

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР
СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ ИНСТИТУТИ**

ДЖУРАЕВА НАРГИЗА БАТИРЖАНОВНА

**ТАБИИЙ ГРУНТ БИЛАН ЎЗARO ТАЪСИРИДАГИ ЧУҚУР
ЮМШАТГИЧ ИШЧИ ОРГАНИНИНГ КУЧЛАНГАНЛИК-
ДЕФОРМАЦИЯЛАНГАНЛИК ҲОЛАТИ ТАДҚИҚОТИ**

01.02.04 – Деформацияланувчан қаттиқ жисм механикаси

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА
ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Физика-математика фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации
доктора философии (PhD) по физико-математическим наукам
Contents of Dissertation Abstract of the Doctor of Philosophy (PhD)
on Physical-mathematical Sciences**

Джураева Наргиза Батиржановна

Табиий грунт билан ўзаро таъсиридаги чуқур юмшатгич ишчи органининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолати тадқиқоти.....3

Джураева Наргиза Батиржановна

Исследование напряженно-деформированного состояния рабочего органа глубокорыхлителя при взаимодействии с естественным грунтом19

Djuraeva Nargiza Batirjanovna

Investigation of the stress-strain state of the working body of the subsoiler when interacting with natural soil35

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works39

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.Т/ФМ.61.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР
СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ ИНСТИТУТИ**

ДЖУРАЕВА НАРГИЗА БАТИРЖАНОВНА

**ТАБИЙ ГРУНТ БИЛАН ЎЗARO ТАЪСИРДАГИ ЧУҚУР
ЮМШАТГИЧ ИШЧИ ОРГАНИНИНГ КУЧЛАНГАНЛИК-
ДЕФОРМАЦИЯЛАНГАНЛИК ҲОЛАТИ ТАДҚИҚОТИ**

01.02.04 – Деформацияланувчан қаттиқ жисм механикаси

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА
ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

Физика-математика фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида № В2019.3PhD/FM404 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.instmech.uz) ва "Ziyonet" ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Рашидов Турсунбой

техника фанлари доктори, профессор, академик

Расмий оппонентлар:

Сафаров Исмоил Иброхимович

физика-математика фанлари доктори, профессор

Худаяров Бердирасул Мирзаевич

техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Ўзбекистон миллий университети

Диссертация ҳимояси Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти ҳузуридаги DSc.02/30.12.2019. T/FM.61.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «30» июнь соат 10⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100125, Тошкент, Дўрмон йули кўчаси, 33, 1-мажлислар зали. Тел: (99871) 262-71-52; Факс: (99871) 262-71-32, e-mail: instmech@academy.uz).

Диссертация билан Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси М.Т. Ўрозбоев номидаги Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (6 - рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100125, Тошкент, Дўрмон йули кўчаси, 33 уй.

Диссертация автореферати 2021 йил «18» июнь куни тарқатилди.
(2021 йил «18» июндаги № 2 рақамли реестер баённомаси).



М.М.Мирсаидов

Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш раиси,
т.ф.д., профессор, ЎЗР ФА академиги

М.К.Усаров

Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш илмий
котиби, ф.-м.ф.д., к.и.х.

Р.А. Абиров

Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш қошидаги
илмий семинар раиси, ф.-м.ф.д., к.и.х.

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Дунёда замонавий қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқариш соҳасида иш сифати ва самарадорлиги юқори энергия-ресурстежамкор тупроққа ишлов берадиган машина ва қурилмаларни ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири бўлиб ҳисобланмоқда. Чуқурликда (50 см механик юмшатиш заруратига эътибор қаратилмоқда, чунки ер ости қатламининг зичлашиши ҳосилдорликни пасайтиради ва тупроқдан озика моддаларнинг ювилиб кетишини оширади. Шу, жумладан АҚШ, Германия, Канада, Руминия, Венгрия, Россия, Ўзбекистон ва бошқа ривожланган мамлакатларда тупроқни маълум вақтда керакли чуқурликда юмшатилишига муҳим аҳамият берилмоқда.

Жаҳонда тупроқ муҳитида ҳаракатланаётган жисмлар билан боғлиқ бўлган статик ва динамик кучлар таъсирида тупроқ муҳитининг ҳолати ва ҳаракатини ўрганиш учун турли физик ва математик моделлар яратишга йўналтирилган мақсадли илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда, қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқариш соҳасида тупроққа ишлов бериш, машиналарининг самарадорлигини ошириш, тупроқ муҳитини юмшатиш, трактор ва бошқа қурилмаларнинг ҳаракати давомида улар тортиш кучининг самарадорлигини ошириш, ёнилғи мойлаш материалларини тежаш, қурилмалардаги юкланишни камайтириш, тупроққа юқори сифатли ишлов бериш мақсадида чуқур юмшатгич технологик жараёни схемасини такомиллаштириш, тупроқ моделини танлаш ва чуқур юмшатгич деформацияланадиган тугунларининг кучланганлик ҳолатини баҳолаш, тупроққа ишлов бериш машинанинг тортиш кучи катталигини ҳисоблашда чуқур юмшатгич ишчи органининг рационал параметрларини ўрнатишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда тупроқни қайта ишлаш технологик схемасини такомиллаштиришга, тупроққа ишлов бериш машина қурилмалари грунт билан ўзаро динамик таъсири оқибатида турли деформациялар юзага келган ҳолда тажриба тадқиқотлари орқали тупроқ муҳитининг ҳолатини баҳолаш учун янги усулларни яратишга доир чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...суғориладиган ерларнинг мелиоратив ҳолатини янада яхшилаш, мелиоратив ва ирригацион объектлар турини ривожлантириш, қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришига интенсив усулларни, аввало замонавий сув ва ресурсларни тежовчи агротехнологияларни кенг татбиқ қилиш, юқори самарали қишлоқ хўжалиги агротехникасидан фойдаланиш»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан тупроқ билан ўзаро таъсирдаги чуқур юмшатгич ишчи органининг мустаҳкамликка ҳисоблашнинг янги услубини яратиш, танланган тупроқ

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

моделли асосида тупроқ муҳитининг қаршилиқ кучини аниқлаш билан ишчи органнинг тупроқдаги ҳаракат қонунини асослаш, деформацияланувчан тупроқ билан ўзаро таъсирдаги чуқур юмшатгичнинг бўйлама ва кўндаланг тебранишларини сонли ҳисоблаш ҳамда тупроқ билан ўзаро таъсирдаги чуқур юмшатгич ишчи органининг юкланиш даражасини аниқлаш ва баҳолаш усуллари ишлаб чиқиш илмий аҳамиятга эга ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2017 йил 7 июлдаги ПҚ-3117-сон «Қишлоқ хўжалиги машинасозлиги соҳасида илмий-техникавий базани янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Математика, механика ва информатика» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ҳозирги вақтда тупроққа ишлов бериш машиналар ва қурилмаларни яратиш ва такомиллаштириш соҳасида ҳамда динамик мустаҳкамликка ишчи органларни ҳисоблаш услубини аниқлаш бўйича дунё миқёсида қатор илмий тадқиқотлар А.Санараче, Р.Норн, I.Колibas, С.Т.Бекетт, S.Бевшер, A.L.Guzzomi, B.M.Lehane, G.Riethmuller, J.E.Richard, C.Misener, P.Milburn, L.P.McMillian, A.Ellington, B.П.Горячкин, A.Н.Гудков, И.В.Василенко, B.Н.Кузнецова ва бошқа олимлар томонидан олиб борилган.

Ушбу йўналишда республикамызда М.В.Сабликов, Г.Н.Синеоков, П.М. Никифоров, А.В.Шуравилин, М.В.Мухамеджанов, А.Закиров, А.Джураев, М.М.Миркасымов, А.К.Кашкаров, В.А.Сергиенко, Г.М.Рудаков, Н.С.Бибутов, А.С.Шох, А.Тухтакузиев, Р.И.Байметов, Б.С.Мирзаев, А.К.Игамбердиев, А.А.Ибрагимов, К.Б.Имомкулов ва бошқаларнинг илмий ишларида тупроққа ишлов бериш жараёнида унинг физик-механик, технологик хусусиятларини ўрганиш бўйича тадқиқотлар тахлили, тупроқни юмшатиш жараёнида юзага келадиган динамик юкланиш орқали қишлоқ хўжалиқ машиналари ва қурилмаларининг ишчи органларини мустаҳкамликка ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган ва такомиллаштирилган.

Таҷрибавий тадқиқотлар натижалари ва турли математик моделлардан фойдаланиб, тупроқ билан ўзаро таъсир қилувчи ер ости иншоотларининг мураккаб тизимлари элементларининг динамикаси муаммоларини ўрганиш бўйича Т.Рашидов, А.Д.Глущенко, Я.Н.Мубораков, Г.Х.Хожметов, Ш.Маматкулов, Т.Ш.Ширинкулов, М.М.Мирсаидов, Б.Мардонов, К.С.Султанов, Т.Мавлонов ва бошқа олимлар томонидан фундаментал тадқиқотлар ўтказилган ва қамровли илмий тадқиқотлар олиб борилган.

Ҳозирги кунда республикамизда чуқур юмшатгич ишчи органлари билан ўзаро таъсирдаги тупроқ муҳитини моделлаштириш, тупроқ муҳитида ва ўзгарувчан куч билан юкланган юмшатгич деталларидаги динамик ҳодисаларни ўрганиш, чуқур юмшатгич ишчи органининг деформацияланадиган тугунларининг кучланганлик ҳолатини баҳолаш услубини илмий-асослаш масалаларига етарлича эътибор қаратилмаган. Шу сабабли танланган тупроқ модели асосида тупроқ муҳитининг қаршилик кучини аниқлаш ва тупроқ муҳитида ишчи органнинг ҳаракат қонунини ўрнатиш, шу билан бирга кўндаланг ва бўйлама динамик кучлар таъсирида юмшатиш панжаси билан бириктирилган чуқур юмшатгич таянчи юкланишини баҳолаш услубини ишлаб чиқиш каби муаммолар етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган илмий тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №ФА-А-15-040 “Ерга ишлов берувчи машинанинг (чуқур юмшатгич мисолида) динамик сифатини яхшилаш ҳисобига иш унумдорлигини ва ресурстежамкорлигини ошириш учун, унинг конструкциясининг динамик мустаҳкамликка ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш” (2009-2011йй.), №А3-ФА-Ф054 “Динамик жараёнларни ўрганиш асосида фазовий конструкцияларнинг ишчи органи чуқур юмшатгичларда, тўлик тиркама турдаги пахта териш машинаси тиргак узели ва унинг рамасини ишлаб чиқаришга мослаштириш ва машиналар гидротизимидаги мембранали гидротаксимлагич курилмаларини мустаҳкамликка ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш” (2012-2014 йй.), №ФА-Атех-2018-334 “Универсал рама билан жиҳозланган кенг қамровли пахтачилик культиваторини ишлаб чиқиш” (2018-2020 йй.) мавзуларидаги илмий лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади эластик ва сиқилувчан пластик муҳит сифатида моделлаштирилган тупроқда ҳаракатланаётган чуқур юмшатгич ишчи органининг динамик ҳисоблаш ва унинг юкланишини баҳолашда сонли-аналитик усулларни ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

тупроқ муҳитининг физик-механик хусусиятларига таъсир қилувчи асосий омилларни таҳлил қилиш;

танланган тупроқ модели асосида тупроқ муҳитининг қаршилик кучини аниқлаш билан ишчи органнинг тупроқдаги ҳаракат қонунини асослаш;

тупроққа ишлов бериш машинанинг тортиш кучининг маълум қийматида, чуқур юмшатгич деталларининг деформацияланадиган тугунларида содир бўладиган максимал кучланишларнинг миқдорини аниқлаш;

деформацияланувчан тупроқ билан ўзаро таъсирдаги чуқур юмшатгичнинг бўйлама ва кўндаланг тебранишларини ҳисоблаш услубини ишлаб чиқиш;

лойихалаш босқичида тупроққа ишлов бериш машинаси таркибий элементларининг мустаҳкамлик хусусиятларини баҳолайдиган рационал параметрларини ўрнатиш учун тупроқ билан ўзаро таъсирдаги чуқур юмшатгич ишчи органининг юкланиш даражасини аниқлаш ва баҳолаш усулини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида юмшатиш панжаси орқали тупроқ муҳитида тракторнинг тортиш кучи таъсирида ҳаракатланаётган чуқур юмшатгичнинг ишчи органлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети эластик ва сиқилувчан пластик муҳит модели, ўзгарувчан тортиш кучи билан юкланганда тупроқ муҳити ва юмшатиш деталларидаги динамик жараёнлар, тупроқ муҳити билан ўзаро таъсиридаги ишчи органининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатидан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида деформацияланувчан қаттиқ жисм механикаси, грунтлар механикаси, тупроққа ишлов бериш машина конструкциясининг элементларида физик жараёнларни моделлаштириш, ҳисоблаш математикаси ва дастурлаш технологияси усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

чизиқли-эластик ва сиқилувчан пластик муҳитда ингичка пона ва айлана конус шаклидаги юмшатиш панжаси икки ўлчовли ҳаракатининг тавсифи механик-математик моделига асосланган ва боғланиш шартлари бажарилганда тупроқ муҳитининг қаршилик кучлари аниқланган;

сиқилувчан пластик муҳит модели ва “ясси кесимлар гипотезаси” асосида чекли деформациялар ҳисобга олинган ҳолда, грунт муҳитида “таянч – юмшатиш панжаси” тизимининг горизонтал-айланма ҳамда грунтдаги тортиш кучи таъсирида юмшатиш панжасининг ҳаракатларини аниқлаш усуллари ишлаб чиқилган;

ночизиқли чегаравий шартларга эга юмшатгич таянчининг кўндаланг тебраниши тўғрисидаги масалани ечиш усули ишлаб чиқилган бўлиб, у чексиз тизимга келтирилиб олинган ва унинг ечимини аниқлаш учун қисқартириш усули ишлаб чиқилган;

грунт муҳитида горизонтал ва вертикал ҳаракатланувчи, пастки учида якуний масса - юмшатиш панжаси билан бириктирилган юмшатгич таянчининг юкланганлик даражасини аниқлаш усули ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

эластик ва сиқилувчан пластик муҳит сифатида моделлаштирилган тупроқда ҳаракатланаётган чуқур юмшатгич ишчи органининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатининг аналитик-сонли ҳисоблаш услуби ишлаб чиқилган;

чизиқли-эластик муҳитда ҳаракатланаётган ингичка пона шаклидаги юмшатиш панжаси тупроқни энг кам қаршилик йўналишида парчалаш орқали, уни сифатли юмшатилишини асослашни таъминлайдиган ҳисоблаш услуби ишлаб чиқилган;

ички ишқаланиш коэффиценти ва тупроқнинг сиқилиш параметрини ҳисобга олган ҳолда тупроқ муҳитида юмшатиш панжасининг ҳаракатини

аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

таянчининг пастки кесими кўзгалмас элемент ёрдамида панжа массасига қаттиқ ёки эластик элемент билан бириктирилган ҳолда, таянчининг кўндаланг кесимининг ўқ йўналиши бўйича ҳаракат тенгламаси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги изланишларнинг замонавий услуб ва воситалардан фойдаланган ҳолда ўтказилганлиги, сиқилувчан пластик моделдан фойдаланиб аниқ масалаларни ечишда математик моделлаштириш, назарий механиканинг асосий қонун-қоидаларига асослаганлиги, назарий ва тажриба тадқиқотларнинг ўзаро адекватлиги, ишлаб чиқилган чуқур юмшатгични дала синовларининг ижобий натижалари ҳамда амалиётга жорий этилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти тупроқ муҳитнинг деформацияланганлик даражаси ва чуқур юмшатгичнинг конструктив хусусиятларини ҳисобга олиб, машинадаги тортиш кучининг керакли ҳисобий катталигини ўрнатиш имконини берувчи ўзаро таъсир кучининг аниқлаш услублари ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаш вақтида кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини аниқ баҳолашга имкон берувчи чуқур юмшатгич ишчи органининг мустақамлигини ҳисоблашда аналитик-сонли усул ишлаб чиқилганлиги ҳамда агротехника талабларига кўра ёнилғи мойлаш материаллари, меҳнат сарфи, иқтисодий ҳаражатларни камайтириши ва ишлов бериш машинасининг иш унумдорлигини ошириши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Табиий грунт билан ўзаро таъсиридаги чуқур юмшатгич ишчи органининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолати тадқиқоти бўйича олинган илмий натижалар асосида:

кўндаланг ва бўйлама динамик кучлар таъсирида пастки қисмида масса (юмшатиш панжаси) билан бириктирилган чуқур юмшатгич таянчининг юкланишини баҳолаш учун ишлаб чиқилган услуб Янгийўл тумани «Istiqloq agro omad» фермер хўжалигида жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 21 майдаги 02/023-2197-сонли маълумотномаси). Натижада, ҳисоблаш йўли билан динамик тортиш кучини 1,1-1,5 марта ошириш имконини берган;

ички ишқаланиш коэффициентини ва тупроқнинг сиқилиш параметрини ҳисобга олган ҳолда тупроқ муҳитида юмшатиш панжасининг ҳаракатини аниқлаш усули, яъни тупроқнинг энг кам қаршилиқ йўналишида деформацияланиши уни сифатли юмшатилишини асослаш усули Янгийўл тумани «Ideal kelajak agro» фермер хўжалигида жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 21 майдаги 02/023-2197-сонли маълумотномаси). Натижада, ишчи органнинг қаршилиқ кучини 1,2-3,4% га камайтириш имкони яратилган;

мустаҳкамлик хусусиятларини яхшилаш ва энергия сарфини камайтириш мақсадида рационал параметрларни асослаш ва тупроқ билан ўзаро таъсирдаги чуқур юмшатгич ишчи органининг динамик мустаҳкамлигини ҳисоблаш бўйича ҳамда тажриба-саноат намунасини лойиҳалаш ва ишлаб чиқариш учун тавсиялар «ВМКВ-Agromash» АЖда амалиётга жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ хўжалиги вазирлигининг 2021 йил 21 майдаги 02/023-2197-сонли маълумотномаси). Натижада, таклиф этилган усул асосида энергия сарфини 20% га камайтириш имкони яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари халқаро, республика ва институт миқёсидаги 10 та анжуманларда муҳокама қилинган ва маъқулланган, шу жумладан 7 та халқаро ва 3 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 19 та илмий ишлар чоп этилган. Шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 9 та мақола, жумладан 6 та мақола республика ва 3 та мақола хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар руйҳати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 113 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асослаб берилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари белгилаб олинган ҳамда тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, ишнинг илмий янгилиги, назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий этилганлиги, нашр этилган ишлар ва диссертация ишининг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Чуқур юмшатгич конструкциясининг элементларини ҳисоблаш асосларининг муаммолари бўйича илмий-техникавий тадқиқотлар таҳлили”** деб номланган биринчи бобида ерга чуқур ишлов бериш бўйича тадқиқот натижалари ҳамда тупроқнинг физик-механик хусусиятлари таҳлил қилинган.

Чуқур юмшатгич ишчи органининг иш сифати ва энергия кўрсаткичларига таъсир қилувчи асосий омиллар таҳлили келтирилганган.

Чуқур юмшатгич конструкциясидаги элементлар динамик ҳолатини ҳисоблаш муаммолари бўйича илмий-техник тадқиқотларини ўрганиш ва таҳлил қилиш натижасида диссертация ишининг мақсади ва вазифалари белгилаб олинган.

Диссертациянинг “**Чуқур юмшатгич таъсир доирасида тупроқнинг деформацияланиш ва ҳаракат моделини ишлаб чиқиш**” деб номланган иккинчи бобида А.С.Кўшнарев ва чизиқли эластик муҳит моделларидан фойдаланиб ўзгармас тезликда ҳаракатланётган пона ва конус шаклидаги жисмларга тупроқ муҳитининг қаршилик кучлари аниқланган.

Машинанинг ишчи органини – юмшатиш панжасини l узунликдаги эгри чизиқли Ox ўқиға нисбатан симметрик профилга эга бўлган ва Ox ўққа қарама-қарши йўналишда доимий v_0 тезлик билан тупроқда ҳаракатланаётган пона шаклидаги жисм деб қабул қиламиз (1-расм). Тупроқ муҳити чексиз бир жинсли чизиқли эластик муҳит кўринишида моделлаштирилган.

Чизиқли-эластик муҳитда ингичка пона ва айлана конус кўринишидаги абсолют силлиқ юмшатгич панжасининг ўзгармас тезликдаги ҳаракати давомида муҳитнинг ихтёрий нуқтасида унинг кучлаганлик ва деформациялангандик ҳолати тадқиқ этилган.

Ингичка пона ҳолатида эластик муҳитнинг ихтёрий нуқтасида σ_{22} ва σ_{12} кучланиш тензори компонентлари учун қўйидаги ифодалар олинган:

$$\sigma_{22} = -\frac{i \cdot [-(1+\beta^2)^2 J_1(x_1, y_1, \alpha) + 4\beta \cdot \alpha J_1(x_1, y_1, \beta)]}{(1-\beta^2)^2 \cdot \alpha}, \quad (1)$$

$$\sigma_{12} = \frac{(1+\beta^2)[J_2(x_1, y_1, \beta) - J_2(x_1, y_1, \alpha)]}{(1-\beta^2)^2}. \quad (2)$$

Юмшатгич айлана конуси ҳолатида бўлганда, тезлик вектори компонентлари $u_1(x_1, y_1)$ ва $v_1(x_1, r_1)$ қўйидаги формулалардан аниқланади:

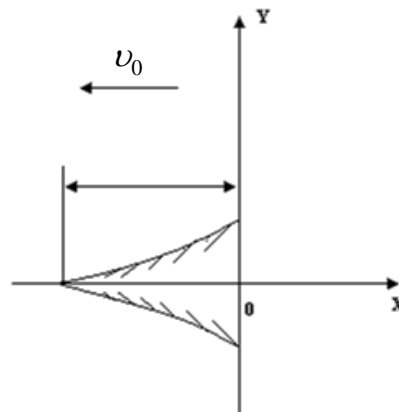
$$u_1(r_1, x_1) = \frac{1}{(1-\beta^2)\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} [(1+\beta^2)K_0(\alpha \cdot r_1|p|) - 2\beta^2 K_0(\beta \cdot r_1|p|)] \Gamma(p) \exp(-ipx_1) dp, \quad (3)$$

$$v_1(r_1, x_1) = -\frac{i}{(1-\beta^2)\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} [\alpha(1+\beta^2)K_1(\alpha \cdot r_1|p|) - 2\beta K_1(\beta \cdot r_1|p|)] \frac{p\Gamma(p)}{|p|} \exp(-ipx_1) dp. \quad (4)$$

бу ерда σ_{22} ва σ_{12} кучланишлар учун ифодалар Гук қонуни асосида аниқланади. Муҳитнинг ҳаракатланган соҳасида кучланиш тензорларининг қийматлари ҳамда тупроқ муҳити билан жисм (юмшатиш панжаси) орасидаги ўзаро таъсирдаги боғланиш кучини топиш мумкин бўлади.

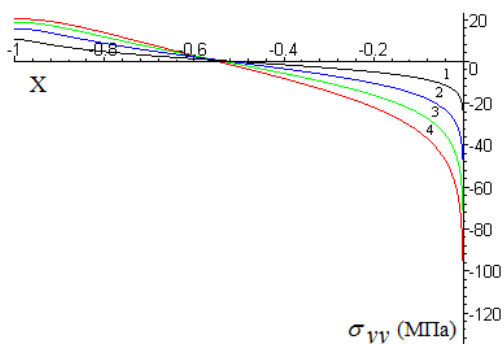
Муҳитнинг жисм сиртидаги нормал кучланиш ва унинг қаршилик кучи қийматлари ўзгармас ҳаракатдаги юмшатиш панжаси ингичка пона ва айлана конус кўринишида жисмлар учун ҳисобланган.

Чизиқли-эластик муҳит билан моделлаштирилган грунт муҳитида бурчак γ_0 ва Пуассон коэффициенти ν_0 нинг турли қийматларида муҳитда ўзгармас тезлик билан ҳаракатланаётган ингичка пона (2-расм) ва айлана конуси (3-расм) сиртидаги кучланишларнинг тақсимланиш графиклари келтирилган.



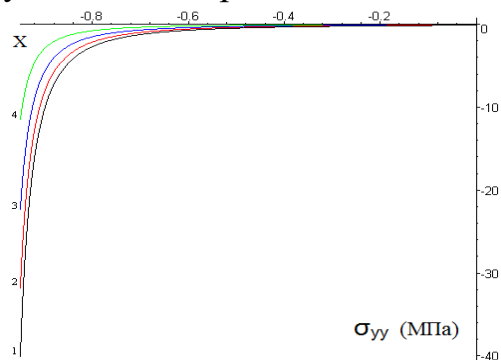
1-расм. Чизиқли-эластик муҳитда юмшатиш панжаси ҳаракатининг схематик кўрсатилиши

2-расмдаги графикдан кўриниб турибдики, пона чеккаларида кучланиш логарифмик хусусиятига эга бўлиб, сиқилган ҳолатда турибди. Пона четидан узоқлашган сари кучланиш камаяди ва чўзилиш зонасига ўтади. Бу шунга ишора берадики, жисм четига яқин бўлган атрофда пластик зона пайдо бўлиб, ундан узоқлашган сари интенсив камайиб боради. 3-расмдаги график кўрсатадики, пона сиртидаги кучланишдан фарқли равишда айлана конус учи яқинида кучланиш интегралланмайдиган хусусиятга эгадир.



1- $\gamma_0 = 0,01$; 2- $\gamma_0 = 0,05$;
3- $\gamma_0 = 0,1$; 4- $\gamma_0 = 0,2$

2 - расм. Ингичка пона сиртидаги σ_{yy} (МПа) кучланишнинг тақсимланиши



1- $\nu_0 = 0,1$; 2- $\nu_0 = 0,2$;
3- $\nu_0 = 0,3$; 4- $\nu_0 = 0,4$

3 - расм. Айланма конус сиртидаги σ_{yy} (МПа) кучланишнинг тақсимланиши

Сиқилувчан пластик муҳит ҳолатида Х.А.Рахматулиннинг «пластик газ» модели қўлланилган, унга биноан юкланиш пайтида грунт ўз зичлигини маълум қонун бўйича ўзгартиради, юксизланишда эса юкланишда олинган зичлигини сақлаб қолади. Грунт ҳаракати тенгламасини тузиш учун А.А. Ильюшин таклиф қилган «ясси кесимлар» гипотезаси қўлланилган, унга кўра грунт заррачалари қаттиқ жисмнинг (конус) симметрия ўқиға перпендикуляр текисликда радиал ҳаракатларни амалга оширади. Бу ҳолатда жисм ҳаракати тўғрисидаги масала цилиндрик симметрияга эга сиқилувчан пластик муҳит ҳаракатини тадқиқ қилишга олиб келади. Ҳаракат ва узлуксизлик тенгламаси цилиндрик координаталарда ихтиёрий кесимда кўйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\rho_0 r \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = (r+u) \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + (\sigma_r - \sigma_\theta) \frac{\partial}{\partial r} (r+u), \quad \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial r} (r+u)^2 = \frac{\rho_0}{\rho} r, \quad (5)$$

бу ерда: t - вақт, r - Лангранж координатаси, $u(r, t)$ - грунт зарраларининг радиал кўчиши, σ_r , σ_θ - мос равишда радиал ва тангенциал кучланишлар, ρ_0 , ρ - мос равишда грунтнинг бошланғич ва ихтиёрий вақтдаги зичлиги.

Грунт пластик муҳит сифатида моделлаштирилганлиги туфайли, кучланишлар Прандтлнинг пластиклик шартини қонулантиради:

$$\sigma_r - \sigma_\theta = \tau_0 + \mu(\sigma_r + \sigma_\theta), \quad (6)$$

бу ерда $\tau_0 = 2k_1 \cdot \cos \theta$ ва $\mu = \sin \theta$, k_1 - илашиш коэффициентини, θ - ички ишқаланиш бурчаги. Конус кўринишдаги панжа юзасига муҳит томонидан таъсир қилинаётган кучланиш $p_1 = -\sigma_r$ нинг қуйидаги ифодаси аниқланган:

$$p_1 - p_a = \ddot{L} \frac{\rho_0 \cdot \varphi(v, b_1) \cdot x \operatorname{tg}^2 \beta}{b_1} + \dot{L}^2 \frac{\rho_0 \cdot \operatorname{tg}^2 \beta}{b_1(v-2)} [(v-2) \cdot \varphi(v, b_1) + b_1(v-2) \cdot a^{v/2} - a^{v/2-1} + 1] + \varphi(v, b_1) \left[v \cdot p_a + \frac{\tau_0}{(1+\mu)} \right]. \quad (7)$$

бу ерда $v = 2\mu/(1+\mu)$, $b_1 = \rho_0 / \rho_1$, $x = L - L_1$, $\varphi(v, b_1) = (a^{v/2} - 1)/v$, $a = 1/(1-b_1)$.

Кучланиш учун аниқланган ифода (7) дан босим ифодасини грунт қаршилиқ кучининг тўлиқ формуласига кўямиз ва $h = L \cdot \operatorname{tg} \beta$ ($L = L(t)$, β – конус ўқ бўйлаб кучиш қонуни ва текис бурчаги)ни ҳисобга олган ҳолда интергаллашни амалга ошириб қуйидаги ифодани оламиз (μ_0 - грунт ва конус сирти орасида кулон ишқаланиш коэффициентини):

$$F = \pi(1 + \mu_0 \operatorname{ctg} \beta) (A + B\rho_0 \dot{L}^2 + \rho_0 C \cdot L \cdot \ddot{L}) h^2, \quad (8)$$

бу ерда:

$$A = \pi \cdot \operatorname{tg}^2 \beta \cdot \left[p_a + \frac{\tau_0}{v(1+\mu)} \right] \cdot (a^{v/2} - 1),$$

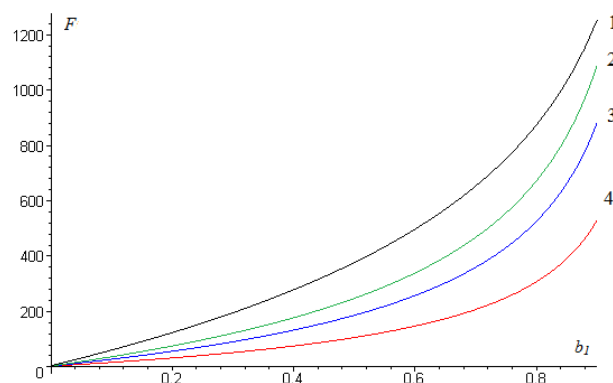
$$B = \frac{\pi \cdot \operatorname{tg}^4 \beta}{b_1(v-2)} \left[\frac{v-2}{v} \cdot (a^{v/2} - 1) + b_1(v-2)a^{v/2} - (a^{v/2-1} - 1) \right], \quad C = \frac{\pi \cdot \operatorname{tg}^4 \beta}{3b_1 v} (a^{v/2} - 1)$$

Конуснинг ўзгармас тезлик билан ҳаракатланиш ҳолатида $L = v_0 t$, $\dot{L} = v_0$, $\ddot{L} = 0$ га эга бўламиз. Унда (8) формула қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$F = (1 + \mu_0 \operatorname{ctg} \beta) (A + B \cdot \rho_0 v_0^2) h^2. \quad (9)$$

Ҳисоблашларда параметрларнинг қуйидаги қийматлари қабул қилинган: $v_0 = 1,7 \text{ м/с}$, $\mu_0 = 0,2$, $\beta = 20^\circ$, $k_1 = 50000 \text{ Н/м}^2$, $\rho_0 = 2000 \text{ кг/м}^3$, $h = 0,2 \text{ м}$. 4-расмда грунтнинг ички ишқаланиш μ коэффициентининг турлича қийматлари ва айлана конуси сиртидаги бурчаги $\lambda = 20^\circ$ бўлганда қаршилиқ кучининг зичлашиш параметри $b_1 = \rho_0 / \rho_1$ га нисбатан ўзгаришининг графиклари келтирилган. Графикдан кўринадики, грунтнинг $b_1 = \rho_0 / \rho_1$ зичлиги (бу ерда ρ_1 – панжа юзаси яқинида грунт зичлиги) ошиши билан цилиндрик тўлқин fronti ортидаги қаршилиқ кучи F сезиларли даражада ортади. Ички ишқаланиш бурчаги θ нинг ортиши қаршилиқ кучини камайишига олиб келади.

Диссертациянинг «Пластик сиқилувчи муҳит сифатида моделлаштирилган грунтда юмшатиш панжасининг ҳаракат қонунини аниқлаш» деб номланган учинчи бобида вақтга нисбатан машинанинг



1 – $\mu = 0$, 2 – $\mu = 0,5$, 3 – $\mu = 0,7$, 4 – $\mu = 0,9$

4-расм. Грунт қаршилиқ куч F (Н) нинг b_1 га нисбатан ўзгариш графиклари

тортиш кучи ўзгаришини маълум қонунлар асосида грунт муҳитида конус ҳаракат қонунини аниқлаш масаласи кўрилган.

Грунтнинг қаршилиқ кучини инобатга олган ҳолда ташқи куч $P_0(t)$ таъсирида оғирлиги m бўлган конуснинг ҳаракат тенгламаси қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$[m + m_{np}(h)]\ddot{L} = -(1 + \mu_0 \operatorname{ctg} \beta)(A + B\rho_0 \dot{L}^2)h^2 + P_0(t). \quad (10)$$

m_{np} – грунтнинг қўшилган массаси. Конуснинг (10) чи ҳаракат тенгламаси ихтиёрий куч таъсирида қуйидаги бошланғич шартларда интегралланади: $t = 0$ бўлганда, $L = 0$ и $\dot{L} = 0$.

Юмшатгичнинг тупроқдаги бир ўлчовли ҳаракатида конусга қуйидаги турли динамик кучлар таъсири ўрганилган: $P_0 = m\omega_0 \delta(t)$ (импульс), $P_0 = P_{00} = \text{const}$ ҳамда вақт бўйича ўзгарувчан куч $P_0 = p_1^* t$, $t \leq t_1$ да ва $P_0 = p_1^* t_1$, $t \geq t_1$ да. Ҳисоблаш натижалари таҳлилидан маълум бўлдики, юмшатиш панжаси, ички ишқаланиш коэффициентининг қиймати катта бўлганда юмшоқ тупроқ учун силжиш юқори қийматларига эга. Доимий ва чизикли қонун бўйича ўзгарувчан кучлар таъсирида юмшатиш панжасининг тезлиги вақт ортиши билан тезда чегаравий қийматга эга бўлади, сўнг у доимий тезлик билан ҳаракатланади. Ички ишқаланиш коэффициенти μ нинг кичик қийматларида юмшатиш панжасининг ҳаракати фақатгина тупроқнинг сезилмас зичланишида амалга оширилади. Коэффициент μ нинг ортиши билан юмшатиш панжаси ҳаракати грунтни зичлашиш b_1 параметрининг барча қийматларида амалга оширилиши мумкин.

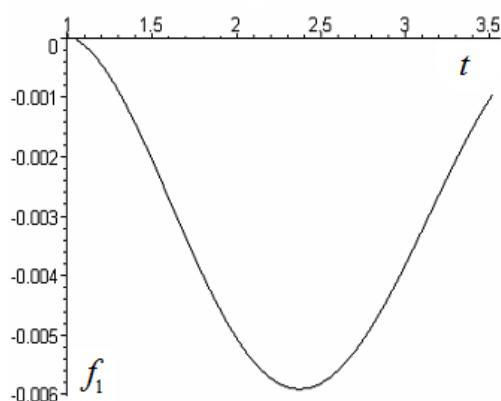
Тупроқда конус ўқи бўйлаб юмшатиш панжасининг бир ўлчовли ҳаракати таянч билан эластик маҳкамланган ҳолати учун тадқиқ қилинган. Олинган натижалар таҳлили шуни кўрсатдики, бикрлик коэффициенти k_0 ортиши билан юмшатиш панжаси ўсиб борувчи амплитудали, юқори частотали тебранишни амалга оширади, яъни панжа ҳаракатланганда эластик элемент кўпроқ даражада сиқилиш ҳолатида бўлади, унинг қиймати зичлашиш параметри $b_1 = \rho_0 / \rho_1$ ортиши билан ортади, лекин бунда бикрлик коэффициенти эластиклик кучи амплитудасига умуман таъсир қилмайди.

Кейинги босқичда юмшатиш панжаси айланишида грунтнинг эластик қаршилигини ҳисобга олган ҳолда «таянч – юмшатиш панжаси» тизимининг горизонтал-айланма ҳаракати тадқиқ қилинган. Юмшатгич конструкциясига, пастки учидидаги тугал масса – юмшатгич панжаси тизимига уни горизонтал йўналишда ҳаракатлантирувчи таянч киради. Бунда конструкциянинг бир қисми (таянч) тупроқ муҳитидан ташқарида жойлашган, бошқа қисми эса (панжа) тупроқ билан ўзаро таъсирда бўлади ва ҳаракат жараёнида тупроқ структурасини ўзгартиради.

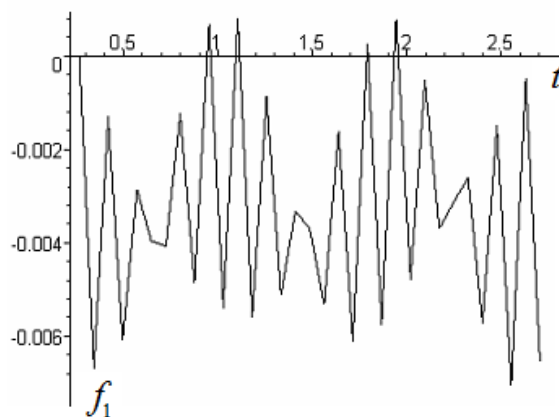
Ҳисоблашлар шуни кўрсатдики, айланиш бурчагини юмшатиш панжасининг илгарилама ҳаракатига таъсири сезиларли эмас.

5-расмдаги графиклардан кўриниб турибдики, бикрлик коэффициенти тизимни айланма тебраниш жараёнига сезиларли таъсир кўрсатади. Бу коэффициентнинг кичик қийматларида тизим оғирлик маркази атрофида

узун даврга эга тебранишларни амалга оширади, бикрлик коэффициенти қиймати ортиши билан эса юқори частотали тебранишга эга бўлади, лекин бу коэффициент тебраниш амплитудасига деярли таъсир қилмайди.



$k_0 = 50H / м$



$k_0 = 200H / м$

5-расм. Бикрлик k_0 коэффициентининг турли қийматларида тизимнинг айланиш $f_1 = \varphi(t)$ (радиан) бурчагининг t (сек) вақтга нисбатан боғлиқлиги

«**Чуқур юмшатгич деталлари тебраниши ва куч билан юкланишини тадқиқ қилиш**» деб номланган тўртинчи бобда таянчга тўпланган куч таъсирида чуқур юмшатгич деталларининг динамикаси ўрганилган. Таянчнинг юмшатиш панжасига қаттиқ ва эластик бириктирилган ҳолатлари кўрилган.

Тупроқ муҳиtida унга ишлов бериш машинасини ишчи органлари тебранишининг масаласи қўйилиши ва уларни сонли-аналитик ечиш усули ёритилган, тўлқин тенгламаларининг чегаравий ечимларини олишда Фурье қаторларидан фойдаланилган. Сонли тадқиқотлар натижалари асосида чуқур юмшатгич ишчи органининг юкланишини ва унинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини ҳисоблаб чиқиш мумкин.

Таянчга ўзгарувчан тортиш кучи таъсир қилганда чуқур юмшатгич билан бириктирилган деталлар тизимининг динамик модели кўрилган. Чуқур юмшатгичнинг ишчи қисми l узунликдаги балка сифатида қабул қилиниб, бир учи оғирлиги m бўлган, унга маҳкам бириктирилган жисм – юмшатиш панжаси билан бирлаштирилган, иккинчи учи эса эркин ҳолатда. Юмшатиш панжаси грунт муҳиtida $W=L(t)$ қонуни билан ҳаракатланади. Балканинг эркин учидан l_0 масофада таянчга кўндаланг куч $P = P_0(t)$ таъсир қилади.

Чуқур юмшатгични бирлашган деталларининг кўндаланг тебраниши масаласини ечиш усулини тавсифлаш учун таянчнинг юмшатгич панжасига эластик қотирилиши ҳолати кўрилган. Бунда балканинг кўндаланг тебранишлар тенгламаларини қўйидаги кўринишга келтирамиз:

$$EI \cdot \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + m_0 \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} + c \cdot \left[W(l, t) - L(t) \right] \cdot \delta(l - x) = P_0(t) \cdot \delta(l_0 - x), \quad (11)$$

$$\left[m + m_{np}(h) \right] \cdot \ddot{L} = -(1 + \mu_0 \operatorname{ctg} \beta) \cdot (A + B\rho_0 \dot{L}^2) \cdot h^2 + c \cdot \left[W(l, t) - L(t) \right], \quad (12)$$

бу ерда: c – эластик элементининг бикрлик коэффициентини, E – балка материалининг Юнг модули, I – балка кесимининг инерция моменти, m_0 – унинг погон массаси, $\delta(\xi)$ – Диракнинг дельта функцияси.

Юқоридаги (11) тенглама куйидаги чегаравий шартларда интегралланади:

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = 0, \quad \frac{\partial^3 W}{\partial x^3} = 0, \quad x = 0 \text{ бўлганида}; \quad \frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad W = L(t), \quad x = l \text{ бўлганида.} \quad (13)$$

$W(x, t)$ ва $L(t)$ функцияларни аниқлаш учун бошланғич шартларни нол деб қабул қиламиз. Шунда (11) тенгламанинг ечимини аниқлаш учун (13) чегаравий шартларни ва нолинчи бошланғич шартларни ҳисобга олиб, Фурье усулидан фойдаланамиз:

$$W = L(t) + \sum_{n=1}^{\infty} X_n(x) T_n(t), \quad (14)$$

бу ерда: $X_n(x)$ - Крилов функциялари орқали ифодаланади.

Бажарилган амаллар натижасида (14) формуладаги Фурье қаторининг T_n коэффициентлари ва юмшатувчи панжанинг $L(t)$ ҳаракат қонунини аниқлаш учун куйидаги тенгламалар тизимини оламиз:

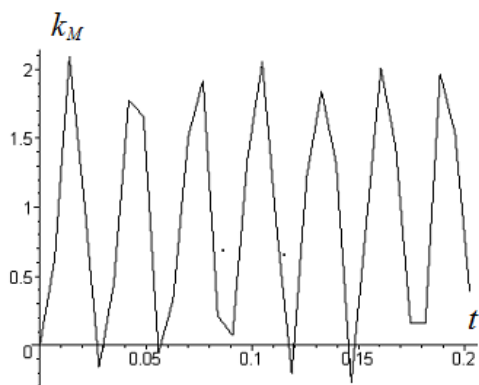
$$\ddot{T}_n + \lambda_n^2 T_n = \frac{P_0(t) X_n(l)}{b_n m_0} + \frac{a_n (1 + \mu_0 \operatorname{ctg} \beta) \cdot (A + B\rho_0 \dot{L}^2) \cdot h^2}{b_n (m + m_{np})} - \frac{a_n EJ}{b_n (m + m_{np})} \sum_{k=1}^{\infty} X_k'''(\alpha_k l) \cdot T_k(t), \quad (15)$$

$$\ddot{L}(t) = -\frac{(1 + \mu_0 \operatorname{ctg} \beta)(A + B\rho_0 \dot{L}^2) h^2}{m + m_{np}} + \frac{EJ}{m + m_{np}} \sum_{k=1}^{\infty} X_k'''(\alpha_k l) T_k(t). \quad (16)$$

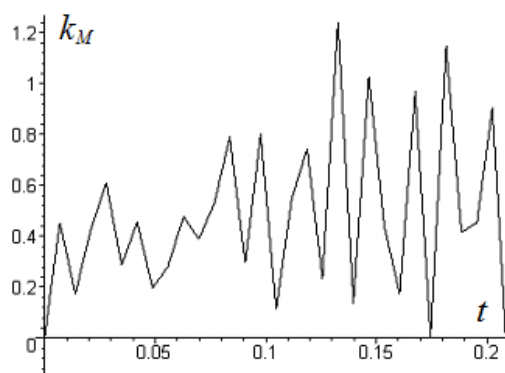
Юқоридаги (15) ва (16) тенгламалар биргаликда иккинчи тартибли чексиз дифференциал тенгламаларни ҳосил қилиб, $T_n(t)$ ва $L(t)$ функцияларни аниқлаш учун чекли сондаги тенгламалар тизимига келтириш усулини қўллаш мумкин бўлади.

Панжа ҳаракатининг бошланғич вақти нолга тенг деб қабул қилинган. Бунда панжа ҳаракатини амалга ошириш учун зарур бўлган кучнинг энг кичик қиймати $P_{00} = P_{00}^{(\min)} = (1 + \mu_0 \operatorname{ctg} \beta) A h^2$ шартдан аниқланган. Сонли натижалар ташқи куч қиймати $P_{00} = 4P_{00}^{(\min)}$ га тенг бўлганда, $b_c = 0,04 \text{ м}$, $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $\beta = \beta_{\text{лан}} = 20^\circ$, $k_1 = 50000 \text{ Н/м}^2$, $\rho_0 = 2000 \text{ кг/м}^3$, $\mu_0 = 0,2$, $h_{\text{лан}} = h_{\text{кон}} = h = 0,2 \text{ м}$, $P_{00} = 200 \text{ Н}$, $\rho_c = 7800 \text{ кг/м}^3$, $b_1 = \rho_0 / \rho_1 = 0,75$, таянчнинг погон массаси $m_c = m_0 = b_c^2 \rho_c$ формуласи бўйича аниқланган.

8-расмда $l_0(\text{м})$ узунликнинг турли қийматларида $b_1 = \rho_0 / \rho_1 = 0,5$ ($P_{00}^{(\min)} = 370 \text{ Н}$) бўлганда $x = l$ кесимда эгувчи моментнинг статик қийматига нисбати вақтга боғлиқлик графиклари келтирилган.



$l_0 = 0$



$l_0 = 0,9$

8-расм. Эгувчи момент k_M (статик моментга нисбатан) нинг вақт t (сек) га боғлиқлик графиклари

Тадқиқотлар натижаларининг таҳлилидан момент ва кесувчи кучнинг ўзгариши ташқи кучнинг қўйилиш жойига боғлиқ ва вақт бўйича гармоник тебраниши кузатилади.

Таянчнинг пастки кесими қўзғалмас элемент ёрдамида панжа массасига қаттиқ ёки эластик элемент билан бириктирилган ҳолда, таянчнинг қўндаланг кесимининг ўқ йўналиши бўйича ҳаракати кўриб чиқилган. Таҳлил натижаларидан юмшатиш панжаси динамик кучланиш таъсирида кичик бўлган амплитудага эга гармоник тебранишига яқин тебранишлари аниқланган. Динамик кучи катталигига боғлиқ ҳолда ўқ йўналишидаги кучланиш 1,1÷1,5 марта ортиши мумкинлиги кўрсатилган.

ХУЛОСА

«Табиий грунт билан ўзаро таъсиридаги чуқур юмшатгич ишчи органининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолати тадқиқоти» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Тупроққа чуқур ишлов бериш машина ва қурилмаларнинг сифатини ошириш ва энергия сарфини камайтириш, чуқур юмшатгич ишчи органларининг технологик ишлаш жараёни ва конструкциясининг янги схемаси ишлаб чиқиш, ишчи органнинг тупроқ билан ўзаро таъсирида чуқур юмшатгич деталларининг юкланишини баҳолаш усуллари деформацияланувчи қаттиқ жисм механикаси доирасида ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган усул тупроқнинг технологик хусусиятларини таҳлил қилиш асосида чуқур юмшатгич ишчи органининг тупроқнинг деформацияланиш ва ҳаракатланиш моделини ишлаб чиқиш имконини берган.

2. Пластик муҳит моделини қўллаш ҳамда “ясси кесимлар” гипотезаси орқали соддалаштирилган тенгламалар асосида чекли деформацияларни ҳисобга олиб, юмшатиш панжаси атрофида тупроқ ҳаракатининг сонли ечиш усули ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган усул ички ишқаланиш ва грунтнинг

илашиш коэффициентига боғлиқ ҳолда, юмшатгичнинг ишчи органи атрофида қаршилик кучининг юқори даражада ортиб боришини кўрсатиб, тупроқ зичлигини аниқлаш имконини беради.

3. Ингичка пона шаклидаги чуқур юмшатгич панжаси чизиқли-эластик муҳитида ўзгармас тезликда ҳаракат тенгламасининг ечиш усули ишлаб чиқилди ва тупроқнинг қаршилик кучи аниқланди. Ишлаб чиқилган усул куч катталиги жисм ва грунт орасидаги боғланиш шартларига боғлиқлигини, унинг энг катта қиймати эса панжанинг грунт муҳитида ажралмаган ҳолда ҳаракатланганда эришилишини тасдиқлаш имконини беради.

4. Турли динамик кучлар таъсирида грунтда чуқур юмшатгич панжасининг ҳаракат тенгламасининг ечиш усули ишлаб чиқилди. Бу усул доимий тортиш кучи таъсирида панжанинг ҳаракати тупроқнинг сиқилиш параметрлари ва ички ишқаланиш коэффициентининг чекли қийматларида амалга оширилиши мумкинлиги исботлаш имконини беради.

5. Кўндаланг ва бўйлама динамик куч таъсирида балка шаклида қабул қилинган чуқур юмшатгич таянчининг юкланганлигини баҳолаш усули ишлаб чиқилди ва чексиз чизиқсиз тенгламалар тизими олиниб, уларни ечиш учун кесиш усули қўлланилди. Ишлаб чиқилган усул тупроқнинг сиқилиш даражасини ҳисобга олиб, юмшатиш панжаси яқинида ва ташқи кўндаланг куч қўйиладиган жойида момент ва кесувичи кучнинг қийматлари мунтазам ўзгаришини аниқлаш имконини беради. Сонли ҳисоблаш натижалари момент ва қесувчи кучнинг вақт бўйича ўзгаришлари, тебраниш ҳаракати қонунига яқин бўлиб, эгувчи момент таянчининг юқори кесимида юкланиш таъсирида энг катта мусбат ва манфий тебраниш амплитудаларига эгаллигини кўрсатди.

6. Чуқур юмшатгичнинг пастки қисми юмшатиш панжаси билан эластик элемент орқали бириктирилган таянч кесимининг ўқ йўналишидаги ҳаракат тенгламасини сонли ечиш усули ишлаб чиқилди. Сонли ҳисоблаш натижалари юмшатиш панжаси динамик кучланиш таъсирида кичик амплитудага эга бўлган гармоник тебранишларга яқинлигини кўрсатди, бунда динамик кучнинг катталигига боғлиқ ҳолда ўқ йўналишидаги кучланиш 1,1-1.5 марта ортиши мумкинлигини тасдиқлади.

7. Ҳозирги вақтда тадқиқот натижаларини таҳлил қилиш орқали грунтда ҳаракатланаётган чуқур юмшатгич ишчи органининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини аналитик-сонли ҳисоблаш учун тупроқнинг деформацияланиш модели ва “ясси кесимлар” гипотезаси асосида ишлаб чиқилган усул самарали эканлиги кўрсатилди. Ишлаб чиқилган усулнинг афзаллиги, унинг қўлланилиши динамик параметрлари яхшиланган чуқур юмшатгич ишчи органлари тупроқни юқори сифатли юмшатилишини таъминлайди, натижада тортиш қаршилигини ва энергия сарфини камайишига имкон беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ
МЕХАНИКИ И СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ**

ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ

ДЖУРАЕВА НАРГИЗА БАТИРЖАНОВНА

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ ПРИ
ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ЕСТЕСТВЕННЫМ ГРУНТОМ**

01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ
ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИМ НАУКАМ (PhD)**

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по физико-математическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2019.3PhD/FM404

Диссертация выполнена в Институте механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан.

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

Научный руководитель:

Рашидов Турсунбай

доктор технических наук, профессор, академик

Официальные оппоненты:

Сафаров Исмоил Иброхимович

доктор физико-математических, профессор

Худаяров Бердирасул Мирзаевич

доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Национальный университет Республики Узбекистан

Защита диссертации состоится «30» июня 2021 г. в 10⁰⁰ часов на заседании научного совета DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 при Институте механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз. (Адрес: 100125, г. Ташкент, ул. Дурмон йули, 33, зал заседаний-1. Тел.(99871) 262-71-52; факс: (99871) 262-71-32, e-mail: instmech@academy.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан им. М.Т. Уразбаева (регистрационный номер 6). Адрес: 100125, г. Ташкент, ул. Дурмон йули, 33.

Автореферат диссертации разослан «18» июня 2021 года.
(протокол рассылки № 2 от «18» июня 2021 года)



Handwritten signature in blue ink.

Handwritten signature in blue ink.

Handwritten signature in blue ink.

М.М. Мирсаидов

Председатель научного совета по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор, академик

М.К. Усаров

Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, д.ф.-м.н., с.н.с.

Р.А. Абиров

Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.ф.-м.н., с.н.с.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мировой практике в области современного сельскохозяйственного производства разработка энерго-ресурсосберегающих почвообрабатывающих машин и орудий с высоким качеством работы и эффективностью остается одной из главных проблем. Особое внимание уделяется механическому рыхлению почвы на глубину 50 см, поскольку уплотнение подпахотного горизонта снижает урожайность, а также увеличивает вымывание питательных элементов из почвы. В таких странах, как США, Германия, Канада, Румыния, Венгрия, Узбекистан периодическое глубокое рыхление почвы имеет важное значение.

Особое внимание в мире уделяется разработке различных физических и математических моделей для изучения поведения грунтов при статических и динамических воздействиях, связанных с движением тел в почвенной среде, что является объективной необходимостью. Главным фактором экономического развития сельскохозяйственного производства является повышение производительности почвообрабатывающих машин, которое достигается за счет уменьшения тягового сопротивления при проходе тракторов и других орудий благодаря разуплотнению почвы, что в конечном счете ведет к экономии горюче-смазочных материалов и снижению нагрузок на орудия, усовершенствование схемы технологического процесса работы глубокорыхлителя с целью получения высокого качества обработки почвы в зависимости от выбора модели грунта и оценки напряженного состояния деформируемых узлов деталей глубокорыхлителя с целью установления рациональных параметров рабочего органа глубокорыхлителя для определения расчетной величины силы тяги почвообрабатывающей машины.

В нашей республике особое внимание уделяется усовершенствованию технологической схемы обработки почвы, в связи с чем, путем экспериментальных исследований разработаны новые методы оценки поведения почвенной среды при различных видах ее деформации, вызванной динамическим взаимодействием элементов почвообрабатывающего орудия с грунтом. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи по «...дальнейшему улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель, развитию сети мелиоративных и ирригационных объектов, широкому внедрению в сельскохозяйственное производство интенсивных методов, прежде всего современных водно- и ресурсосберегающих агротехнологий, использованию высокопроизводительной сельскохозяйственной техники»¹. При реализации данных задач создание новой методики расчета на прочность рабочих органов глубокорыхлителя при взаимодействии с почвенной средой, определение силы сопротивления почвенной среды на основе выбранной

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан». Ташкент. 2017. www.lex.uz.

модели грунта с последующим установлением закона движения рабочего органа в грунтовой среде, разработка методики численного расчета продольных и поперечных колебаний стойки рыхлителя при его взаимодействии с деформируемым грунтом, а также оценка уровня нагруженности рабочего органа глубокорыхлителя имеют научное и практическое значение.

Исследования, выполненные в рамках настоящей диссертации, в определенной степени служат реализации задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП - 4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП - 3117 от 7 июля 2017 года «О мерах по дальнейшему развитию научно-технической базы в сфере сельскохозяйственного машиностроения», также в других нормативно-правовых документах, имеющих отношение к данной деятельности.

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

Степень изученности проблемы. В настоящее время в области создания новых и совершенствования существующих почвообрабатывающих машин и орудий, а также развития методов расчета рабочих органов на динамическую прочность многими учеными мира выполняется ряд научно-исследовательских работ, в том числе: A.Canarache, R.Horn, I.Colibas, C.T.Beckett, S.Bewsher, A.L.Guzzomi, B.M.Lehane, G.Riethmuller, J.E.Richard, C.Misener, P.Milburn, L.P.McMillian, A.Ellington, В.П.Горячкин, А.Н.Гудков, И.В.Василенко, В.Н.Кузнецова и другие.

В нашей республике такие ученые как М.В.Сабλικов, Г.Н.Синеоков П.М.Никифоров, А.В.Шуравилин, М.В.Мухамеджанов, А.Закиров, А. Джураев, М.М.Миркасымов, А.К.Кашкаров, В.А. Сергиенко, Г.М. Рудаков, Н.С.Бибутов, А.С.Шох, А.Тухтакузиев, Р.И.Байметов, Б.С.Мирзаев, А.К.Игамбердиев, А.А.Ибрагимов, К.Б.Имомкулов и другие в своих трудах проводили исследования физико-механических и технологических свойств почвы в различные периоды их обработки, методов определения прочностных характеристик рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий при динамических нагрузках, возникающих в процессе рыхления подпахотного горизонта.

Вопросами динамики элементов сложных систем, взаимодействующих с грунтом на основе использования экспериментальных данных и различных математических моделей занимались Т.Рашидов, А.Д.Глущенко, Я.Н.Мубораков, Г.Х.Хожметов, М. Маматкулов, К.С.Ширинкулов, Б. Мардонов, М.М.Мирсаидов, К.С.Султанов, Т.Мавлонов и многие другие ученые.

В настоящее время, в республике вопросам моделирования почвенной среды в процессе взаимодействия ее с рабочими органами глубокорыхлителя, изучения динамических процессов в почвенной среде и деталях

рыхлителя при нагружении их переменной силой тяги, научному обоснованию методики оценки напряженного состояния деформируемых узлов рабочего органа глубокорыхлителя достаточного внимания не было уделено. По этой причине, решение задачи по определению силы сопротивления почвенной среды на основе выбранной модели грунта и установление закона движения рабочего органа в почвенной среде, а также разработка методики оценки нагруженности стойки глубокорыхлителя, сопряженной с рыхлительной лапой при действии поперечных и продольных динамических усилий приобретают существенное значение.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими планами научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.

Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Института механики и сейсмостойкости сооружений по темам: ФА-А-15-040 «Разработка метода расчета на динамическую прочность конструкции почвообрабатывающей машины (на примере глубокорыхлителя) с целью повышения производительности, ресурсосбережения за счет улучшения динамических качеств» (2009-2011), АЗ-ФА-Ф054 «Разработка методов расчета на прочность на основе изучения динамики процессов в глубокорыхлителе с рабочими органами пространственной конструкции, соединительном узле к трактору полноприцепной хлопкоуборочной машины и адаптации ее рамной конструкции к производству, мембранного гидрораспределительного устройства гидросистемы машин» (2012-2014), ФА-Атех-2018-334 «Разработка широкозахватного хлопкового культиватора с универсальной рамой» (2018-2020).

Целью исследований является разработка численно-аналитического метода расчета динамики рабочего органа глубокорыхлителя при движении его в почве, моделируемой упругой и сжимаемой пластической средой, и оценка его нагруженности.

Задачи исследования:

провести анализ основных факторов, влияющих на физико-механические характеристики (свойства) почвенной среды;

определить силу сопротивления почвенной среды на основе выбранной модели грунта с последующим установлением закона движения рабочего органа в грунтовой среде;

определить величины максимальных напряжений, возникающих в деформируемых узлах деталей глубокорыхлителя при известном значении силы тяги почвообрабатывающей машины;

разработать метод численного расчета продольных и поперечных колебаний стойки глубокорыхлителя при его взаимодействии с деформируемым грунтом;

разработать метод определения и оценки уровня нагруженности рабочего органа глубокорыхлителя при взаимодействии с грунтовой средой для установления рациональных параметров рабочего органа глубокорыхлителя, использование которых позволяет оценить прочностные

характеристики элементов конструкции почвообрабатывающей машины на стадии проектирования.

Объектами исследований являются рабочие органы глубокорыхлителя, которые посредством рыхлительной лапы взаимодействуют с почвенной средой и движутся в ней под действием силы тяги трактора.

Предмет исследований: модель упругой и сжимаемой пластической среды, динамические процессы в почвенной среде и деталях рыхлителя при нагружении их переменной силой тяги, напряженно-деформированное состояние рабочего органа глубокорыхлителя при взаимодействии с почвенной средой.

Методы исследований. В процессе исследований были использованы методы механики деформируемого твердого тела, механики грунтов, моделирования физических процессов в элементах конструкции почвообрабатывающей машины, вычислительной математики и технологии программирования.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

обоснована механика математическая модель для описания двумерного движения рыхлительной лапы в виде узкого клина и кругового конуса в линейно-упругой и сжимаемой пластической среде, и при выполнении условий контакта определены силы сопротивления почвенной среды;

разработан метод определения горизонтально-вращательного движения системы «стойка-рыхлительная лапа» в грунтовой среде с учетом ее конечных деформаций на основе модели сжимаемой пластической среды и «гипотезы плоских сечений», и получен закон движения рыхлительной лапы в грунте при действии силы тяги;

разработана методика решения задачи о поперечном колебании стойки рыхлителя с нелинейными граничными условиями, приведенная к бесконечной системе нелинейных уравнений, для решения которой использован метод усечения;

разработана методика определения уровня нагруженности стойки рыхлителя, несущего в нижнем конце конечную массу - рыхлительную лапу, совершающую горизонтальные и вертикальные движения в грунтовой среде.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

разработана аналитико-численная методика расчета напряженно-деформированного состояния рабочего органа глубокорыхлителя, движущегося в грунте, моделируемом упругой и сжимаемой пластической средой;

разработана методика расчета двумерного движения рыхлительной лапы в виде узкого клина в линейно-упругой среде, позволяющая получить численные результаты, использование которых обеспечивает качественное рыхление почвы в направлении наименьшего сопротивления;

разработан метод определения движения рыхлительной лапы в почвенной среде с учетом коэффициента внутреннего трения и параметра уплотнения грунта;

проведен анализ закона движения сечения стойки в осевом направлении, где нижнее сечение жестко или упруго сопряжено с рыхлительной лапой.

Достоверность результатов исследований. Достоверность результатов исследований основана на применении точных математических методов при решении конкретных задач с использованием модели сжимаемой пластической среды, математического моделирования, теоретической механики и сопоставлении теоретических результатов с полученными результатами экспериментов и известными результатами решений схожих задач, имеющихся в научной литературе.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость результатов исследований заключается в разработке методики определения контактной силы взаимодействия, позволяющей установить необходимую расчетную величину силы тяги машины в зависимости от степени деформируемости почвенной среды и конструктивных особенностей глубокорыхлителя.

Практическая значимость работы заключается в разработке аналитико-численного метода расчета на прочность рабочих органов глубокорыхлителя, который позволит наиболее точно оценивать их напряженно-деформированное состояние в процессе эксплуатации и согласно агротехническим требованиям приведет к сокращению горюче-смазочных материалов, снижению энергетических затрат и повышению производительности почвообрабатывающей машины.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по исследованию напряженно-деформированного состояния рабочего органа глубокорыхлителя при взаимодействии с естественным грунтом на основании полученных научных результатов предложены следующие практические рекомендации:

разработанный метод определения нагруженности стойки глубокорыхлителя с массой (рыхлительной лапой) на конце при действии поперечных и продольных динамических усилий для оценки силы тяги использована в фермерском хозяйстве «Istiqlol agro omad» Янгиюльского района (Справка Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан 02/023-2197 от 21 мая 2021 г.). Расчетным путём установлено, что динамическая сила тяги может увеличиваться в пределах 1,1-1,5 раза;

разработанный метод определения перемещения рыхлительной лапы в почвенной среде в зависимости от коэффициента внутреннего трения и параметра уплотнения грунта для обоснования способа качественного рыхления почвы путем ее деформации в направлении наименьшего сопротивления использован в фермерском хозяйстве «Ideal kelajak agro» Янгиюльского района (Справка Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан 02/023-2197 от 21 мая 2021 г.). В результате установлена возможность уменьшения тягового сопротивления рабочего органа на 1,2-3,4%;

рекомендации по расчету на динамическую прочность рабочего органа глубокорыхлителя при взаимодействии с почвой и обоснованию выбора

рациональных параметров с целью улучшения прочностных характеристик и снижения энергоемкости использованы в АО «ВМКВ-Агромаш» для проектирования и изготовления опытного образца (Справка Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан 02/023-2197 от 21 мая 2021 г.). Предложенный метод указывает на возможность снижения энергетических затрат до 20%.

Апробация результатов исследований. Результаты исследований были апробированы и одобрены на 10 конференциях, в том числе обсуждены на 7 международных и 3 республиканских научно-технических конференциях и семинарах.

Опубликованность результатов исследований. По теме диссертации опубликованы всего 19 научных работ. Из них 9 научных статей, в том числе 6 в республиканских и 3 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD).

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 113 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан, сформулированы цели и задачи, указаны объект и предмет исследования, обоснована достоверность полученных результатов, изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены перечень внедрений результатов исследования в практику, сведения об опубликованных работах и о структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Анализ и обзор научно-технических исследований по проблемам расчета элементов конструкции глубокихлителя и обоснование задачи исследования**» проводится обобщение результатов исследовательских работ по созданию технических средств при глубокой обработке почвы, и анализируются ее физико-механические свойства.

Обоснованы основные параметры рабочего органа глубокихлителя, влияющие на качественные и энергетические показатели работы почвообрабатывающей машины.

В результате анализа и обзора научно-технических исследований по проблемам расчета элементов конструкции глубокихлителя сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе диссертации «Разработка модели деформирования и движения почвы в зоне воздействия глубокорыхлителя» приводится модель А.С. Кушнарера и модель линейной упругой среды для определения движения тела в виде клина и конуса в почвенной среде с постоянной скоростью.

Принимаем рабочий орган машины – рыхлительную лапу тонким твердым телом в виде криволинейного клина длины l с симметричным профилем относительно оси Ox и движущимся в почве с постоянной скоростью v_0 в направлении противоположном оси Ox (рис. 1). Почвенная среда моделируется неограниченной однородной линейной упругой средой.

Исследовано напряжено-деформированное состояние в произвольной точке среды абсолютно гладкой рыхлительной лапы в виде тонкого клина и кругового конуса при движении в линейно-упругой среде с постоянной скоростью.

В случае тонкого клина для компонент тензора напряжений σ_{22} и σ_{12} в произвольной точке упругой среды получены следующие выражения:

$$\sigma_{22} = -\frac{i \cdot [-(1 + \beta^2)^2 J_1(x_1, y_1, \alpha) + 4\beta \cdot \alpha J_1(x_1, y_1, \beta)]}{(1 - \beta^2)^2 \cdot \alpha} \quad (1)$$

$$\sigma_{12} = \frac{(1 + \beta^2)[J_2(x_1, y_1, \beta) - J_2(x_1, y_1, \alpha)]}{(1 - \beta^2)^2}. \quad (2)$$

В случае кругового конуса перемещения $u_1(r_1, x_1)$ и $v_1(r_1, x_1)$ определяются по формулам:

$$u_1(r_1, x_1) = \frac{1}{(1 - \beta^2)\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} [(1 + \beta^2)K_0(\alpha \cdot r_1|p|) - 2\beta^2 K_0(\beta \cdot r_1|p|)] \Gamma(p) \exp(-ipx_1) dp, \quad (3)$$

$$v_1(r_1, x_1) = -\frac{i}{(1 - \beta^2)\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} [\alpha(1 + \beta^2)K_1(\alpha \cdot r_1|p|) - 2\beta K_1(\beta \cdot r_1|p|)] \frac{p\Gamma(p)}{|p|} \exp(-ipx_1) dp. \quad (4)$$

Выражения для напряжений σ_{22} и σ_{12} определяются согласно закону Гука. В возмущенной области можно найти значения тензора напряжений и контактную силу взаимодействия между почвенной средой и телом (рыхлительной лапой).

Рассчитаны нормальные напряжения на поверхности рыхлительной лапы в виде тонкого клина и кругового конуса при его движении в почвенной среде с постоянной скоростью и определены силы сопротивления среды.

Представлены графики распределения напряжений на поверхности тонкого клина и кругового конуса, движущихся с постоянной скоростью в грунте, моделируемой линейно-упругой средой при различных значениях угла γ_0 (рад) (рис. 2) и коэффициента Пуассона ν_0 (рис. 3).

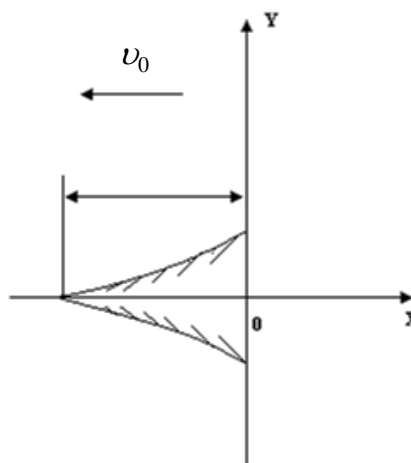
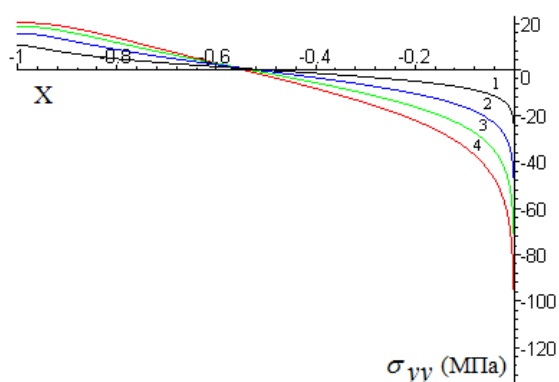


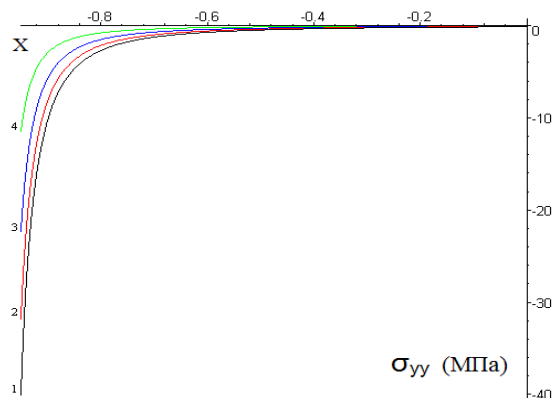
Рис. 1. Схематическое представление движения рыхлительной лапы в линейно-упругой среде

График на рис. 2 показывает, что напряжения вблизи кромки тела имеют логарифмическую особенность и находятся в сжатом состоянии. Удаляясь от кромки, напряжения убывают и переходят в зону растяжения. Это указывает на возникновение пластической зоны вблизи кромки, которая быстро исчезает с удалением от нее. График на рис.3 показывает, что в отличие от клина напряжения при вершине кругового конуса имеют неинтегрируемую особенность.



1- $\gamma_0 = 0,01$; 2- $\gamma_0 = 0,05$;
3- $\gamma_0 = 0,1$; 4- $\gamma_0 = 0,2$

Рис. 2. Распределения напряжения σ_{yy} (МПа) на поверхности движущегося клина



1- $\nu_0 = 0,1$; 2- $\nu_0 = 0,2$;
3- $\nu_0 = 0,3$; 4- $\nu_0 = 0,4$

Рис. 3. Распределения напряжения σ_{yy} (МПа) на поверхности движущегося конуса

В случае сжимаемой пластической среды используется модель «пластического газа» Х.А. Рахматулина, согласно которой грунт при нагружении изменяет свою плотность по определенному закону, при разгрузке он сохраняет плотность, полученную при нагружении. Для составления уравнения движения грунта используется «гипотеза плоских сечений», предложенная А.А. Илюшиным, согласно которой частицы грунта совершают радиальные движения в плоскости, перпендикулярной оси симметрии твердого тела (конуса). В этом случае задача о движении тела сводится к исследованию движения сжимаемой пластической среды с цилиндрической симметрией. Тогда уравнение движения и неразрывности в цилиндрических координатах в произвольном сечении имеют вид:

$$\rho_0 r \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = (r+u) \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + (\sigma_r - \sigma_\theta) \frac{\partial}{\partial r} (r+u), \quad \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial r} (r+u)^2 = \frac{\rho_0}{\rho} r, \quad (5)$$

где t - время, $u(r,t)$ - радиальное перемещение частиц грунта, σ_r, σ_θ - соответственно радиальное и тангенциальное напряжения, ρ_0, ρ - соответственно начальная и текущая плотности грунта.

Поскольку грунт моделируется пластической (сыпучей) средой, то напряжения удовлетворяют условию пластичности Прандтля:

$$\sigma_r - \sigma_\theta = \tau_0 + \mu(\sigma_r + \sigma_\theta), \quad (6)$$

где $\tau_0 = 2k_1 \cdot \cos \theta$ и $\mu = \sin \theta$, k_1 - коэффициент сцепления, θ - угол внутреннего трения.

Далее получено выражение для напряжения $p_1 = -\sigma_r$, действующего со стороны среды на поверхность рыхлительной лапы в виде кругового конуса:

$$p_1 - p_a = \ddot{L} \frac{\rho_0 \cdot \varphi(v, b_1) \cdot x \operatorname{tg}^2 \beta}{b_1} + \dot{L}^2 \frac{\rho_0 \cdot \operatorname{tg}^2 \beta}{b_1(v-2)} [(v-2) \cdot \varphi(v, b_1) + b_1(v-2) \cdot a^{v/2} - a^{v/2-1} + 1] + \varphi(v, b_1) \left[v \cdot p_a + \frac{\tau_0}{(1+\mu)} \right], \quad (7)$$

где $v = 2\mu/(1+\mu)$, $b_1 = \rho_0 / \rho_1$, $x = L - L_1$, $\varphi(v, b_1) = (a^{v/2} - 1)/v$, $a = 1/(1-b_1)$.

Подставляя выражение давления из (7) в общую формулу для определения силы сопротивления среды, и произведя интегрирование с учетом $h = L \cdot \operatorname{tg} \beta$ ($L = L(t)$, β - соответственно перемещение вдоль оси конуса и плоский угол при вершине конуса), получим (μ_0 - коэффициент кулоновского трения между грунтом и поверхностью конуса):

$$F = \pi(1 + \mu_0 \operatorname{ctg} \beta) (A + B\rho_0 \dot{L}^2 + \rho_0 C \cdot L \cdot \ddot{L}) h^2, \quad (8)$$

где:

$$A = \pi \cdot \operatorname{tg}^2 \beta \cdot \left[p_a + \frac{\tau_0}{v(1+\mu)} \right] \cdot (a^{v/2} - 1),$$

$$B = \frac{\pi \cdot \operatorname{tg}^4 \beta}{b_1(v-2)} \left[\frac{v-2}{v} \cdot (a^{v/2} - 1) + b_1(v-2)a^{v/2} - (a^{v/2-1} - 1) \right], \quad C = \frac{\pi \cdot \operatorname{tg}^4 \beta}{3b_1 v} (a^{v/2} - 1)$$

В случае движения конуса с постоянной скоростью имеем $L = v_0 t$, $\dot{L} = v_0$, $\ddot{L} = 0$. Тогда формула (8) примет вид:

$$F = (1 + \mu_0 \operatorname{ctg} \beta) (A + B \cdot \rho_0 v_0^2) h^2. \quad (9)$$

В расчетах принято: $v_0 = 1,7 \text{ м/с}$, $\beta = 20^\circ$, $k_1 = 50000 \text{ Н/м}^2$, $\rho_0 = 2000 \text{ кг/м}^3$, $\mu_0 = 0,2$, $h = 0,2 \text{ м}$. На рис. 4 представлен график изменения силы сопротивления в зависимости от параметра уплотнения грунта $b_1 = \rho_0 / \rho_1$ при $\lambda = 20^\circ$ и при различных значениях коэффициента внутреннего трения грунта $\mu = \sin \theta$. Как видно из графика, представленного на рис. 4, с ростом параметра уплотнения грунта за фронтом цилиндрической волны $b_1 = \rho_0 / \rho_1$ (где ρ_1 - плотность грунта вблизи поверхности лапы) значительно увеличивается сила сопротивления F . С другой стороны, увеличение угла внутреннего трения θ приводит к некоторому снижению силы сопротивления.

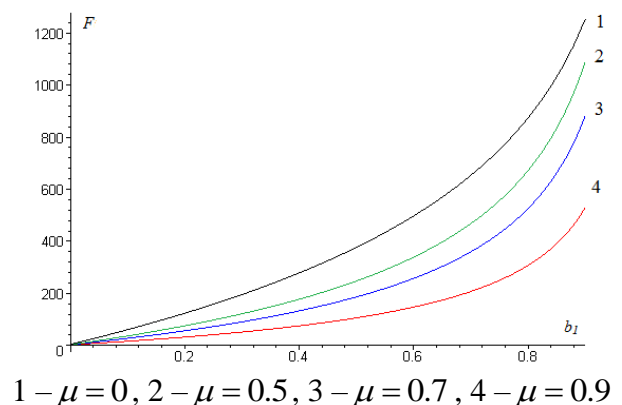


Рис. 4. Зависимости силы сопротивления грунта F от параметра уплотнения b_1

В третьей главе диссертации «**Определение закона движения рыхлительной лапы в грунте, моделируемом пластической сжимаемой средой**» рассматривается закон движения конуса в почвенной (грунтовой) среде при известном законе изменения силы тяги машины от времени.

Уравнение движения конуса массы m под действием внешней силы $P_0(t)$ с учетом силы сопротивления грунта имеет вид:

$$[m + m_{np}(h)]\ddot{L} = -(1 + \mu_0 \operatorname{ctg} \beta)(A + B\rho_0 \dot{L}^2)h^2 + P_0(t), \quad (10)$$

где $L = L(t)$ – перемещение конуса, m_{np} – присоединенная масса грунта.

Уравнение (10) при действии произвольной силы интегрируется численно при начальных условиях: $L = 0$ и $\dot{L} = 0$, при $t = 0$.

Изучено одномерное движение рыхлителя в грунте при действии на конус различных динамических сил: импульсной силы $P_0 = m\omega_0\delta(t)$, постоянной силы $P_0 = P_{00} = \text{const}$ и силы, действующей по закону $P_{00} = p_1t$, при $t \leq t_1$, $P_{00} = p_1t_1$, при $t \geq t_1$. Из анализа результатов расчета установлено, что рыхлительная лапа имеет большие значения перемещения для более рыхлой почвы при большем значении коэффициента внутреннего трения. При действии постоянной силы и силы, действующей по линейному закону, скорость рыхлительной лапы с ростом времени быстро достигает предельного значения, и далее она двигается с постоянной скоростью. При малых значениях коэффициента внутреннего трения μ , движение рыхлительной лапы реализуется только при незначительном уплотнении почвы. С ростом коэффициента μ движение рыхлительной лапы может реализоваться для всех значений параметра уплотнения грунта b_1 .

Одномерное движение рыхлительной лапы в почве вдоль оси приведенного конуса реализуется через упругий элемент, который жестко сопряжен со стойкой.

Анализ полученных результатов показывает, что с ростом коэффициента жесткости k_0 рыхлительная лапа совершает высокочастотное колебание с возрастающей амплитудой, то есть упругий элемент в процессе движения лапы в большей степени находится в состоянии сжатия, величина которой с ростом параметра уплотнения $b_1 = \rho_0 / \rho_1$ также растет, но при этом коэффициент жесткости практически не влияет на амплитуду силы упругости.

Далее исследуется горизонтально-вращательное движение системы «стойка-рыхлительная лапа» с учетом упругого сопротивления грунта при вращении рыхлительной лапы. В конструкцию рыхлителя входит стойка, несущая в нижнем конце конечную массу – рыхлительную лапу, и передающая ей горизонтальные силовые усилия. При этом часть конструкции (стойка) находится вне зоны влияния грунтовой среды, а другая часть (лапа) взаимодействует с грунтом и в процессе движения разрушает структуру грунта.

Расчеты показали, что влияние угла вращения на поступательное движение рыхлительной лапы незначительно.

По графикам, изображенным на рис. 5, видно, что коэффициент жесткости сопряжения существенно влияет на характер вращательного колебания системы. При малых значениях этого коэффициента система совершает колебание с длинным периодом около центра масс, а с ростом

значения коэффициента жесткости преобладает высокочастотное колебание. Однако этот коэффициент практически не влияет на амплитуду колебания.

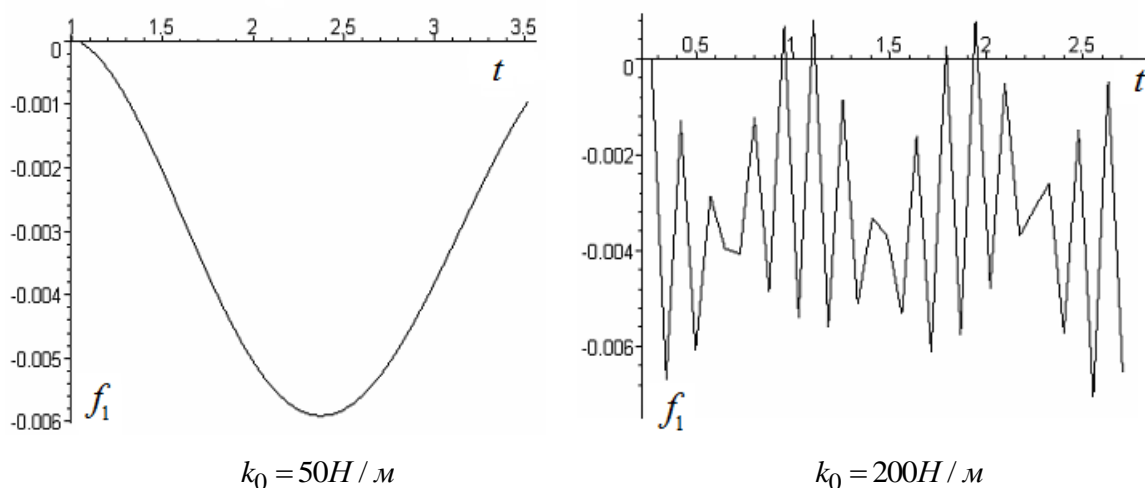


Рис. 5. Зависимости угла вращения $f_1 = \varphi(t)$ системы от времени t (с) при различных значениях коэффициента жесткости k_0

В четвертой главе «Исследование колебаний и силового нагружения деталей глубокорыхлителя» изучается динамика деталей глубокорыхлителя, под действием мгновенно приложенного усилия на стойку. Рассматриваются случаи жесткого и упругого крепления стойки к рыхлительной лапе.

В данной главе разработана аналитико-численная методика решения задачи колебания рабочих органов почвообрабатывающей машины в почвенной среде, при этом решения волновых уравнений построены в виде рядов Фурье на интервале, содержащем возмущенную область. По результатам численных исследований можно рассчитывать напряженно-деформированное состояние рабочего органа глубокорыхлителя для оценки его нагруженности.

Рассмотрена динамическая модель системы жестко связанных деталей глубокорыхлителя при действии на стойку переменной во времени силы тяги. Рабочий орган глубокорыхлителя представлен в виде балки длины l , один конец которой закреплен с затупленным телом - рыхлительной лапой массы m , которая перемещается в грунтовой среде по закону $W=L(t)$, а другой конец балки свободен. На расстоянии l_0 от свободного конца на балку действует поперечная сила $P = P_0(t)$.

Для описания метода решения поперечных колебаний сопряженных деталей глубокорыхлителя рассматривается случай упругого крепления стойки к рыхлительной лапе. Тогда уравнения поперечных колебаний балки представим в виде:

$$EI \cdot \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + m_0 \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} + c \cdot \left[W(l,t) - L(t) \right] \cdot \delta(l-x) = P_0(t) \cdot \delta(l_0 - x), \quad (11)$$

$$\left[m + m_{np}(h) \right] \cdot \ddot{L} = -(1 + \mu_0 ctg\beta) \cdot (A + B\rho_0 \dot{L}^2) \cdot h^2 + c \cdot \left[W(l,t) - L(t) \right], \quad (12)$$

где c - коэффициент жесткости упругого элемента, E - модуль Юнга материала балки, I - момент инерции сечения балки, m_0 - погонная масса, $\delta(\xi)$ - дельта функция Дирака.

Уравнение (11) интегрируется при граничных условиях:

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = 0, \quad \frac{\partial^3 W}{\partial x^3} = 0, \quad \text{при } x = 0, \quad \frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad W = L(t), \quad \text{при } x = l. \quad (13)$$

Начальные условия для определения функций $W(x,t)$ и $L(t)$ примем нулевыми. Решение уравнения (11) с учетом граничных условий (13) и нулевых начальных условий получим по методу Фурье в виде разложения:

Уравнение (11) решается методом Фурье в виде разложения:

$$W = L(t) + \sum_{n=1}^{\infty} X_n(x) T_n(t), \quad (14)$$

где $X_n(x)$ - функции Крылова.

В результате проведенных вычислений получаем систему уравнений для определения коэффициентов $T_n(t)$ и закона движения рыхлительной лапы $L(t)$ по формуле разложения в ряд Фурье (14) в следующем виде:

$$\ddot{T}_n + \lambda_n^2 T_n = \frac{P_0(t) X_n(l)}{b_n m_0} + \frac{a_n (1 + \mu_0 ctg\beta) \cdot (A + B\rho_0 \dot{L}^2) \cdot h^2}{b_n (m + m_{np})} - \frac{a_n EJ}{b_n (m + m_{np})} \sum_{k=1}^{\infty} X_k''(\alpha_k l) \cdot T_k(t), \quad (15)$$

$$\ddot{L}(t) = - \frac{(1 + \mu_0 ctg\beta)(A + B\rho_0 \dot{L}^2) h^2}{m + m_{np}} + \frac{EJ}{m + m_{np}} \sum_{k=1}^{\infty} X_k''(\alpha_k l) T_k(t). \quad (16)$$

Выражения (15) и (16) совместно образуют бесконечную систему дифференциальных уравнений второго порядка для определения функций $T_n(t)$ и $L(t)$, для решения которых можно применять метод усечения.

Время начала движения рыхлительной лапы приближенно принято равным нулю. При этом наименьшее значение силы, необходимое для реализации движения рыхлительной лапы определялось из условия $P_{00} = P_{00}^{(\min)} = (1 + \mu_0 ctg\beta) Ah^2$. Расчеты проводились при значении внешней силы, равной $P_{00} = 4P_{00}^{(\min)}$, $b_c = 0,04\text{ м}$, $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $\beta = \beta_{лан} = 20^\circ$, $k_1 = 50000 \text{ Н/м}^2$, $\rho_0 = 2000 \text{ кг/м}^3$, $\mu_0 = 0,2$, $h_{лан} = h_{кон} = h = 0,2\text{ м}$, $P_{00} = 200\text{ Н}$, $\rho_0 = 2000 \text{ кг/м}^3$, $b_1 = \rho_0 / \rho_1 = 0,75$, погонная масса стойки определялась по формуле $m_c = m_0 = b_c^2 \rho_c$,

На рис. 8 представлены кривые зависимости изгибающего момента и перерезывающей силы (отнесенных к их статическим значениям) в сечении $x = l$ по времени для различных значений длины $l_0(\text{м})$ при $b_1 = \rho_0 / \rho_1 = 0,5$ ($P_{00}^{(\min)} = 370\text{ Н}$).

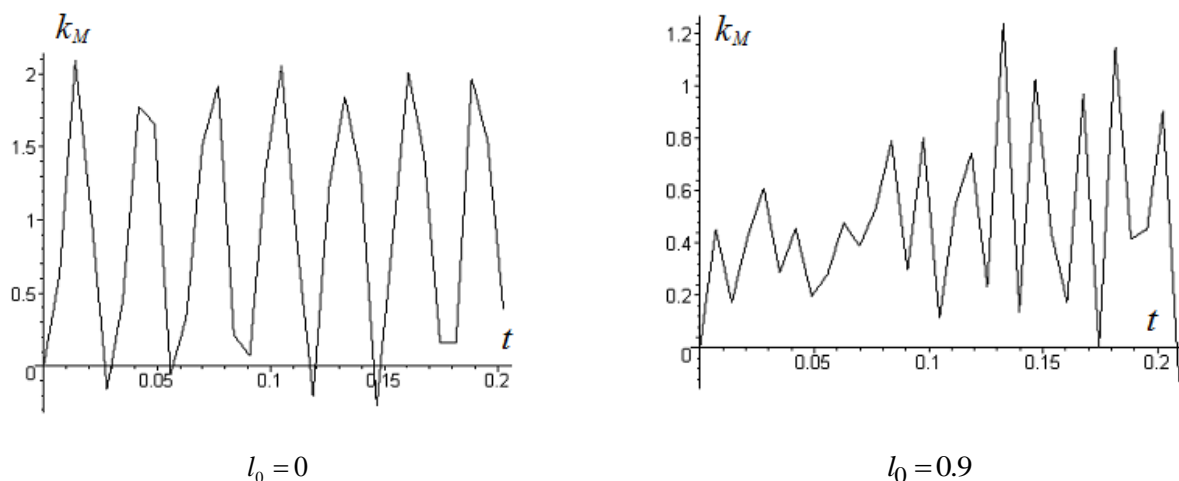


Рис. 8. Зависимости изгибающего момента k_M , отнесенное к статическому значению от времени t (сек)

Результаты численных исследований показали, что изменения момента и перерезывающей силы существенно зависят от места приложения внешней силы и по времени носят колебательный характер.

Рассмотрено движение сечения стойки в осевом направлении, где нижнее сечение жестко или упруго сопряжено с массой – рыхлительной лапой с помощью безинерционного упругого элемента. Установлено, что рыхлительная лапа под действием динамического усилия совершает колебание близкое к гармоническому с достаточно малой амплитудой. При этом осевое напряжение, в зависимости от величины динамической силы, может увеличиваться 1,1-1,5 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора философии на тему: «Исследование напряженно-деформированного состояния рабочего органа глубокорыхлителя при взаимодействии с естественным грунтом» представлены следующие выводы:

1. Повышение качества и снижение энергоемкости почвообрабатывающих машин и орудий, разработка новой схемы технологического процесса работы и конструкции рабочих органов глубокорыхлителя, оценка силового нагружения деталей глубокорыхлителя при взаимодействии его рабочего органа с почвенной средой основаны на методах механики деформируемого твердого тела. На основе анализа физико-механических и технологических свойств почвы данный метод позволяет разработать модель деформирования и движения почвы в зоне воздействия рабочего органа глубокорыхлителя.

2. На основе использования модели пластической среды и упрощенных уравнений, полученных на основе «гипотезы плоских сечений» разработан метод численного решения движения почвы вблизи рыхлительной лапы при конечных деформациях. В зависимости от коэффициента внутреннего трения

и сцепления грунта разработанный метод позволяет определить зону повышенной плотности вблизи рабочего органа рыхлителя, где наблюдается значительный рост силы сопротивления.

3. Разработан метод численного решения уравнения движения рыхлительной лапы в виде узкого клина с постоянной скоростью в линейно-упругой среде и определены силы сопротивления почвы. Разработанный метод подтверждает, что величина этой силы существенно зависит от вида контактных условий между телом и грунтом, причем наибольшее ее значение достигается в случае безотрывного движения рыхлительной лапы в грунтовой среде.

4. Разработан метод численного решения уравнения движения лапы глубокорыхлителя в грунте при действии различных динамических сил. Этот метод доказывает, что при действии постоянной силы тяги движение рыхлительной лапы реализуется при ограниченных значениях параметра уплотнения грунта и коэффициента внутреннего трения и имеет наибольшую предельную скорость при малых значениях уплотнения грунта.

5. Разработана методика оценки уровня нагруженности стойки глубокорыхлителя, представленной в виде балки при действии поперечных и продольных динамических усилий и получена бесконечная система нелинейных уравнений, для решения которой использован метод усечения. Данная методика позволяет в зависимости от степени уплотнения грунта установить закономерности изменения величин момента и перерезывающей силы вблизи рыхлительной лапы и места приложения внешней поперечной силы. Результаты численных расчетов показали, что изменение момента и перерезывающей силы по времени близко к колебательному закону, причем изгибающий момент имеет наибольшие положительные и отрицательные амплитуды колебаний при действии нагрузки в верхнем сечении стойки.

6. Разработан метод численного решения уравнения движения сечения стойки глубокорыхлителя в осевом направлении, где нижнее сечение сопряжено с рыхлительной лапой с помощью безинерционного упругого элемента. Результаты расчетов подтверждают, что рыхлительная лапа под действием динамического усилия совершает колебание близкое к гармоническому с достаточно малой амплитудой, причем осевое напряжение, в зависимости от величины динамической силы, может увеличиваться 1,1-1,5 раза.

7. На основе анализа результатов исследований показано, что аналитико-численный метод расчета напряженно-деформированного состояния рабочего органа глубокорыхлителя, движущегося в грунте, в настоящее время является единственным методом, разработанным на основе модели деформирования грунта и «гипотезы плоских сечений». Результаты расчетов позволяют обосновать преимущество разработанного метода, использование которого обеспечивает качественное рыхление почвы рабочими органами глубокорыхлителя с улучшенными динамическими параметрами, позволяющими снизить тяговое сопротивление, и как следствие, уменьшить энергетические затраты.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc. 02/30.12.2019.T/FM.61.01 AWARDED THE
SCIENTIFIC DEGREE AT THE INSTITUTE OF MECHANICS AND
SEISMIC STABILITY OF STRUCTURES**

**INSTITUTE OF MECHANICS AND SEISMIC STABILITY OF
STRUCTURES**

DJURAEVA NARGIZA BATIRJANOVNA

**INVESTIGATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE
WORKING BODY OF THE SUBSOILER WHEN INTERACTING
WITH NATURAL SOIL**

01.02.04 – Mechanics of Deformable Rigid Bodies

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON PHYSIC AND MATHEMATICS SCIENCES**

Tashkent – 2021

The theme of doctor of philosophy (PhD) is registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number № B2019.3PhD/FM404

The dissertation is carried out at the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on web-page of Scientific Council at the address (www.tiame.uz) and information-educational portal Ziyonet at the address (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser:	Rashidov Tursunbay Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician
Official opponents:	Safarov Ismoil Ibrokhimovich Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor Khudayarov Berdirasul Mirzaevich Doctor of Technical Sciences, Professor
Leading organization:	National University of the Republic of Uzbekistan

The defense will take place on «18 th» June 2021 at 10⁰⁰ o'clock at the meeting of the Scientific Council DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 at the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of AS RUz (Address: 100125, Tashkent, Durman yuli street, 33, Conference hall – 1. Tel: (99871) 262-71-52; fax: (99871) 262-71-32, e-mail: instmech@academy.uz).

The dissertation could be reviewed at the Information Resource Center of Tashkent Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of AS RUz (registration number 6). Address: 100125, Tashkent, Durman yuli street, 33.

Abstract of dissertation is sent out on «18» June 2021 year.
(mailing report № 2 on «18» June 2021 year)



M.M.Mirsaidov
Chairman of Scientific Council
for awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences,
Professor, Academician

M.K.Usarov
Scientific Secretary of Scientific
Council for awarding degrees,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences

R.A.Abirov
Chairman of Scientific Seminar at the Scientific
Council for awarding degrees,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences

INTRODUCTION (abstract of PhD. thesis)

The aim of the research. is to develop numerical and analytical methods for calculating the dynamics of the working body of the deep-digger when it moves in the soil modeled by an elastic and compressible plastic medium and to assess its loading, which is necessary to find a further reduction in energy consumption and improve the quality indicators of the tillage machine.

The objects of research are the working organs of the deep-digger, which interact with the soil environment by means of a loosening paw and move in it under the influence of the tractor's traction force.

Scientific novelty of the dissertation research is as follows:

the mechanics of a mathematical model for describing the two-dimensional movement of a loosening paw in the form of a narrow wedge and a circular cone in a linearly elastic and compressible plastic medium is justified, and the resistance forces of the soil medium are determined when the contact conditions are executed;

a method of determining the horizontal-rotational motion of the "rack-ripper paw" system in a ground environment with its final deformations is developed on the basis of the model of a compressible plastic medium and the "flat cross-section hypothesis" , and the law of movement of the ripper paw in the ground under the action of the traction force is obtained;

a method of solving the problem of transverse oscillation of the ripper rack with nonlinear boundary conditions is developed, which is reduced to an infinite system of nonlinear equations, for the solving of which, the truncation method is used;

a method of determining the load level of the ripper rack, which carries the final mass at the lower end - the ripper paw, that performs horizontal and vertical movements in the ground environment is developed.

Implementation of research results. Based on the obtained results on the study of the stress-strain state of the working body of the deep-digger in interaction with natural soil, the following practical recommendations are proposed on the basis of the obtained scientific results:

the developed method for determining the load of the deep-dredger rack with a mass (loosening foot) at the end under the action of transverse and longitudinal dynamic forces to assess the traction force was used in the farm "Istiqlol agro omad" of the Yangiyul district (Reference of the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan 02/023-4561 of December 23, 2020). It was calculated that the dynamic traction force can increase within 1.1-1.5 times;

the developed method for determining the movement of the loosening foot in the soil environment depending on the coefficient of internal friction and the soil compaction parameter to justify the method of qualitative loosening of the soil by its deformation in the direction of least resistance was used in the farm "Ideal kelajak agro" of the Yangiyul district (Reference of the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan 02/023-4561 of December 23, 2020). As a result, the

possibility of reducing the traction resistance of the working body by 1.2-3.4% was established;

recommendations for calculating the dynamic strength of the working body of the deep-digger in interaction with the soil and justifying the choice of rational parameters in order to improve strength characteristics and reduce energy consumption were used in JSC "BMKB-Agromash" for the design and manufacture of a prototype (Reference of the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan 02/023-4561 dated December 23, 2020). The proposed method indicates the possibility of reducing energy costs by up to 20%.

Publication of research results. On the theme of thesis there were published 19 scientific works, 9 scientific articles, 6 of them – in republican and 3 – in foreign journals recommended by the Supreme Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for publication of the main scientific results of the dissertation of the of the Doctor of Philosophy (PhD), 2 of the foreign articles are included in the list of the Scopus database.

The structure and volume of the dissertation. The structure of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 113 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I-бўлим (I часть; I part)

1. Джураева Н.Б. Определение силы тяги при движении лапки глубокорыхлителя, представленной в виде тонкого клина, с постоянной скоростью // Проблемы механики. – Ташкент, 2009. – №5-6. – С. 103-105. (01.00.00; №4)

2. Джураева Н.Б. Продольные колебания сопряженной с лапкой стойки рыхлителя в грунтовой среде при действии осевой силы // Доклады Академии Наук. – Ташкент, 2010. – №5. – С. 39-42. (01.00.00; №7)

3. Джураева Н.Б. Поперечные колебания стержня, несущего взаимодействующую со сжимаемой пластической средой сосредоточенную массу // Проблемы механики. – Ташкент, 2012. – №1. – С. 19-22. (01.00.00; №4)

4. Джураева Н.Б., Имомов Ш.Н. Одномерное движение лапки в грунте, моделируемом сжимаемой пластической средой // AGRO ILM. – Ташкент, 2013. – №1. – С. 76-77. (01.00.00; №3)

5. Джураева Н.Б., Имомов Ш.Н. Описание модели процессов взаимодействия грунта с движущимся в нем осесимметричным телом // AGRO ILM. – Ташкент, 2015. – №6. – С. 79-81. (01.00.00; №3)

6. Рашидов Т., Джураева Н.Б. Ripper foot movement in the ground, simulated compressible H.A. Rahmatulin's environment // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Of IJARSET, Volume 6, Issue 9, September, 2019. pp. 10906-10912. (05.00.00; №8)

7. Рашидов Т., Мардонов Б.М., Джураева Н.Б. О продольном колебании рабочих органов почвообрабатывающей машины при взаимодействии с почвенной средой (грунтом) // Проблемы механики. – Ташкент, 2020. – №1-2. – С. 3-7. (01.00.00; №4)

8. Khudaykuliev R.R., Djuraeva N.B., Urinov A.P., Mirzaeva M.M. Determination of the traction performance of the working body of the subsoiler in the soil environment depending on the working body configuration and the selected soil model // Journal of Physics: Conference Series 1515 (2020), IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1515/4/042004, ICMSIT 2020. (№ 16 Scopus)

9. Rashidov T., Djuraeva N.B., Atamirzaev M., Normuminov B. Strain state agrogenic soil under its interaction with a deep ripper // 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/896/1/012109>. (Scopus)

II-бўлим (II часть; II part)

10. Джураева Н.Б. Движение лапки рыхлителя в грунте, моделируемого пластической сжимаемой средой Х.А. Рахматулина // Материалы Международной научной конференции «Современные проблемы газовой и волновой динамики», посвященной 100-летию академика Х.А. Рахматулина. МГУ. – Москва, 2009. – С. 39-40.

11. Джураева Н.Б. Горизонтально-вращательное движение системы «стойка-лапка» с учетом упругого сопротивления грунта // Материалы Международной научно-технической конференции «Современные проблемы механики». ИМиСС АН РУз. – Ташкент, 2009. – С. 90-93.

12. Джураева Н.Б. Исследование силового нагружения деталей глубокорыхлителя, взаимодействующих с грунтовой средой // Материалы Международной научно-технической конференции «Современные проблемы механики». ИМиСС АН РУз. – Ташкент, 2009. – С. 94-98.

13. Джураева Н.Б. Модели процесса взаимодействия рабочих органов почвообрабатывающих машин с грунтовой средой // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы применения инновационных технологий в народном хозяйстве и в сфере образования». – Атырау, 2011. – С. 179-183.

14. Джураева Н.Б., Имомов Ш.Н. Об основных параметрах рабочего органа глубокорыхлителя, влияющих на качественные и энергетические показатели работы почвообрабатывающей машины // «Қишлоқ ва сув хўжалигининг замонавий муаммолари» мавзусидаги XII – Республика анъанавий илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. 2-қисм. ТИҚХММИ. –Тошкент, 2013. – Б. 46-47.

15. Джураева Н.Б., Имомов Ш.Н. Чуқур юмшатгичнинг параметрларини мақбуллаштириш // «Қишлоқ ва сув хўжалигининг замонавий муаммолари» мавзусидаги XII – Республика анъанавий илмий-амалий анжуман материаллари тўплами. 2-қисм. ТИҚХММИ. –Тошкент, 2013. – Б. 47-49.

16. Джураева Н.Б. Описание математической модели для исследований динамики системы сопряженных со стойками рыхлителей при действии равномерно распределенной нагрузки // Материалы Международной научно-технической конференции «Прочность конструкций, сейсродинамика зданий и сооружений». ИМиСС АН РУз. – Ташкент, 2016. – С. 227-229.

17. Худайкулиев Р.Р., Кулдашев Д.А., Джураева Н.Б. Исследование поперечных колебаний системы рыхлительных лап под действием инерционных сил и жестко сопряженных со стойками почвообрабатывающей машины // Материалы Республиканской научно-практической конференции, посвященные 100-летию акад. Х.Х. Усманхаджаева «Машинашуносликнинг долзарб муаммолари ва уларнинг ечими». вып.1. ТИТЛП. – Ташкент, 2019. – С. 4-10.

18. Рашидов Т., Мардонов Б., Джураева Н.Б., Мирзаева М.М. Методика численного расчета силы сопротивления при взаимодействии рабочего органа глубокорыхлителя с грунтом // Материалы LIV – Международной научно-практической конференции «Инновационные подходы в современной науке». – Москва, 2019. – №18(54). – С. 59-65.

19. Рашидов Т., Джураева Н.Б. Определение силы тяги при движении рабочего органа почвообрабатывающей машины в грунте с постоянной скоростью // Материалы Международной научной конференции «INNOVATION». – Ташкент, 2019. – С. 267-268.

Авторефератнинг ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги нусхалари
«Механика муаммолари» Ўзбекистон журнали таҳририясида
таҳрирдан ўтказилди

Босишга рухсат этилди: 18.06.2021 йил.
Бичими 60x84¹/₁₆, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи: 2,6. Адади 100. Буюртма №70.
Тел. (99) 832 99 79; (97) 815 44 54.
Гувоҳнома reestr № 10-3279
«IMPRESS MEDIA» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилди.
Манзил: Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6-уй.