старший научный сотрудник

**Ведущая организация:**

**Самаркандский государственный  
архитектурно-строительный институт**

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_ 2020 года в \_\_\_ часов на заседании Научного совета DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 при Ташкентском институте по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог (Адрес: 100060, г. Ташкент, проспект А.Темура, 20.Тел./факс: (99871) 232-14-79, e-mail: [tadi\\_info@edu.uz](mailto:tadi_info@edu.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог (зарегистрирована за №\_\_\_). Адрес:100060, г.Ташкент, проспект А.Темура, 20. Тел.: (99871) 232-14-39.

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 года.  
(реестр протокола рассылки № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 года).

**А.А.Рискулов**  
Председатель научного совета  
по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

**Р.А.Абдурахманов**  
Ученый секретарь научного совета по  
присуждению учёных степеней, PhD, доцент

**И.С.Садыков**  
Председатель Научного семинара при научном совете  
по присуждению учёных степеней д.т.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** Особо важное значение имеет применение лёссовых грунтов при проектировании и строительстве автомобильных дорог. Лёссовыми грунтами покрыты огромные территории стран мира, такие как Австралия, Соединенные Штаты Америки, Мексика, Египет, Пакистан, Индия, Китай, Иран и они широко используются в дорожном строительстве. В частности, лёссы и лёссовые грунты занимают территории центральной и южной частей Центральной Азии, то есть более 25% от общей площади Узбекистана, Таджикистана, Туркменистана, Казахстана и Афганистана. В частности, более 70% территории страны составляют лёссы и лёссовые породы, большинство существующих сооружений построены на этих породах. В связи с этим изучение свойств лёссовых грунтов, в частности, оценка устойчивости земляного полотна сооруженного из земляного полотна является одной из актуальных задач современности.

В мире при процессе проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог особое значение имеет проведение целенаправленных научных исследований для обоснования прочности лёссовых грунтов земляного полотна автомобильной дороги. В связи с этим одной из важных задач является разработка конструктивного решения для обоснования расчетных характеристик рабочего слоя лёссовых грунтов под воздействием многократных и кратковременных нагрузок, совершенствование методов оценки свойств, плотности и прогнозирования влажности лёссовых грунтов на существующих дорогах, а также обоснование прочностных показателей.

В настоящее время в республике уделяется особое внимание повышению качества транспортных и коммуникационных систем, в том числе качеству при проектировании, строительстве и эксплуатации дорог. В связи с этим достигаются значительные результаты, в частности, в совершенствовании способов повышения прочности слоев дорожного покрытия за счет улучшения их механических характеристик. В связи с этим необходимо усовершенствовать методы расчета, которые позволяют продлить срок службы строящихся автомобильных дорог и их реконструкции в процессе эксплуатации, с учетом, в частности, нагрузки от транспортных средств. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы, в частности, ставится задача «... реализация целевых программ по развитию и модернизации автомобильного транспорта, инженерно-коммуникационной и социальной инфраструктуры,...»<sup>1</sup> Важным для реализации этой задачи, в частности, является проведение исследований по совершенствованию конструктивного решения, позволяющего обосновать расчетные характеристики лёссовых грунтов рабочего слоя, на основе

---

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

которого усовершенствуются методы определения функциональных зависимостей для определения показателей прочности и влажности, а также методов оценки экономической эффективности.

В Указе Президента Республики Узбекистан от 9 декабря 2019 года УП-5890 «О мерах по глубокому реформированию системы дорожного хозяйства Республики Узбекистан» отмечается, что развитие современной сети автомобильных дорог, с учетом географического расположения республики, является первостепенной задачей для повышения конкурентоспособности отечественной экономики, развития транспортного потенциала республики и расширения экспортных возможностей<sup>2</sup>.

Исследования диссертации в определенной степени служат для выполнения задач, отмеченных в Указах Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года за №УП4947 «О Стратегии Действия по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017...2021 гг.», №УП-4954 от 14 февраля 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления дорожным хозяйством», №ПП-2776 от 14 февраля 2017 года «Об организации деятельности Государственного комитета Республики Узбекистан по автомобильным дорогам и Республиканского дорожного фонда при Кабинете Министров Республики Узбекистан, а также других нормативно-правовых актов, касающихся данной деятельности.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. «Геология-минералогия, сейсмология, сейсмобезопасность, гидрометеорология, безопасность и чрезвычайные ситуации».

**Степень изученности проблемы.** Изучением состава и типа лёссовых грунтов земляного полотна автомобильных дорог под воздействием кратковременных и многократных нагрузок, а также теоретические и практические исследования с моделированием воздействия этих нагрузок на расчетные характеристики грунтов занимались научные центры, университеты и научно-исследовательские институты ведущих стран, таких как: Department of Infrastructure, Planning and Natural Resources (Австралия), International Center of Pavement Research and Technology (Китай), Magazyn Autostrady, Budownictwo drogowo-mostowe (Польша), Российский дорожный научно-исследовательский институт (РосдорНИИ), Московский автомобильно-дорожный институт (МАДИ-ТУ), Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт (КаздорНИИ), Белорусский Национальный технический университет (БНТУ), Киевский автомобильно-дорожный институт (КАДИ), Научно исследовательский институт

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан УП-5890 «О мерах по глубокому реформированию системы дорожного хозяйства республики Узбекистан» от 9.12.2019 г.

автомобильных дорог при Министерстве Транспорта Республики Узбекистан.

Изучением лессовых грунтов земляного полотна и их физико-механических свойств занимались многие ученые мира и нашей страны: М.Д. Бража, G.P. David, W. Kuhn, B.G. Neal, П.Б. Бабаханов, Е.М. Сергеев, Х.З. Расулов, Б.Б. Каримов, А.К. Ларионов, Г.А. Мавлянов, А.Д. Каюмов, С.М. Касымов, Н.Н. Маслов, И.И. Трофимов, Х.Л. Рахматуллаев, А.З. Хасанов и другие.

Влияние многократных и кратковременных нагрузок на грунт исследовали В.Ф. Бабков, Ю.М. Васильев, Н.Н. Иванов, В.Д. Казарновский, Г.С. Канаян, А.С. Лapidус, А.С. Пилипенко, Н.В. Seed, В.М. Смирнов и другие ученые. Анализ исследований этих ученых показывает, что многократные и кратковременные нагрузки представляют собой сложные процессы в грунтах. В то же время было проведено мало исследований с моделированием по поведению грунтов под воздействием многократных и кратковременных нагрузок с учетом состояния прочности, структурных особенностей, плотности и влажности. В частности, можно сделать вывод, что прочностные характеристики против сдвига лессовых грунтов земляного полотна автомобильных дорог под воздействием повторяющихся нагрузок не изучались.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.**

Научно-исследовательские работы проводились в рамках плана исследований Ташкентского института по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог в соответствии с темами ГКНТ Республики Узбекистан на 1992-2018 годы: «Теоретические исследования формирования структуры лессовых грунтов и совершенствование теории уплотнения в условиях Узбекистана»; Определение нормативных характеристик грунтов земляного полотна автомобильных дорог с учетом региональных условий Республики Узбекистан»; А-5-039 «Разработка оптимальных конструкций дорожных насыпей с использованием лёссовых грунтов в условиях Узбекистана»; ОТ-А14-24 «Оценка влияния повторяющихся нагрузок на основания сооружений и разработка устойчивых конструкций».

**Целью исследования** является усовершенствование методов обоснования прочностных характеристик лессовых грунтов земляного полотна под воздействием многократных и кратковременных нагрузок.

**Задачи исследования:**

усовершенствование конструктивных решений для обоснования прочностных характеристик грунтов земляного полотна существующих автомобильных дорог, в соответствии с этим разработка рабочей гипотезы объясняющей их, а также определение показателей функциональных зависимостей;

усовершенствование устройства передающего многократные и кратковременные нагрузки на грунт при определении прочностных характеристик в лабораторных условиях;

совершенствование методов оценки свойств, плотности и влажности лессовых грунтов земляного полотна существующих автомобильных дорог в полевых условиях на основе существующих методов;

совершенствование методов оценки экономической эффективности использования прочностных показателей лёссовых грунтов примененных в практике с учетом числа приложений многократных и кратковременных нагрузок.

**Объектом исследования** являются автомобильные дороги построенные из широко распространенных лессовых грунтов на территории Республики Узбекистан.

**Предметом исследования** являются показатели прочностных характеристик лессовых грунтов земляного полотна.

**Методы исследования.** Плотности, влажности, а также прочностные характеристики лёссовых грунтов исследовались в лабораторных, а также в опытных участках дорог. При обработке результатов использованы методы статистической обработки.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в следующем:

усовершенствованы существующие конструктивные решения по определению прочностных характеристик лёссовых грунтов земляного полотна дорог под воздействием многократных нагрузок в условиях Узбекистана в зависимости от влажности, плотности и количества приложения нагрузки;

усовершенствована методика определения расчетной влажности грунтов земляного полотна на основе изучения источников увлажнения;

усовершенствованы существующие закономерности изменения свойств лессовых грунтов земляного полотна под воздействием многократных нагрузок;

усовершенствованы на основе существующих зависимостей выражения по определению прочностных характеристик лессовых грунтов земляного полотна с учетом влажности, плотности и количества приложения повторяющейся нагрузки.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

усовершенствованы значения прочностных характеристик лессовых грунтов при требуемой плотности и расчетной влажности с учетом воздействия многократных и кратковременных нагрузок, а также метод определения расчетной влажности;

в лабораторных условиях усовершенствованы методы определения расчетных характеристик разных видов лёссовых грунтов в различной влажности и плотности с учетом определения прочностных показателей;

усовершенствовался прибор - одноплоскостной вращательный срез, для определения прочностных характеристик лессовых грунтов на существующих автомобильных дорогах;

в результате проведенных исследований разработаны рекомендации по назначению прочностных характеристик лессовых грунтов земляного полотна под воздействием многократно повторяющихся нагрузок.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследований основана на фундаментальных принципах автомобильных дорог, грунтоведения и механики грунтов, использовании современных методов и инструментов для проведения экспериментальных исследований, согласованности полученных результатов, реализации выводов, предложений и рекомендаций, результатов, полученных уполномоченными организациями. и основывается на результатах испытаний, проведенных на лессовых грунтах.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научное значение результатов исследования обоснованы разработанными конструктивными решениями и функциональными аналитическими зависимостями между прочностными характеристиками лессовых грунтов рабочего слоя дорожных насыпей под воздействием многократных нагрузок и нормами плотности и влажности и усовершенствует теорию расчета конструкции дорожных одежд.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что проектирование дорожной конструкции с учетом нормы плотности и влажности а также прочностных характеристик лессовых грунтов под воздействием повторяющихся нагрузок приводит к увеличению срока службы дорожных одежд и к улучшению их свойств.

**Внедрение результатов исследования:** Научные результаты, полученные при разработке прочностных характеристик лессовых грунтов под воздействием многократных и кратковременных нагрузок:

внедрены в проектировании конструкции дорожных одежд автомобильной дороги “4К694 Май-Багиш” (Справка ООО YO`LINJINIRING LOYINA №20/20 от 5 марта 2020 года). В результате внедрения срок службы дорожного покрытия был увеличен на 2 года. Экономическая эффективность на 1 км дороги составила 60 млн. сумов в год;

основные результаты исследований внедрены в нормативные документы дорожной отрасли, в частности, МКН 29-2007 “Правила контроля технологических норм степени уплотнения насыпей автомобильных дорог”, МКН 46-2008 “Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа”, ИКН 70-12 “Указания по проектированию регулирования водно-теплового режима земляного полотна”, ИКН 84-13 “Инструкция по нормам плотности грунтов автомобильных дорог различных регионов Узбекистана”, ИКН 121-17 “Инструкция по сооружению земляного полотна автомобильных дорог из грунтов повышенной влажности” (Справка Государственного Комитета Автомобильных дорог Республики Узбекистан №03/4608-2523 от

19 сентября 2019 года). В результате использования прочностных показателей лессовых грунтов создана возможность уменьшения эксплуатационных расходов в период срока службы дорожных одежд;

прочностные показатели, полученные в результате исследования внедрены при разработке конструкции дорожной одежды автомобильной дороги 4Р-150 Коканд-Мулкобод (Справка УП РУАД Дангаринского района Ферганской области Государственного Комитета автомобильных дорог Республики Узбекистан №12 от 5 февраля 2020 года). В результате достигается увеличение срока службы и экономическая эффективность 60 млн. сум в год.

основные результаты исследования внедрены при разработке нормативных документов дорожной отрасли (Справка №10/3-560 от 10 октября 2019 года Унитарного предприятия Автомобильно-дорожного научно-исследовательского института). В результате применения прочностных показателей срок службы покрытия увеличивается на 2 года, экономическая эффективность составляет 60 млн. сум в год.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования обсуждены на 5 международных и 10 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 40 научных работ. Из них 8 научных статей опубликованы в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD), в том числе 2 в зарубежных, 6 в республиканских журналах, 9 статьёй в научных журналах, 2 монографии. Результаты использованы при разработке 5 нормативных документов Республиканского масштаба, получено 1 авторское свидетельство.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 118 стр.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, выявлены объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием «Сущность проблемы и анализ состояния исследования» приведены обзор проведенных исследований и анализ существующих литературных источников по теме.

Известно, что более 25% общей площади центральной и южной части центральной Азии, а именно Узбекистана, Таджикистана, Туркменистана, Казахстана и Афганистана, покрыты лессами и лессовыми грунтами. В частности, более 70% общей площади республики составляют лессы и лессовые грунты, большинство существующих сооружений построены на этих грунтах.

Исследования проведенные вновь построенных автомобильных дорог в Узбекистане показали, что особое внимание следует уделить расчетным характеристикам грунтов, особенно их прочностных характеристик, Потому что прочностные характеристики со временем снижались из-за воздействия на них кратковременных и многократных нагрузок от движущегося транспортного средства.

На экспериментальном участке после прохождения  $10^3$  приведенных транспортных нагрузок на покрытии наблюдались мелкие трещины. По исследованиям прочностных характеристик грунта выявлено, что при коэффициенте уплотнения  $K_{\text{уп}} = 0,98$  и влажности  $W = 17,86\%$  значение силы сцепления  $C = 0,036$  МПа снизилось до  $C = 0,028$  МПа, а угол внутреннего трения от  $\varphi = 23^0$  до  $\varphi = 19^0$ . При этом коэффициент прочности по II критерию составил 0,98.

Одним из основных способов повышения прочности и долговечности дорожной одежды является регулирование водно-теплового режима земляного полотна автомобильных дорог. Потому что прочностные характеристики грунта непосредственно зависят от влажности и косвенно от тепла.

Следует отметить, что исследователи предложившие теоретические методы прогнозирования влагонакопления в земляном полотне выдвигают теорию о том что миграция влаги в земляном полотне осуществляется снизу вверх, а атмосферные осадки частично участвуют в этом виде осеннего переувлажнения и за счет поднятия уровня грунтовых вод, при этом из-за водонепроницаемости капитальных типов покрытия зимне-весенние атмосферные осадки напрямую не участвуют при увлажнении. Другими словами, методы теоретического прогнозирования рассматривали конструкцию дорожного покрытия как модель, которая не пропускает атмосферных осадков, и что содержание влаги происходит только снизу.

Анализ литературных и нормативных документов по строительству дорог, показывают, что в существующих методах расчета конструкции дорожных одежд не во всех случаях в достаточной степени учитываются воздействия кратковременных и многократных нагрузок от транспортных средств на прочностные лёссовых грунтов при эксплуатации автомобильных дорог. Кроме того, при определении прочностных характеристик лёссовых грунтов земляного полотна автомобильной дороги важно учитывать атмосферные осадки и источники капиллярных и диффузионных вод.

Исходя из вышеизложенного сформулированы цель и задачи исследования.



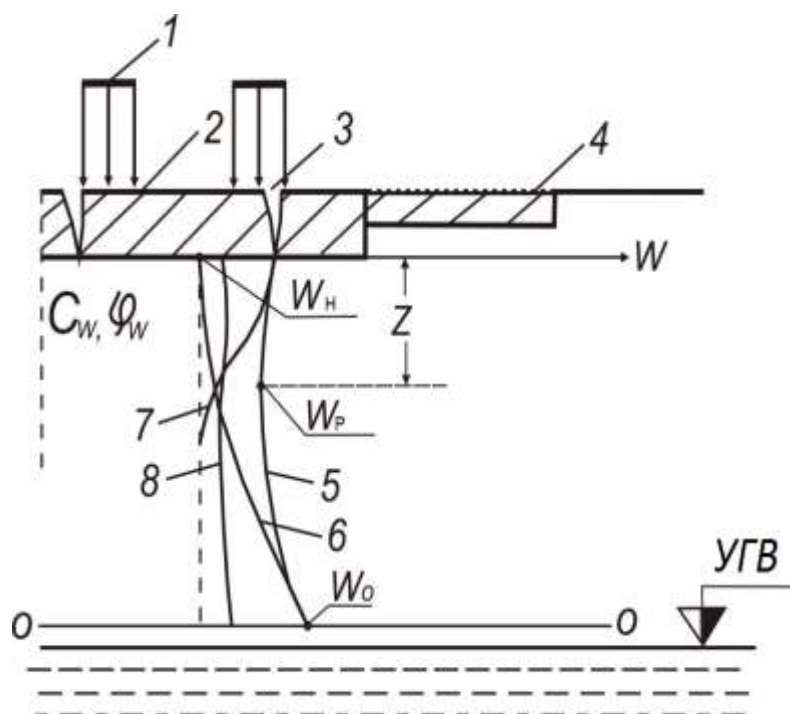
**Во второй главе диссертации** именуемой «Назначение прочностных характеристик лессовых грунтов рабочего слоя земляного полотна» изложены причины изменения прочности грунта рабочего слоя под воздействием кратковременных и многократных повторных нагрузок в процессе эксплуатации автомобильных дорог.

Результаты теоретических исследований показывают, что в одинаковой плотности и влажности под воздействием кратковременной и многократной нагрузки, с увеличением числа приложений нагрузки уменьшается угол внутреннего трения и сила сцепления лессовых грунтов.

При влиянии на уплотнённый грунт кратковременных и многократных нагрузок, под влиянием возникающих напряжений и вибраций происходит частичное разрушение уплотненных агрегатов на более мелкие. Происходит разрушение и изменение формы агрегатов и частиц грунтов. При определении общего удельного сцепления образцов грунта  $C_{sp}$ , состоящего из дополнительно раздавленных и деформированных агрегатов, по проф. Маслову, сцепление грунтов водно-коллоидной природы и обратимого характера  $\Sigma_w$  при влажности  $W$  остается постоянным, т.к. разрушаются структурные связи агрегатов и частиц, сформированные в природных условиях в длительное время. В результате уменьшается общее удельное сцепление грунтов  $C_{sp}$ . Известно, что шероховатость поверхности частиц и агрегатов определяют состояние угла внутреннего трения грунтов. После влияния на образец грунта кратковременной и многократной нагрузки и в результате раздробления крупных агрегатов на мелкие, шероховатость поверхности агрегатов и частиц уменьшается, в результате уменьшается угол внутреннего трения.

На ряду с грунтовыми водами поверхностные воды также играют важную роль при увлажнении земляного полотна, поэтому следует изучать влияние этих источников вместе. Потому что увлажнение происходит за счет поднятия грунтовых вод по капиллярам и инфильтрации атмосферных осадков через дорожную одежду и обочин.

Для анализа изменения прочностных характеристик лессовых грунтов под воздействием кратковременных и многократных нагрузок а также источников увлажнения можно воспользоваться рабочей схемой (рис.1)



**Рис.1. Схема для определения прочностных показателей грунтов рабочего слоя земляного полотна**

$W_{нач}$ -начальная влажность, %;  $W_{рас}$ -расчетная влажность, %;  $W_{тек}$ -влажность на границе текучести, %;  $C_w$ -сила сцепления, МПа;  $\varphi_w$ -угол внутреннего трения, град.;  $Z_a$ -активный (рабочий) слой, м.; 1-нагрузка от колес автомобиля; 2-дорожная одежда; 3-трещины на покрытии; 4-обочина; 5-общая влажность; 6-капиллярное поднятие влажности; 7-инфильтрационная влажность; 8-диффузионная влажность; УГВ- уровень грунтовых вод.

Рабочая схема дает возможность разработки выражения для определения прочностных характеристик лессовых грунтов земляного полотна с учетом расположения уровня грунтовых вод, состоянием плотности, влажности а также свойств грунтов. Выражение для определения прочностных характеристик лессов и лессового грунта рабочего слоя под дорожной одеждой имеет вид:

$$C, \varphi = f(K_y, N_p, W_p, I_p), \quad (1)$$

где  $K_y$ -коэффициент уплотнения, характеризующий плотность рабочего слоя земляного полотна;

$N_p$ -количество приложения кратковременной и многократной нагрузки;

$W_p$ -расчетная влажность грунтов;

$I_p$ -число пластичности.

По выражению (1) для определения прочностных характеристик земляного полотна прежде всего следует назначать значения для коэффициента уплотнения  $K_y$  и расчетной влажности  $W_p$ , которое определяется с учетом среднего значения многолетней влажности. Значение

$K_y$  назначается по ШНК 2.05.02-07 АД. Значения средней многолетней влажности лессовых грунтов  $\bar{w}$ , полученные при многолетних исследованиях, можно назначать согласно табл. 1.

Таблица 1

**Средние значения влажности лессовых грунтов**

Дорожно климатические зоны	Типы местности по условиям увлажнения	Средние значения влажности $\bar{w}$ , в долях $W_{тек}$
III	1	0,63
	2-3	0,67
IV	1	0,65
	2	0,68
	3	0,70

Расчетную влажность также можно определить по ниже приведенному математическому выражению. В этом случае основными источниками увлажнения являются инфильтрационные, диффузионные и капиллярные воды.

$$W_p = \frac{1}{1 + \frac{2}{\sqrt{\pi} \sqrt{a_*}} \exp \left[ -\frac{\eta^2}{4a_*} d \eta \right]} \left\{ \frac{C_1 a_1 \varepsilon_1}{a_0 \sqrt{a_*} \sqrt{1-a_*}} \int_0^\infty \exp \left( -\frac{\eta^2}{4} \right) d \eta + \frac{2W_n}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \exp \left[ -\frac{\eta^2}{4a_*} d \eta \right] \right\} \quad (2)$$

где  $\alpha_l$ —влагопроводность грунта, м<sup>2</sup>/сутка;

$\nu_l$ —коэффициент характеризующий фазовые изменения влаги, град.,1/час;

$W_n$ —начальная влажность, в долях единицы;

$a_0, a_*, C_1$ —соответственно коэффициенты зависящие от влагопроводности и начальной влажности грунта.

В третьей главе диссертации, именуемой—“**Обоснование прочностных характеристик лессовых грунтов рабочего слоя земляного полотна**” рассмотрены результаты исследований и статистической обработки данных по проведенным в лабораторных и полевых условиях экспериментов для изучения воздействия кратковременных и многократных нагрузок на структуру грунта и на показатели, характеризующие прочность грунтов.

В лабораторных и полевых условиях исследования проводились в различных лессовых грунтах с различным числом пластичности.

Для оценки влияния кратковременных и многократных нагрузок на прочностные характеристики и плотность грунта проводились лабораторные эксперименты. Образцы были подготовлены на кольце сдвигового прибора размерами высотой  $h=3,5$  см и диаметром  $d=7,1$  см (площадь сечения 40 см<sup>2</sup>), при влажности 0,50; 0,55; 0,60; 0,65; 0,70  $W_{тек}$  ( $W_{тек}$ —влажность грунта на границе текучести) с плотностью 0,94; 0,95; 0,96; 0,98; 1,00  $\rho_{dmax}$  ( $\rho_{dmax}$ —

плотность сухого грунта, определенная на приборе стандартного уплотнения, кг/м<sup>3</sup>).

В лабораторных условиях на подготовленные образцы прикладывали кратковременную и многократную нагрузку с помощью устройства, приспособленного к прибору Маслова-Лурье.

В ходе экспериментов на образцы циклически прикладывали вертикальную нагрузку от 0,01 до 0,30 МПа. При проведении эксперимента время действия вертикальной нагрузки на образец составило 0,1-0,3 секунд, а интервал между нагружениями 0,2-0,5 секунд. Число приложений кратковременной нагрузки фиксировали с помощью электросчетчика, установленного на приборе. После каждых 1, 10, 10<sup>2</sup>, 10<sup>3</sup>, 10<sup>4</sup>, 10<sup>5</sup>, 10<sup>6</sup> нагружений на шести уплотнённых образцах грунта определяли остаточную деформацию, которую определяли по индикатору установленному на кронштейне, закрепленном на рабочем столе прибора ГП-30.

После каждой серии нагружений на шести образцах исследовались свойства и их средние значения лессовидной легкой пылеватой супеси при влажности 0,9G (G-коэффициент насыщения влагой) (табл. 2.). Во всех случаях значения среднеквадратичной ошибки не превышало 5%.

**Таблица 2**

**Влияние кратковременной и многократной нагрузки на свойства грунта**

Свойства грунта	Σ N <sub>p</sub> , количество приложений кратковременной и многократной нагрузки							
	0	1	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>
Остаточная деформация, <i>l</i> , мм	0	0,010	0,182	0,328	0,437	0,546	0,656	0,765
Плотность образца грунта, <i>γ</i> , кг/м <sup>3</sup>	1709	1710	1718	1725	1730	1736	1741	1746
пористость, <i>n</i> , %	0,360	0,359	0,357	0,354	0,352	0,350	0,348	0,346
Коэффициент пористости, <i>ξ</i>	0,562	0,561	0,555	0,548	0,543	0,538	0,534	0,529
Модуль осадки, <i>a</i> , мм/м	0	0,40	5,20	9,37	12,48	15,60	18,74	21,86
Коэффициент фильтрации, <i>K<sub>φ</sub></i>		4·10 <sup>-4</sup>	3·10 <sup>-4</sup>	2·10 <sup>-4</sup>	1,4·10 <sup>-4</sup>	1,0·10 <sup>-4</sup>	0,7·10 <sup>-4</sup>	0,5·10 <sup>-4</sup>

Закономерности изменения свойств лессовых грунтов под воздействием многократно повторяющихся нагрузок можно изображать в виде:

$$l = l_0(1 + 1,05 \cdot \lg N_p), \text{ мм} \quad (3);$$

$$\gamma = \gamma_0(1 + 0,003 \cdot \lg N_p), \text{ кг/м}^3 \quad (4);$$

$$n = n_0(1 + 0,003 \cdot \lg N_P), \% \quad (5);$$

$$\xi = \xi_0(1 + 0,01 \cdot \lg N_P) \quad (6);$$

$$a = a_0[1 + 5,45 \cdot \lg(0,1 \cdot N_P)], \text{ мм/м}, \quad (7),$$

где  $l_0 = 0,105$  мм;  $\gamma_0 = 1716$  кг/м<sup>3</sup>;  $n_0 = 0,358\%$ ;  $\xi_0 = 0,561$ ;  $a_0 = 0,58$  мм/м.

Математическое выражение изменения значения коэффициента уплотнения имеет вид:

$$K_y^H = \left( \frac{1}{325} \lg N + 1 \right) - \Delta K_y', \quad (8)$$

где  $K_y^H$  - значение начального коэффициента уплотнения изменяющийся под воздействием кратковременной и многократной нагрузки;

$\Delta K_y'$  - коэффициент приращения учитывающий значения начального коэффициента уплотнения.

Для оценки конструкции дорожной одежды с учетом выражения (1) были проведены эксперименты. Для проведения лабораторных испытаний подготовлены образцы грунта. Испытания проводились на грунтах с повторением шесть раз в 470 образцах.

Во время испытаний порядок приложения нагрузки и влажность образцов оставались неизменной. В ходе испытаний при влажности (0,55-0,70) $W_{тек}$  после каждых 1, 10, 10<sup>2</sup>, 10<sup>3</sup>, 10<sup>4</sup>, 10<sup>5</sup>, 10<sup>6</sup> нагружений в уплотнённых образцах грунта определяли прочностные характеристики. Также исследовалась зависимость давления набухания грунта от количества сушки-увлажнения, и количества приложения нагрузки, влагопроводности от относительной влажности и плотности, а также коэффициента фильтрации от количества приложения нагрузки. Результаты испытаний показали, что свойства грунта зависят от количества приложений нагрузки. Обследования проведенные на автомобильных дорогах показывают, что начальный коэффициент уплотнения не меняется со временем.

Для разделения влаги по источникам и фазовому составу источников влаги на опытном участке в Сырдарьинской и Ташкентской областях использовались секции в виде шурфа. Покрытие дорожной одежды состоит из асфальтобетонной смеси – 0,10 м, основание из гравийно-песчаной смеси – 0,22 м. Размер каждой секции 0,5х0,7 м. Расстояние между секциями составляло 2,0 м. Все 3 секции имели сплошную изоляцию по периметру в виде бездонного чехла, глубиной 1,5 м из двойной полиэтиленовой пленки. Полиэтиленовый чехол устраивали, закопав шурфы на покрытии. Полиэтиленовый чехол наращивали, уплотняя грунт ручным способом до требуемой плотности  $K_y=0,98$  при начальной влажности  $W_n=10\%$ . Места

стыков заливали битумом. Текущий контроль над уплотнением земляного полотна осуществляли при помощи ударника ДОРНИИ и уточнённой для данного грунта номограммы с параллельным отбором проб на плотность режущим кольцом. После заполнения шурфа грунтом и его уплотнения все три секции были покрыты слоями дорожной одежды, как на эксплуатируемой дороге. Первую секцию сверху изолировали полиэтиленовой плёнкой, уложенной на глубине 0,1 м от верха земляного полотна. Эта секция снизу имела капилляропрерывающую прослойку, толщиной 0,1 м из промытого гравия 5-10 мм. Она предназначена для определения количества мигрирующей парообразной влаги снизу. Вторая секция предназначена для определения количества мигрирующей жидкой фазы по капиллярам. В отличие от первой секции здесь не укладывали капилляропрерывающей прослойки. Кроме этого верх земляного полотна перекрыта полиэтиленовой плёнкой.

Третья секция предназначена для определения только количества инфильтрационной влаги (сверху). Поэтому дно секции изолировали полиэтиленовой плёнкой, во избежание миграции капиллярной и диффузной влаги, а верх остался без изолирования. Кроме того, для определения влажности грунта земляного полотна рядом секциями были заложены скважины, глубиной 1,5 м. Измерение влаги осуществлялось во время весеннего влагонакопления, в марте с отбором проб с помощью бургеолога.

Анализ измерений влажности грунта показывает, что в верхней части земляного полотна толщиной 0,5 метра приток влаги происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и за счет термомиграции водяного пара. Если рассмотреть весь рабочий слой земляного полотна (0–1,4 м) то приращение влаги за счет инфильтрации незначительно.

На опытных участках были проведены эксперименты для определения прочностных характеристик грунтов земляного полотна автомобильных дорог.

На опытных участках длиной 300 м, высотой насыпи 1,30 м супесь лёгкая пылеватая была уплотнена послойно при оптимальной влажности по 40 см виброкатками А-12 до коэффициента уплотнения 0,96. Сверху земляного полотна устроена дорожная одежда, имеющая следующую конструкцию: асфальтобетонное покрытие  $h_1=0,10$  м; верхний слой основания черный щебень  $h_2=0,14$  м; нижний слой основания из гравийно-песчаной смеси  $h_3=0,16$  м. Среднесуточная интенсивность движения 850 авт/сут. Состав потока: легковые автомобили–60 %, автомобили грузоподъемностью 2 т–10 %, от 2 до 5 т–25 %, автобусы–5 %. Участок был разделён на шесть секций, длиной 50 м. После каждого 1,  $10^1$ ,  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$  приложения нагрузки заложены шурфы на секциях и на верхней части земляного полотна определены: сцепление  $C_{gp}$  и угол внутреннего трения  $\varphi_{gp}$  с помощью одноплоскостного вращательного среза, влажность (весовым методом), плотность грунтов (методом режущего кольца объёмом  $5 \times 10^{-4}$  м).

Минимальное значение экспериментов в каждой точке определялось путем обеспечения желаемой достоверности результатов.

При определении расчетных характеристик в среднем коэффициент вариации составлял: для влажности  $c_v^w = 0,08$ ; для коэффициента уплотнения  $c_v^p = 0,09$ ; для силы сцепления  $c_v^c = 0,09$ ; для угла внутреннего трения  $c_v^φ = 0,15$ . Значения коэффициентов вариации были использованы при составлении таблицы 3.

В результате статистической обработки проведенных экспериментов в лабораторных и полевых условиях были получены эмпирические зависимости для определения прочностных характеристик с учетом количества приложения кратковременной и многократной нагрузки  $N_p$ , расчетной влажности  $W_p$ , и коэффициента уплотнения  $K_y$ .

Для лессовидных легких пылеватых супесей:

$$C = C_0 (1 - 0,031 \lg N_p) - \Delta C_w^1 (2,35 W_p - 1,29) + \Delta C_{ky}^1 (15,59 K_y - 14,51) \quad (9)$$

$$\varphi = \varphi_0 (1 - 0,032 \lg N_p) - \varphi_w^1 (1,72 W_p - 0,95) \quad (10)$$

где  $C_0$  – коэффициент учитывающий приращение значения силы сцепления в зависимости от числа приложения нагрузки, при  $W_p = 0,55 W_{тек}$  и  $K_y = 0,94$ ;  $C_0 = 0,031$  МПа;

$\Delta C_w^1$  – коэффициент учитывающий приращение удельной силы сцепления в зависимости от  $W_p$ , при  $W_p = 0,55 W_{тек}$  и  $K_y = 0,94$ ;  $\Delta C_w^1 = 0,031$  МПа;

$\Delta C_{ky}^1$  – коэффициент учитывающий приращение силы сцепления в зависимости от  $K_y$ , при  $K_y = 0,94$  и  $N_p = 1$ ;  $\Delta C_{ky}^1 = 0,031$  МПа.

$\varphi_0$  – коэффициент учитывающий приращение значения угла внутреннего трения в зависимости от числа приложения нагрузки  $N_p$ , при  $N_p = 1$  и  $W_p = 0,55 W_{тек}$ ;  $\varphi_0 = 0,31^\circ$ .

**Таблица 3**

**Прочностные характеристики лессовидной легкой пылеватой супеси**

Влажность, в долях от $W_{тек}$	Коэффициент уплотнения $K_y$	Угол внутреннего трения, град./сила сцепления, МПа, при количестве приложений нагрузки $\Sigma N_p$ ,						
		1	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$
0,55	0,94	$\frac{31}{0,031}$	$\frac{29,7}{0,030}$	$\frac{28,5}{0,029}$	$\frac{27,5}{0,028}$	$\frac{26,5}{0,028}$	$\frac{25,7}{0,027}$	$\frac{25}{0,027}$
	0,96	$\frac{31}{0,039}$	$\frac{29,7}{0,038}$	$\frac{28,5}{0,036}$	$\frac{27,5}{0,034}$	$\frac{26,5}{0,032}$	$\frac{25,7}{0,032}$	$\frac{25}{0,030}$
	0,98	$\frac{31}{0,049}$	$\frac{29,7}{0,047}$	$\frac{28,5}{0,045}$	$\frac{27,5}{0,043}$	$\frac{26,5}{0,041}$	$\frac{25,7}{0,039}$	$\frac{25}{0,038}$
	1,00	$\frac{31}{0,060}$	$\frac{29,7}{0,058}$	$\frac{28,5}{0,056}$	$\frac{27,5}{0,054}$	$\frac{26,5}{0,052}$	$\frac{25,7}{0,050}$	$\frac{25}{0,048}$

0,60	0,94	$\frac{27}{0,028}$	$\frac{26}{0,027}$	$\frac{25}{0,026}$	$\frac{24}{0,025}$	$\frac{23,2}{0,024}$	$\frac{21,8}{0,023}$	$\frac{21}{0,022}$
	0,96	$\frac{27}{0,036}$	$\frac{26}{0,035}$	$\frac{25}{0,033}$	$\frac{24}{0,032}$	$\frac{23,2}{0,030}$	$\frac{21,8}{0,028}$	$\frac{21}{0,026}$
	0,98	$\frac{27}{0,044}$	$\frac{26}{0,042}$	$\frac{25}{0,040}$	$\frac{24}{0,038}$	$\frac{23,2}{0,036}$	$\frac{21,8}{0,035}$	$\frac{21}{0,034}$
	1,00	$\frac{27}{0,054}$	$\frac{26}{0,052}$	$\frac{25}{0,050}$	$\frac{24}{0,048}$	$\frac{23,2}{0,046}$	$\frac{21,8}{0,044}$	$\frac{21}{0,042}$
0,65	0,94	$\frac{24}{0,024}$	$\frac{23,2}{0,023}$	$\frac{22,4}{0,022}$	$\frac{21,7}{0,021}$	$\frac{21}{0,020}$	$\frac{20,3}{0,020}$	$\frac{20}{0,019}$
	0,96	$\frac{24}{0,031}$	$\frac{23,2}{0,030}$	$\frac{22,4}{0,028}$	$\frac{21,7}{0,026}$	$\frac{21}{0,024}$	$\frac{20,3}{0,023}$	$\frac{20}{0,22}$
	0,98	$\frac{24}{0,040}$	$\frac{23,2}{0,038}$	$\frac{22,4}{0,036}$	$\frac{21,7}{0,035}$	$\frac{21}{0,033}$	$\frac{20,3}{0,032}$	$\frac{20}{0,030}$
	1,00	$\frac{24}{0,049}$	$\frac{23,2}{0,047}$	$\frac{22,4}{0,045}$	$\frac{21,7}{0,043}$	$\frac{21}{0,042}$	$\frac{20,3}{0,040}$	$\frac{20}{0,038}$
0,70	0,94	$\frac{23}{0,019}$	$\frac{22,2}{0,018}$	$\frac{21,4}{0,017}$	$\frac{20,7}{0,016}$	$\frac{20}{0,016}$	$\frac{19,3}{0,015}$	$\frac{19}{0,015}$
	0,96	$\frac{23}{0,027}$	$\frac{22,2}{0,026}$	$\frac{21,4}{0,024}$	$\frac{20,7}{0,023}$	$\frac{20}{0,022}$	$\frac{19,3}{0,020}$	$\frac{19}{0,018}$
	0,98	$\frac{23}{0,036}$	$\frac{22,2}{0,034}$	$\frac{21,4}{0,033}$	$\frac{20,7}{0,031}$	$\frac{20}{0,030}$	$\frac{19,3}{0,028}$	$\frac{19}{0,026}$
	1,00	$\frac{23}{0,043}$	$\frac{22,2}{0,041}$	$\frac{21,4}{0,039}$	$\frac{20,7}{0,038}$	$\frac{20}{0,037}$	$\frac{19}{0,036}$	$\frac{19}{0,034}$

$\varphi'_w$  -коэффициент учитывающий приращение угла внутреннего трения в зависимости от  $W_P$ ; при  $N=1$  и  $W_P=0,55W_{mek}$   $\varphi'_w = 31^\circ$ .

Для лессовидного легкого пылеватого суглинка:

$$C = C_0 (1 - 0,035 \lg N_P) - \Delta C'_w (2,5W_P - 1,375) + \Delta C'_{Ky} (1,17 K_Y - 1,1), \quad (11)$$

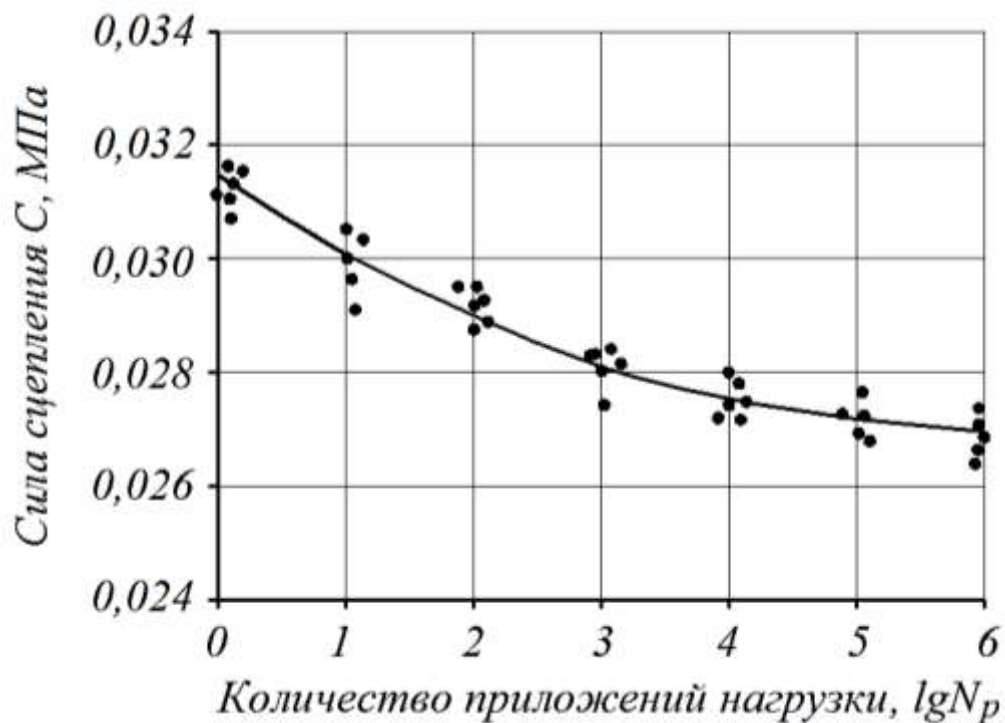
где  $W_P=0,55W_{mek}$ ,  $K_Y=0,94$ , при  $N_P=1$ ,  $C_0=0,04$  МПа,  $\Delta C'_w = 0,04$  МПа и  $\Delta C'_{Ky} = 0,04$  МПа.

$$\varphi = \varphi_0 (1 - 0,034 \lg N_P) - \varphi'_w (3,45 W_P - 1,9) \quad (12)$$

где: при  $N=1$  и  $W_P=0,55W_{mek}$ ,  $K_Y=0,94$ ,  $\varphi_0$  и  $\varphi'_w = 29^\circ$ .

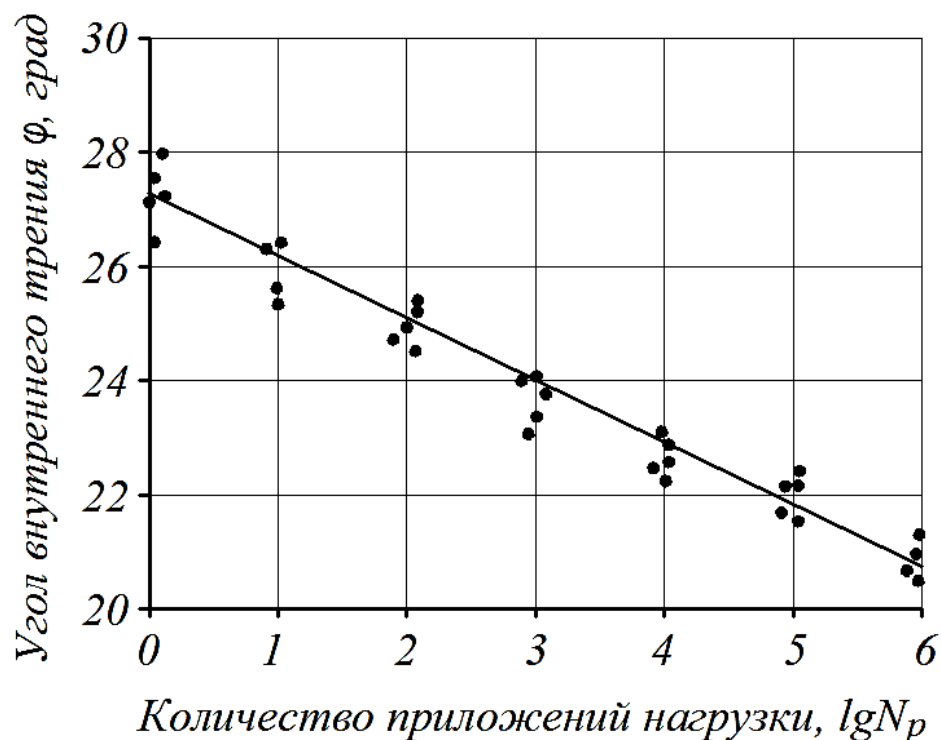
Графическое изображение зависимости силы сцепления и угла внутреннего трения лессовидной легкой пылеватой супеси от  $K_Y$ ,  $W_P$  и  $N_P$  построенное по выражениям (11) и (12) приведены в рис. 2 и 3.





**Рис.2. График зависимости силы сцепления лессовидной легкой пылевой супеси от количества приложения кратковременной и многократной нагрузки**

•-экспериментальные точки, — теоретическая линия;  $K_y=0,96$ ;  $W_p=0,60W_{тек}$



**Рис.3. График зависимости угла внутреннего трения лессовидной легкой супеси от количества приложения кратковременной и многократной нагрузки**

•-экспериментальные точки, — теоретическая линия;  $K_y=0,96$ ;  $W_p=0,60 W_{тек}$

В четвертой главе диссертации именуемой – “**Практические указания**” приведены указания по назначению прочностных характеристик лессовидных грунтов земляного полотна автомобильных дорог и критерии оценки эффективности практического применения.

При расчете дорожных одежд на устойчивость против сдвига используются угол внутреннего трения  $\varphi_{gr}$  и сила сцепления  $C_{gr}$  грунта рабочего слоя земляного полотна автомобильных дорог. Прочностные характеристики грунтов зависят от влажности, плотности, и от числа приложения нагрузки. В таблицах 4 приведены значения прочностных характеристик лессовидных легких пылеватых грунтов в зависимости от расчетной влажности, и коэффициента уплотнения, а также по видам грунта при числах приложения нагрузки  $\sum N_p=1, 10^1, 10^2, 10^3, 10^4, 10^5$  и  $10^6$ . При отсутствии табличных данных, приведенных в диссертационной работе, можно воспользоваться выражениями (9)-(12). Начальная плотность грунта при  $W_p$  должна соответствовать требованиям ШНК 2.05.02-07 Автомобильные дороги.

Для определения расчетной влажности лессовидных грунтов  $W_p$  (в долях единицы от влажности на границе текучести  $W_{тек}$ ) необходимы данные о средней многолетней влажности  $\bar{w}$ . Средние значения влажности лессовидного грунта рабочего слоя земляного полотна автомобильных дорог с капитальными покрытиями, и покрытиями на традиционных основаниях (щебень, гравий и другие) в неблагоприятные периоды года (весенний период) приведены в таблице 1. При отсутствии табличных данных значение расчетной влажности следует определять с помощью выражения (2).

В качестве критерия экономической эффективности многослойную конструкцию дорожной одежды рассчитанную с использованием предложенных значений прочностных характеристик сравнивается с конструкцией дорожной одежды рассчитанной с использованием существующих нормативных документов.

Учет деформаций возникающих на асфальтобетонных покрытиях при их эксплуатации сопоставимых дорожных покрытий требует изменения толщины конструктивных слоев. Это приведет к увеличению их срока службы. Поэтому основным критерием выбора наилучшего варианта является учет срока службы покрытия.

Для оценки эффективности применения указаний на примере рассмотрены два варианта конструкции дорожной одежды для III технической категории автомобильных дорог. Результаты расчета показывают, что за счет увеличения срока службы на 1 год экономический эффект по сокращению эксплуатационных расходов составляет 60 млн. сум на 1 км дороги.

## ВЫВОДЫ

1. Прочностные характеристики уплотненного до нормы лессового грунта земляного полотна под воздействием многократных нагрузок снижаются. Причина такого изменения, полученного при исследовании объясняется теорией дорожного грунтоведения на основе агрегатного состояния уплотненного грунта.

2. Лабораторные и полевые исследования показали, что изменение прочностных характеристик лессовых грунтов под воздействием многократных нагрузок зависит от влажности, плотности и количества приложений повторяющейся нагрузки.

3. Для определения прочностных показателей лессовых грунтов земляного полотна разработана конструктивная расчетная схема рабочего слоя с учетом увлажнения капиллярными, диффузионными и инфильтрационными водами. Это позволяло разработки функциональных зависимостей по назначению прочностных показателей при проектировании дорожных одежд.

4. Определены прочностные характеристики лессового грунта рабочего слоя земляного полотна и дифференцированы по виду, плотности, и влажности.

5. При воздействии на лессовые грунты земляного полотна при влажности  $W=(0,8-1,0)W_{тек}$  происходит остаточная деформация, а при влажности  $W=(0,5-0,79)W_{тек}$  происходят структурные деформации.

6. Плотность лессовых и лессовидных грунтов земляного полотна автомобильных дорог изучалась много лет в разных сезонах года. Полевые обследования показывают, что при равнинных условиях плотность грунтов земляного полотна не меняется, но прочностные характеристики—сила сцепления и угол внутреннего трения снижается.

7. Результаты проведенных исследований и теоретических новизн были использованы при разработке 5 нормативных документов дорожной отрасли и включены в учебные пособия и учебника по автомобильным дорогам, 1 авторского свидетельства.

8. При расчетах конструкций дорожных одежд с использованием полученных прочностных характеристик лессовидных грунтов за счет увеличения срока службы экономический эффект по сокращению эксплуатационных расходов составляет 60 млн. сум на 1 км дороги в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.18/30.12.2019.T.09.01 AT TASHKENT INSTITUTE OF DESIGN,  
CONSTRUCTION AND MAINTENANCE OF AUTOMOTIVE ROADS**

---

**TASHKENT INSTITUTE OF DESIGN, CONSTRUCTION AND  
MAINTENANCE OF AUTOMOTIVE ROADS**

**MAKHMUDOVA DILFUZA ABDULAZIZOVNA**

**STRENGTH CHARACTERISTICS OF LOESS SOILS UNDER THE  
INFLUENCE OF MULTIPLE LOADS IN THE DESIGN OF ROAD  
STRUCTURES**

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

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

**Tashkent– 2020**

**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 2019.3. PhD/T1364.**

The dissertation has been prepared at the Tashkent Institute of Design, Construction and Maintenance of Automotive Roads.

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

**Scientific supervisor:**

**Qayumov Abdubaki Jalilovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Rasulov Hayat Zairovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Bekmirzaev Diyorbek Abdugaporovich**  
Doctor of philosophy (PhD), senior researcher

**Leading organization:**

**Samarkand State Architectural and Civil-Engineering Institute**

The defence will take place “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 \_\_\_\_ at the meeting of Scientific council №.DSc.18/30.12.2019.T.09.01 at the Tashkent Institute of Design, Construction and Maintenance of Automotive Roads (Address: 100060, Tashkent city, Mirabad district, A.Temur prospect, 20. Tel./fax:(+99871)232-14-39; e-mail: [tadi\\_info@edu.uz](mailto:tadi_info@edu.uz).)

The doctoral dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent Institute of Design, Construction and Maintenance of Automotive Roads (registered number №.\_\_\_\_). Address: 100060, Tashkent city, Mirabad district, A.Temur prospect, 20. Tel.: (+99871) 232-14-45

Abstract of the dissertation sent out on “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 y.  
(mailing report №. \_\_\_\_\_ on “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2020 y.).

**A.A.Riskulov**

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

**R.A.Abdurakhmanov**

Scientific secretary of scientific council for awarding council degrees, PhD, docent

**I.S.Sadikov**

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

# 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 is** improvement of justification methods of the strength characteristics of loess in road subgrade soil under the influence of multiple and short-term loads.

**The tasks of the research work:**

improvement of design solutions to justify the strength characteristics of the subgrade soils of existing roads, in accordance with this the development of a working hypothesis explaining them, as well as the determination of indicators of functional dependencies;

improvement of the device transmitting multiple and short-term loads on the soil when determining strength characteristics in the laboratory condition;

improvement of methods for assessing the properties, density and moisture content loess soil of the subgrade of existing roads in the field based on existing methods;

improvement of methods for assessing the economic efficiency of using strength parameters of loess soils obtained in practice, taking into account the number of applications of multiple and short-term loads.

**The objects of research work** is highways built from widespread loess soils in the Republic of Uzbekistan.

**Scientific novelty of research work** are as follows:

the existing design solutions were improved to determine the strength characteristics of loess soils of the roadbed under the influence of multiple loads in condition Uzbekistan, depending on moisture content, density and the amount of load applied;

improved method for determining the estimated moisture content of subgrade soil based on the study of sources of moisture;

improved existing patterns of changes in the properties of loess soil of the subgrade under the influence of multiple loads;

on the basis of existing dependencies, expressions for determining the strength characteristics of loess subsoil of the subgrade are improved taking into account moisture, density and the amount of repeated load application.

**Implementation of the research work.**

The main research results are embedded in the regulatory documents of the road industry: MKN 29-2007 “Rules for the control of technological standards for the degree of compaction of road embankments”, MKN 46-2008 “Instructions for the design of non-rigid road pavements”, IKN 70-12 “Guidelines for the design of regulation of water -thermal regime of the subgrade”, IKN 84-13 “Instruction on the density standards of soils of roads of various regions of Uzbekistan ”, IKN 121-

17 “Instructions for the construction of the roadbed of roads from high humidity soils” (reference of the State Committee of the Republic of Uzbekistan on roads dated September 19, 2019, No. 03/4608-2523, reference of the Unitary Enterprise Automobile and Road research institute October 10, 2019, No. 10/3-560 ), and also used in the preparation of the textbook “Soil Science”, the textbook “Roads” and 2 monographs. As a result, when designing road pavement of the “4K694 May-Bagish” highway using the strength characteristics of loess soils obtained as a result of the study, the pavement life was increased by 2 years. Economic efficiency per 1 km of the road amounted to 60 million soums per year (reference of the YO`LINJINIRING LOYIHA LLC March 5, 2020, No. 20/20 ).

**The structure and volume of the thesis.**The dissertation consists of introduction, four chapters, conclusion, list of used literature and applications. The dissertation is 118 pages.

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

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А., Холияров У.А. Лёссимон грунтли йўл кўтармасининг мустаҳкамлиги // Монография, Тошкент ТДТУ, 2012 й.- 125 б.
2. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А., Худайкулов Р.М., Холияров У.А. Автомобиль йўли пойи грунтларини такрорий юкламалар таъсиридаги хисобий тавсифлари // Монография. Тошкент. ТДТУ, 2018.- 120 б.
3. Махмудова Д.А. Прочностные характеристики лёссовых грунтов земляного полотна автомобильных дорог // Журнал проблемы механики. – Ташкент, 2010. - № 3. – С. 6-8. (05.00.00; №6).
4. Махмудова Д.А., Икрамова Ф.Х. Результаты исследований водно-теплового режима земляного полотна автомобильных дорог // Вестник ТАДИ, №1, 2018 г. 43-46 б. (05.00.00; №15).
5. Махмудова Д.А. Изучение влияния динамической нагрузки на прочностные показатели грунтов земляного полотна // Вестник ТАДИ, №4, 2018. 30-34 с. (05.00.00; №15).
6. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А., Худайкулов Р.М. Прочностные характеристики лёссовых грунтов земляного полотна аавтомобильных дорог в условиях Узбекистана // Научно-технический журнал ФарПИ, Фергана. 2015. №4. –С.110-112. (05.00.00; №20).
7. Махмудова Д.А. Ўзбекистоннинг суғориладиган худудлари-даги йўл пойини лёссимон грунтларининг намлигини аниқлаш.Ўзбекистон архитектураси ва қурилиши журнали. – Тошкент, 2011. - № 1. -15 б. (05.00.00; №29).
8. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А., Худайкулов Р.М. Поведение лёссовых грунтов // Автомобильные дороги Москва. 2014, № 06 (991). –С.93-94. (05.00.00; №7).
9. Makhmudova D.A. On the change in strength characteristics of loess soil of the road bed // International Journal of Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development, Apr. 2020 № 4, 27-32 pp. (05.00.00; №26).
10. Makhmudova D.A., Khudaykulov R.M. Strength characteristics of loessial ground of soils of automobile roads in conditions of Uzbekistan // Transport Problems 2016. Poland.387-390 p. (05.00.00; №10).

**II бўлим (II часть; II part)**

11. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А. Прочностные характеристики лёссовых грунтов с учетом многократности и кратковременности воздействия нагрузок // Вестник Каздории. – Алматы, 2009. - № 1-2. – С. 50-53.



12. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А., Холияров У.А. Прогноз водно-теплового режима земляного полотна автомобильных дорог в условиях засушливого климата // Вестник Каздорнии. – Алматы, 2009. -№ 3-4. – С. 25-28.
13. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А. Влияние многократных кратковременных нагрузок на прочность лессового грунта // Журнал Наука и техника в дорожной отрасли. Москва. №3, 2012. 20-21 с.
14. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А., Холияров У.А. Йўл пойи грунтларининг муҳандис-геологик хоссаларини ўзгариши. // Геология ва минерал ресурслар журнали. – Тошкент, 2011. -№1. -35-39 б.
15. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А. Влияние циклических кратковременных нагрузок на физико механические свойства уплотненных лёссовых грунтов // Журнал Наука и техника в дорожной отрасли. -Москва. №4, 2019. –С.40-41.
16. Махмудова Д.А., Икрамова Ф.Х. Об изменении прочностных показателей грунтов земляного полотна // Вестник КаздорНИИ № 1-2 2019. 368-373 с.
17. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А., Худайкулов Р.М. Результаты исследований расчетных характеристик грунтов земляного полотна в засоленных зонах Узбекистана. // Вестник Кыргызского Государственного Университета стр-ва, транспорта и архитектуры №1 2016. –С.66-70.
18. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А. V йўл иклим минтақасида лёссимон тупрокларнинг ҳисобий намлиги // ТАЙИ профессор-ўқитувчиларининг XX илмий конференцияси тезислари тўплами. III-қисм. –Тошкент: ТАЙИ, 1994. – 31 б.
19. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А. Исследование вопросов технологии сооружения земляного полотна из лессовых грунтов // Материалы республиканской научно-техн. конференции. – Ташкент: ТАДИ, 1997. - С. 102-104.
20. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А. Особенности уплотненных лессовых грунтов // Материалы международной научно-прак. конференции. – Ташкент: ТАДИ, 2002. - С. 21-22.
21. Махмудова Д.А., Икрамова Ф.Х., Шабденов С.С. Исследование влагопроводности грунтов // Материалы международной научно-практической конференции Ташкент. ТАДИ, 2007.-С 146-148.
22. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А. Ўзбекистон шароитида йўл пойи грунтларининг кўп марталик ва қисқа вақт таъсир қилувчи юклар таъсири остидаги мустаҳкамлик тавсифлари // Республика илмий-амалий конференция материаллари. – Тошкент: Тошкент темир йўл транспорти муҳандислари институти, 2009. - Б. 182-183.
23. Махмудова Д.А. Автомобиль йўлларининг ишчи қатламидаги лёссимон грунтларни мустаҳкамлик тавсифларини белгилаш асослари //

- Республика илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. 1-қисм. ТАЙИ. -Ташкент, 2011 й., 201-203 б.
24. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А., Худайкулов Р.М., Холияров У.А., Мирзахмедов М.М. ИҚН 70-12 Йўл пойининг сув-иссиқлик тартибини бошқаришнинг лойиҳалаш услублари бўйича қўлланма // Ўзавтойўл ДАК, АЙИТИ. –Тошкент. 2012. 80б.
  25. Каюмов А.Д., Махмудов Я.Н., Икромов Ф.Х, Холияров У.А. МҚН 29-2007 Автомобиль йўллари кўтармаларининг зичланганлик даражасини назорат қилишнинг технологик қоидалари // Ўзавтойўл ДАК, АЙИТИ. –Тошкент. 2008. -58 б..
  26. Содиков И.С., Қодирова А.Р., Каюмов А.Д., Эшонкулов А.У., Аблакулов А, Ўроқов А.Х., Артиков А.А., Қорабоев А.М., Махмудова Д.А. МҚН 46-2008 Нобикир йўл тўшамаларини лойиҳалаш бўйича йўриқнома // Ўзавтойўл ДАК АЙИТИ, Т., 2013 й., -132 б..
  27. Махмудова Д.А. Методы прогнозирования водно-теплового режима земляного полотна автомобильных дорог // Материалы республиканской научно-практической конференции. Т.: «Университет», 2013.-с. 234-238.
  28. Махмудова Д.А. Автомобиль йўллари қурилишида фойдаланиладиган лёссимон грунтларнинг мустаҳкамлик тавсифларини ҳисоблаш // Материалы республиканской научно-практической конференции. Т.: «Университет», 2013. –С. 232-235.
  29. Каюмов А.Д., Қаландаров Т.Х., Раджабов У., Амиров Т., Махмудова Д.А., Худайкулов Р.М., Холияров У.А., Каюмов Д.А. ИҚН 84-13 Ўзбекистоннинг турли регионларида автомобиль йўллари кўтармасининг грунтларини зичлик нормалари бўйича йўриқнома // Ўзавтойўл ДАК АЙИТИ, Тошкент, 2013 й., -28 б.
  30. Махмудова Д.А. Автомобиль йўли ишчи қатлам грунтини намланишини тадқиқ этиш натижалари // Республика илмий-амалий анжуман материаллари тўп. –Тошкент, ТАЙИ. 2014. - 359-361 б.
  31. Каюмов А.Д., Махмудова Д.А., Худайкулов Р.М. Учет гидрогеологических условий при прогнозе водного режима земляного полотна автомобильных дорог // Сборник материалов международной конференции. СФУ Красноярск. 2016. -С. 267-272.
  32. Махмудова Д.А. Кўп марта таъсир қилувчи юклама остида грунт зичлигининг ўзгариши // Республика илмий-техник анжуман материаллари тўплами. Термиз ш. ТермДУ. 2017. -250-251 б.
  33. Махмудова Д.А. Йўл тўшамалари конструкцияларини ҳисоблашда такрорий юкламаларни ҳисобга олиш // Халқаро илмий-техник анжумани материаллари тўплами. ТАЙЛҚЭИ, Тошкент, 2017 й. 163-165 б.
  34. Каюмов А.Д., Душанов Р.О., Комилов С.И., Каюмов Д.А., Махмудова Д.А., Худайкулов Р.М., Аблакулов А. ИҚН 121-17 Юқори намликдаги грунтлардан автомобиль йўллариининг пойини қуриш бўйича йўриқнома

- // Автомобиль йўллари Давлат Қўмитаси, АЙИТИ, Тошкент. 2017. -84 б.
35. Махмудова Д.А. Йўл пойидаги грунтларнинг нам ўтказувчанлигини тадқиқ этиш натижалари. Республика илмий-техник анжуман материаллари ЖизПИ, 2018. 166-168 б.
36. Махмудова Д.А., Икрамова Ф.Х. Йўл пойида фойдаланиладиган грунтларнинг мустаҳкамлик кўрсаткичлари. Республика илмий-техник анжуман материаллари ЖизПИ, Жиззах, 2018.-168-170 б.
37. Махмудова Д.А. Изучение влияния динамической нагрузки на прочностные показатели грунтов земляного полотна // Республика илмий-техника анжумани мақолалари тўплами. ТТЙМИ. 2018. 125-127 б.
38. Махмудова Д.А. Автомобиль йўллари қурилишида лёссимон грунтлардан фойдаланиш // Сборник материалов I междунар. научно-практ. конф. ФерПи 24-25 мая 2019 г. 3-том. -С. 467-469.
39. Махмудова Д.А. Йўл пойида фойдаланиладиган грунтларнинг ҳисобий намлиги // Халқаро илмий-амалий анжуман. ТАЙЛҚЭИ, 2019. 258-261 б.
40. Каюмов А.Д., Худайкулов Р.М., Абдуллаев Х.Д., Махмудова Д.А., Рахимбердиев И.У. Йўл пойи грунтларининг ҳисобий тавсифларини асослаш // Свидетельство №001641 о депонировании объектов авторского права. 15 октября 2019 г.

Авторефератнинг ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги нусхалари  
«ТАЙИ Хабарномаси» илмий-техник журнали таҳририясида таҳрирдан  
ўтказилди.

Бичими  $60 \times 84^{1/16}$ . Ризограф босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табоғи: 3,25. Адади 100. Буюртма № 25.

«ТАЙЛҚЭИ» нусха кўпайтириш бўлимида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 100060, Тошкент ш., А.Темир шоҳ кўчаси 20-уй.