

A
Я 49

АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
УРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
7.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ АХБОРОТ-КОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
ИЛМИЙ-ИННОВАЦИОН МАРКАЗИ

ЯКУБЖАНОВА ДИЛФУЗА КОДИРОВНА

**МАШИНА-ТРАКТОР АГРЕГАТЛАРИНИНГ ОСМА ТИЗИМЛАРИ
ҲАРАКАТИНИНГ МОДЕЛЛАРИ ВА БОШҚАРИШ АЛГОРИТМЛАРИ**

05.01.02 – Тизимли таҳлил, бошқарув ва ахборотни қайта ишлаш

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

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.07.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ АХБОРОТ-КОММУНИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ
ИЛМИЙ-ИННОВАЦИОН МАРКАЗИ

ЯКУБЖАНОВА ДИЛФУЗА КОДИРОВНА

МАШИНА-ТРАКТОР АГРЕГАТЛАРИНИНГ ОСМА ТИЗИМЛАРИ
ҲАРАКАТИНИНГ МОДЕЛЛАРИ ВА БОШҚАРИШ АЛГОРИТМЛАРИ

05.01.02 – Тизимли таҳлил, бошқарув ва ахборотни қайта ишлаш

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида №В2017.1.PhD/Т42 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги Ахборот-қўмуниқация технологиялари илмий-инновацион марказида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tuit.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: Азимов Бахтиёр Магруппович
техника фанлари доктори

Расмий оппонентлар: Равшанов Нормухмад
техника фанлари доктори, профессор
Ходжаев Шухрат Толибович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот: Тошкент давлат техника университети

Диссертация химояси Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги DS.Sc.27.06.2017.Т.07.01 Илмий кенгашнинг 2019 йил «18» декабрда соат 18:00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темура кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

Диссертация билан Тошкент ахборот технологиялари университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин. (100202 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100202, Тошкент шаҳри, Амир Темура кўчаси, 108-уй. Тел.: (99871)238-65-44).

Диссертация автореферати 2019 йил «5» декабр куни тарқатилди.
(2019 йил «19» ноябрдаги 20 рақамли реестр баённомаси).



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

Ф.М. Нуралнев
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертация аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда замонавий ахборот технологиялари асосида қишлоқ хўжалиги машиналари параметрларини ташхислаш жараёнида динамик режимларни моделлаштириш ва оптимал бошқариш масалалари ҳамда муаммоларини ҳал қилишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. «Дунё пахта ишлаб чиқариш маълумотларига кўра, пахтанинг 30% машиналарда терилади. Австралия, Исроил ва АҚШ давлатларигина барча пахтани машинада теради»¹. Қишлоқ хўжалиги ривожланган давлатларда пахта етиштиришда экин майдонларининг аста-секин ўсиб бориши ва ишчи кучининг қисқаришига қарши курашиши юқори ўтиш қобилиятига эга йирик ва оғир ускуналарни қўллашга олиб келди. Дунёнинг кўплаб давлатлари АҚШ, Германия, Австралия, Исроил, Россия ҳамда Ўзбекистон томонидан қишлоқ хўжалик машиналари, хусусан пахта териш машиналари ишлашининг технологик жараёнини такомиллаштириш муаммоларини ечишга катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда машина-трактор агрегатлари ҳаракатини бошқариш моделлари ва алгоритмларини такомиллаштириш ҳамда уларнинг самарадорлигини оширишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан ишлаб чиқилган математик моделлар асосида турли ҳаракат шароитида пахта териш машиналарининг ишлашидаги технологик жараёнларни бошқариш, машина ҳаракатидаги турли хил ташқи ва ички таъсирларни ҳисобга олган ҳолда ҳисоблаш тажрибаларини ўтказиш энг муҳим вазифалар қаторига киради.

Республикамизда пахта териш машиналарининг функционал, таркибий-технологик ва энергетик параметрларини назорат қилиш ва ташхислашнинг комплекс мониторинг тизимини яратиш бўйича чора-тадбирлар ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шу билан бирга, қишлоқ хўжалик машинасозлиги саноатига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш, пахта териш машиналарини ишлаб чиқиш, мавжудларини такомиллаштириш ва уларнинг маҳсулдорлигини ошириш алоҳида аҳамиятга эга. Хусусан, пахта териш машиналари ва уларнинг ишчи агрегатларининг осма тизимларини лойиҳалашнинг илмий асосланган усулларини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар олиб борилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... қишлоқ хўжалигини модернизациялаш ва жадал ривожлантириш, ...илғор ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш ва улардан фойдаланиш, ...иктисодий, бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»² вазифалари белгиланган.

¹<http://journal.cotton.org>, The Cotton Foundation 2015.

²Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси туғрисида”ги Фармони

Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан пахта териш машиналарининг турли шароитларда ҳаракатланиш жараёнларини математик моделлари ва ҳисоблаш алгоритмларини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисидаги”ги фармони, 2017 йил 7 июлдаги ПҚ-3117-сон “Қишлоқ хўжалигида машинасозлик соҳаси илмий-техникавий базасини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, 2018 йил 4 сентябрдаги “Қишлоқ хўжалиги машинасозлиги тармоғини бошқариш тизимини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, 2013 йил 27 июндаги ПҚ-1989-сон “Ўзбекистон Республикаси Миллий ахборот-коммуникация тизимини янада ривожлантириш тўғрисида”ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV - «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Сўнгги йилларда осма тизимли машина-трактор агрегатларини ҳаракатининг моделлари ва бошқариш алгоритмларини яратиш устида тадқиқотлар олиб борилган ҳамда етарли даражада назарий ва амалий натижалар олинган. Жумладан, хорижий олимлардан Р.Дорф, Р.Бишоп, С.М.Нисин, А.И.Светачев, Г.Б.Шпилевский, А.В.Шишкин, Е.В.Сливинский, В.М.Дмитриев, Г.Таяновский, Ю.А.Тырнов, Г.П.Мисын, З.С.Зегерман, А.В.Панков, С.В.Тарасова, П.Ю.Яковлев, З.Я.Лурье, В.А.Макей, Е.Н.Цента ва бошқаларнинг ишларида кўриб чиқилган.

Ўзбекистонда Х.Х.Усманходжаев, А.Д.Глущенко, Р.Д.Матчанов, Ш.М.Мирзиёев, Х.Т.Турапов, М.Т.Тошболтаев, Э.К.Абдуллаев, Ф.К.Дадабаев, Х.З.Эгамбердиев ва Б.М.Азимовлар осма тизимли машина-трактор агрегатларининг ҳаракат моделлари ва бошқариш алгоритмларини ишлаб чиқишга катта ҳисса қўшганлар.

Ҳозирги кунда пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизимини турли шароитдаги ҳаракатининг моделлари ва бошқариш алгоритмларини яратиш муаммолари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ахборот технологиялари университети ҳузуридаги Ахборот-коммуникация технологиялари илмий-инновацион марказининг илмий тадқиқот режасининг КА-3-017+КА-5-002-«Технологик машиналар бошқариш ўқлари ҳаракатини моделлаштириш ва оптималлаштириш дастурий-алгоритмик воситаларини ишлаб чиқиш»

(2015-2017), МВ-Атех-2018-92+БВ-Атех-2018-13: «Пахта териш машиналари турли шароитларда ҳаракатланганда параметрларини оптималлаштиришнинг моделлари, алгоритмлари ва дастурий воситаларини ишлаб чиқиш» (2018-2020) мавзуларидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизимларини турли шароитдаги ҳаракатининг моделлари ва оптимал бошқариш алгоритмларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизими ҳаракатини бошқариш жараёнларининг умумий структурасини ишлаб чиқиш;

турли ҳаракат шароитида пахта териш машинасининг горизонтал тебранишларининг математик моделини ишлаб чиқиш;

турли ҳаракат шароитида пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизимини вертикал тебранишларининг математик моделини ишлаб чиқиш;

турли ҳаракат шароитида пахта териш машинасини горизонтал тебранишларининг оптимал бошқариш алгоритминини ишлаб чиқиш;

турли ҳаракат шароитида пахта териш машинасини вертикал тебранишларининг оптимал бошқариш алгоритминини ишлаб чиқиш;

пахта териш машинасини териш аппаратлари осма тизими параметрларини оптималлаштириш.

Тадқиқотнинг объекти пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизими.

Тадқиқотнинг предмети пахта териш машинаси ҳаракатини оптимал бошқаришни тадқиқ этиш учун математик моделлар, ҳисоблаш алгоритмлари ва дастурий мажмуалардан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари: математик моделлаштириш, тизимли таҳлил, ғилдиракли машиналар назарияси, вариацион ҳисоб усуллари, оптимал бошқариш назарияси ҳамда замонавий ахборот технологиялари услубиятлари.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

турли ҳаракат шароитида пахта териш машинасининг горизонтал тебранишларининг математик модели ишлаб чиқилган;

турли ҳаракат шароитида пахта териш машинасини ва унинг териш аппаратлари осма тизимини вертикал тебранишларининг математик модели ишлаб чиқилган;

турли ҳаракат шароитида пахта териш машинасининг горизонтал тебранишларини оптимал бошқариш алгоритминини ишлаб чиқилган;

турли ҳаракат шароитида пахта териш машинасининг вертикал тебранишларини оптимал бошқариш алгоритминини ишлаб чиқилган;

пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизимининг параметрларини оптималлаштириш усули ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

турли ҳаракат шароитида пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизимининг ҳаракатини моделлаштириш услуги ишлаб чиқилган;

териш аппаратлари осма тизимининг конструктив параметрларини аниқлаш учун пахта териш машинаси ҳаракатланишини оптимал бошқариш алгоритми ишлаб чиқилган;

пахта териш машинаси териш аппаратлари осма тизимининг оптимал тартибини танлаш бўйича кўрсатмалар ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизими ҳаракатини баҳолашда математик аппаратнинг тўғри қўлланилиши ҳамда ҳисоблаш тажрибалари натижалари дала тажрибалардан олинган маълумотлар билан солиштирилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ишлаб чиқилган математик моделлар ва ҳисоблаш алгоритмларини пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизимини лойиҳалаш жараёнига қўллашда назарий тажрибаларнинг етарли аниқлигини таъминлайди.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган математик ва дастурий таъминот пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизимининг ҳаракатини баҳолаш бўйича самарали қарорлар қабул қилишга имкон беради.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Пахта териш териш машинаси ҳаракатини тадқиқ этиш мақсадида яратилган математик моделлар, алгоритмлар ва дастурий мажмуалар асосида:

пахта териш машинаси ҳаракатини оптимал бошқариш ва пахта териш машинаси териш аппаратининг осма тизими конструкциявий параметрларини мақбуллаштириш моделлари ва алгоритмлари «Трактор» МКБ УҚда жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2019 йил 23 майдаги 33-8/3586-сон ва Ўзбекистон Республикаси «Ўзагроросаноатхолдинг» АЖнинг 2019 йил 15 январдаги АР-19-02/86-сон маълумотномалари). Натижада техник-иқтисодий кўрсаткичларни яхшилаш ва лойиҳалаш жараёнида натижаларни қайта ишлашни автоматлаштириш имконини берган;

турли ҳаракат шароитида пахта териш машинасининг параметрларини мақбуллаштириш моделлари, алгоритмлари ва дастурий воситалари «КТЦСМ» МЧЖда жорий қилинган (Ахборот технологиялари ва коммуникацияларни ривожлантириш вазирлигининг 2019 йил 23 майдаги 33-8/3586-сон ва Ўзбекистон Республикаси «Ўзагроросаноатхолдинг» АЖнинг 2019 йил 15 январдаги АР-19-02/86-сон маълумотномалари). Натижада пахта териш машинаси териш аппарати осма тизимларининг ишлаш аниқлиги ва ишончлилигини ошириш ва техник-иқтисодий кўрсаткичларини яхшилаш имконини берган. Шунингдек пахта териш машинаси ва териш аппаратлари осма тизимларини лойиҳалаш вақтини минималлаштириш ва параметрларини тезкор аниқлаш таъминланган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари, жумладан 6 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Тадқиқот мавзуси бўйича жами 23 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 9 та мақола, 4 таси хорижий, 5 таси республика журналларида чоп этилган ҳамда 2 та ЭҶМ учун яратилган дастурий воситаларни қайд қилиш гувоҳномалари олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 119 бетни ташкил қилади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

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

Диссертациянинг «Осма тизимли машиналарни бошқариш жараёнларини баҳолаш усуллариининг тизимли таҳлили» деб номланган биринчи боби тўртта параграфдан иборат. Унда машина синов мажмуалари тузилишининг умумий ҳолати масалалари бўйича муаммоларни баҳолашда тизимли таҳлилнинг концептуал хусусиятлари, танланган синов ва бошқариш объектининг умумий тузилиши ва характеристикалари ёритилган. Машина-трактор агрегатлари ва машина синов тизимларини бошқаришнинг мураккаб техник тизимлари сифатида аниқловчи осма тизимларни бошқариш жараёнларининг умумий тузилишини қуришнинг ўзига хос хусусиятлари аниқланган.

Диссертация мавзуси доирасида олимлар томонидан тадқиқотларнинг турли босқичларида бажарилган илмий ишланмаларининг батафсил аналитик шарҳи келтирилган. Синов машиналари, хусусан осма тизимларни оптимал бошқариш бўйича тадқиқотлар шарҳини инобатга олган ҳолда, танланган синов ва бошқариш объектининг умумий тузилиши ва хусусиятлари келтирилган. Танланган бошқариш объекти – тўрт ғилдиракли схема бўйича иккита орқа бошқарилувчи ғилдиракка эга икки қаторли вертикал-шпинделли МХ-1.8 пахта териш машинасининг умумий тавсифи, машинанинг асосий қисмлари ва уларнинг техник характеристикалари келтирилган.

Пахта териш машинаси бошқарув жараёнларининг умумий тузилиши шакллантирилган ва тақдим этилган. IDEF услубиёти асосида пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизими ҳаракати бошқарувининг функционал тузилмаси қурилган. Пахта териш машинаси ҳаракатини бошқаришдаги зарурий ресурслар таъсири остида киришларни чиқишларга алмаштирувчи функционал блок кўринишида тасвирланади. Бунда қарор қабул қилувчи шахснинг вазифаси тадқиқот жараёнини бошланғич маълумотлар ва ишлаш режимини танлаш ҳамда ўзгартириш орқали амалга ошириш, бошқарув объекти параметрлари ҳолатини таҳлил қилиб боришни таъминлашдан иборат.

Ўтказилган таҳлил асосида масаланинг қўйилиши ва тадқиқот мақсади шакллантирилган. Масалани қўйилишида асосий эътибор пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизимининг ишлаш кўрсаткичларини баҳолаш учун математик моделлар ва бошқариш алгоритмларини ишлаб чиқишга қаратилган.

Диссертациянинг “МХ-1.8 пахта териш машинаси ҳаракатининг математик моделларини ишлаб чиқиш” номли иккинчи боби учта параграфдан иборат бўлиб, турли ҳаракат шароитида пахта териш машинаси ҳаракатининг математик моделини ишлаб чиқишга бағишланган.

Дастлабки босқичда пахта териш машинаси ҳаракатланишининг кинематик ва ҳисоблаш схемаларини ишлаб чиқиш масаласи қаралган. Кейинги босқичда пахта териш машинаси турли шароитларда ҳаракатланиш жараёнида горизонтал тебранишларининг математик модели ишлаб чиқилган.

Ҳисоблаш схемаси асосида пахта териш машинасини бурилиш йўлакларидagi нотекис йўлларда ҳаракатланиши жараёнида горизонтал тебранишларининг умумлашган математик модели иккинчи турдаги Лагранж тенгламаси (1) кўринишида тузилган.

$$\left. \begin{aligned} m_n \ddot{x}_n &= F_n - b_1(\dot{x}_n - \dot{x}_{n_1}) - c_1(x_n - x_{n_1}) - b_2(\dot{x}_n - \dot{x}_{n_2}) - c_2(x_n - x_{n_2}), \\ m_1 \ddot{x}_{n_1} &= b_1(\dot{x}_n - \dot{x}_{n_1}) + c_1(x_n - x_{n_1}) - m_1 \frac{2\pi^2 V_n^2}{l_1^2} h_n \sin \frac{2\pi V_{k_1} t}{l_1}, \\ (m_2 - m_3) \ddot{x}_{n_2} &= b_2(\dot{x}_n - \dot{x}_{n_2}) + c_2(x_n - x_{n_2}) - (m_2 - m_3) \frac{2\pi^2 V_n^2}{l_2^2} h_n \sin \frac{2\pi V_{k_2} t}{l_2}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$J(q_0, u(t), q(t)) = \int_{t_0}^T f^0(q(t), u(t), t) dt + g^0(q_0, g(T)) \rightarrow \min$$

$$q_i(0) = q_0(0), \quad \dot{q}_i(0) = \dot{q}_0(0), \quad V_i(0) = V_0(0)$$

$$q_i(t) = q_0(t), \quad \dot{q}_i(t) = \dot{q}_0(t), \quad V_i(t) = V_0(t) \quad (i = \overline{1, n}), \quad 0 \leq t \leq T,$$

бу ерда \dot{x}_1 ва \ddot{x}_1 — машинанинг чизикли тезлиги ва тезланиши, \dot{x}_2 ва \ddot{x}_2 — олд филдиракларнинг чизикли тезлиги ва тезланиши, \dot{x}_3 ва \ddot{x}_3 — орқа филдиракларнинг чизикли тезлиги ва тезланиши, b_1 — машина олд филдиракларинг шинасининг қовушқоқлик коэффициентини, b_2 — машина орқа филдираклари шинасининг қовушқоқлик коэффициентини, c_1 — машина олд

гилдираклари шинасининг бикрлик коэффициенти, c_2 — машина орқа гилдираклари шинасининг бикрлик коэффициенти, m_m — машинанинг массаси, m_1 — машина олд гилдиракларига тақсимланган масса, m_2 — машина орқа гилдиракларига тақсимланган масса, m_3 — пахта териш машинаси олд қисмига тақсимланган масса, h_n — нотекис йўл баландлиги, V_m — машина тезлиги, V_{k_1} — машинанинг олд гилдираклари тезлиги, V_{k_2} — машинанинг орқа гилдираклари тезлиги.

Шунингдек, ҳисоблаш схемаси асосида пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизимини бурилиш йўлақларидаги нотекис йўлларда ҳаракатланиши жараёнида вертикал тебранишларининг умумлашган математик модели иккинчи турдаги Лагранж тенгламаси (2) кўринишида тузилган:

$$\left. \begin{aligned} m_m \ddot{y}_m &= F_y - b_1(\dot{y}_m - \dot{y}_{k_1}) - c_1(y_m - y_{k_1}) - b_2(\dot{y}_m - \dot{y}_{k_2}) - c_2(y_m - y_{k_2}), \\ m_1 \ddot{y}_{k_1} &= b_1(\dot{y}_m - \dot{y}_{k_1}) + c_1(y_m - y_{k_1}) - m_1 \frac{2\pi^2 V_{k_1}^2}{l_5^2} h_n (1 - \cos \frac{2\pi V_{k_1}}{l_5} t), \\ (m_2 - m_3) \ddot{y}_{k_2} &= b_2(\dot{y}_m - \dot{y}_{k_2}) + c_2(y_m - y_{k_2}) - (m_2 - m_3) \frac{2\pi^2 V_{k_2}^2}{l_5^2} h_n (1 - \cos \frac{2\pi V_{k_2}}{l_5} t), \\ j_{z_1} \ddot{\varphi}_{z_1} &= F_{z_1} \cdot l_6 - b_3(\dot{\varphi}_{z_1} - \dot{\varphi}_{\text{ок}}) - c_3(\varphi_{z_1} - \varphi_{\text{ок}}) - l_7 \cdot m_m \ddot{y}_m, \\ j_{\text{ок}} \ddot{\varphi}_{\text{ок}} &= b_3(\dot{\varphi}_{z_1} - \dot{\varphi}_{\text{ок}}) + c_3(\varphi_{z_1} - \varphi_{\text{ок}}) - l_7 \cdot m_m \ddot{y}_m, \\ m_{z_1} \ddot{y}_{z_1} &= \frac{j_{z_1} \ddot{\varphi}_{z_1}}{l_7 - l_6}, \\ m_{\text{ок}} \ddot{y}_{\text{ок}} &= \frac{j_{\text{ок}} \ddot{\varphi}_{\text{ок}}}{l_7} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$J(q_0, u(t), q(t)) = \int_0^T f^0(q(t), u(t), t) dt + g^0(q_0, g(T)) \rightarrow \min$$

$$q_i(0) = q_0(0), \quad \dot{q}_i(0) = \dot{q}_0(0), \quad V_i(0) = V_0(0)$$

$$q_i(t) = q_0(t), \quad \dot{q}_i(t) = \dot{q}_0(t), \quad V_i(t) = V_0(t) \quad (i = \overline{1, n}), \quad 0 \leq t \leq T$$

бу ерда \dot{y}_m ва \ddot{y}_m — машинанинг чизикли тезлиги ва тезланиши; \dot{y}_{k_1} ва \ddot{y}_{k_1} — олд гилдиракларнинг чизикли тезлиги ва тезланиши; \dot{y}_{k_2} ва \ddot{y}_{k_2} — орқа гилдиракларнинг чизикли тезлиги ва тезланиши; $\dot{\varphi}_{z_1}$ ва $\ddot{\varphi}_{z_1}$ — гидроцилиндр ричагининг бурчак тезлиги ва айланма тебраниш тезланиши; $\dot{\varphi}_{\text{ок}}$ ва $\ddot{\varphi}_{\text{ок}}$ — тебранма вал ричагининг бурчак тезлиги ва айланма тебраниш тезланиши; b_3 — териш аппаратлари осма механизми тебранувчи валининг қовушқоқлик коэффициентини; c_3 — териш аппаратлари осма механизми тебранувчи валининг қовушқоқлик коэффициентини; m_a — териш аппаратига тақсимланган оғирлик; m_{z_1} — гидроцилиндрга тақсимланган оғирлик; $m_{\text{ок}}$ — тебранма валга тақсимланган оғирлик; F_{z_1} — териш аппаратлари осма механизми гидроцилиндрдаги куч; l_1, l_2, l_3, l_4 ва l_5 — таянчлар ва бурмалар орасидаги масофа; l_6 — гидроцилиндр дастагининг узунлиги; l_7 — териш аппаратлари

осмаси дастагининг узунлиги; j_{ψ} ва j_a – гидроцилиндри улаш ва териш аппарати осма дастакларининг инерция моментлари.

Диссертациянинг «Пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизимини оптимал бошқариш алгоритмларини ишлаб чиқиш» деб номланган учинчи боби олтита параграфдан иборат бўлиб, пахта териш машинаси турли шароитларда ҳаракатланганда горизонтал ва вертикал тебранишларининг оптимал бошқариш алгоритмларини ишлаб чиқиш масалаларини ечишга бағишланган.

Пахта териш машинаси турли шароитларда ҳаракатланганда горизонтал ва вертикал тебранишларини оптимал бошқариш масаласини шакллантирамыз.

Пахта териш машинасининг бошланғич вақтдаги ҳолати

$$q_i(0) = q_{i0}(0), \quad \dot{q}_i(0) = \dot{q}_{i0}(0). \quad (3)$$

Шундай $u(t)$ бошқаришни топиш керакки, пахта териш машинаси ҳаракатини аввалдан белгиланган ҳолатга олиб ўтсин:

$$q_i(t) = q_{i0}(t), \quad \dot{q}_i(t) = \dot{q}_{i0}(t), \quad 0 \leq t \leq T \quad (i = \overline{1, n}). \quad (4)$$

Бунда бошланғич ҳолатдан белгиланган ҳолатга ўтиш жараёнига сарфланадиган вақт қисқа бўлсин. У ҳолда бошқаришдан мақсад

$$J(q_0, u(t), q(t)) = \int_{t_0}^T f^0(q(t), u(t), t) dt \quad (5)$$

функционални берилган (3),(4) шартлар бўйича минималлаштиришдан иборат бўлади

$$\dot{q}(t) = f(q(t), u(t), t). \quad (6)$$

Фараз қилайлик функция берилган бўлсин

$$g^i(q_0, q(T)) \leq 0, \quad i = \overline{1, m}; \quad g^i(q_0, q(T)) = 0, \quad i = m+1, \dots, s, \quad (7)$$

$$u \in U, \quad t_0 \leq t \leq T, \quad (8)$$

бу ерда $f(\dots)$ – узлуксиз-дифференциалланувчи функция; $u(t)$ – $[t_0, T]$ ораликдаги бўлакли-узлуксиз функция.

Пахта териш машинаси ҳаракатини оптимал бошқаришнинг зарурий шартини тадқиқ қилиш учун Понтрягиннинг максимум принциpidан фойдаланамиз.

Максимум принципини шакллантириш учун Гамильтон-Понтрягин функциясини

$$H = (q, u, t, \psi, \psi_0) = -f^0(q, u, t) + \langle \psi, u \rangle \quad (9)$$

ва қўшма тизимни

– горизонтал ҳаракат учун:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_x}{\partial x_1} = -m_x^{-1}(c_1 + c_2)\psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_x}{\partial x_2} = -\psi_1 + m_x^{-1}(b_1 + b_2)\psi_2, \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_1}{\partial x_1} = -m_1^{-1}c_1\psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_1}{\partial x_2} = -\psi_1 + m_1^{-1}b_1\psi_2, \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_2}{\partial x_5} = -(m_2 - m_3)^{-1}c_2\psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_2}{\partial x_6} = -\psi_1 + (m_2 - m_3)^{-1}b_2\psi_2, \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

– вертикал ҳаракат учун:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_y}{\partial y_1} = -m_w^{-1}(c_1 + c_2)\psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_x}{\partial y_2} = -\psi_1 + m_w^{-1}(b_1 + b_2)\psi_2, \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_1}{\partial y_1} = -m_1^{-1}c_1\psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_1}{\partial y_4} = -\psi_1 + m_1^{-1}b_1\psi_2, \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_2}{\partial y_3} = -(m_2 - m_3)^{-1}c_2\psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_2}{\partial y_6} = -\psi_1 + (m_2 - m_3)^{-1}b_2\psi_2, \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

бошқаришга қўйилган $|u| \leq 1$ чегара билан киритамиз.

Қаралаётган тизимни ечиш учун қуйидаги зарурий шарт бажарилиши керак

$$H(q, (t), u(t), t, \psi, \psi_0) = \max_{u \in U} H(q, (t), u, t, \psi, (t), \psi_0). \quad (12)$$

Оптимал бошқаришни аниқлашга ўтишда (9) асосида функцияни шакллантириб:

– горизонтал ҳаракат учун:

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_w &= x_1, \dot{x}_w = y_2, \dot{x}_2 = u, -m_w^{-1}[b_1(x_2 - x_4) - c_1(x_1 - x_3) - \\ &\quad - b_2(x_2 - x_6) - c_2(x_1 - x_5)], \\ \dot{x}_q &= x_3, \dot{x}_q = x_4, \dot{x}_4 = m_1^{-1}[b_1(x_2 - x_4) + c_1(x_1 - x_3)] - u, \\ \dot{x}_{q_2} &= x_5, \dot{x}_{q_2} = x_6, \dot{x}_6 = (m_2 - m_3)^{-1}[b_2(x_2 - x_6) + c_2(x_1 - x_5)] - u_2 \end{aligned} \right\}; \quad (13)$$

– вертикал ҳаракат учун:

$$\left. \begin{aligned} \dot{y}_w &= y_1, \dot{y}_w = y_2, \dot{y}_2 = u, -m_w^{-1}[b_1(y_2 - y_4) - c_1(y_1 - y_3) - \\ &\quad - b_2(y_2 - y_6) - c_2(y_1 - y_5)], \\ \dot{y}_q &= y_3, \dot{y}_q = y_4, \dot{y}_4 = m_1^{-1}[b_1(y_2 - y_4) + c_1(y_1 - y_3)] - u, \\ \dot{y}_{q_2} &= y_5, \dot{y}_{q_2} = y_6, \dot{y}_6 = (m_2 - m_3)^{-1}[b_2(y_2 - y_6) + c_2(y_1 - y_5)] - u_2 \end{aligned} \right\}. \quad (14)$$

Худди шундай, агар $f^0 \equiv 1$ бўлса, $J(q_0, u(t), q(t)) = T - t_0$ ўринли деб оламиз ва у ҳолда (5)-(8) тез ҳаракат масаласи бўлади.

Қаралаётган объект стационар тизим ҳисобланади ва (5) масала шуни кўрсатадики, f ва U вақтга боғлиқ эмас, яъни

$$f(t, y, u) = f(y, u), \quad U(t) = U. \quad (15)$$

Агар стационар масала (5), (15) оптимал бошқариш $u(t)$ ва оптимал траектория $\varphi_0(t)$ га эга бўлса, у ҳолда (3) шартни қониқтирувчи, тривиал бўлмаган қўшма ўзгарувчилар $(\psi_1(t), \psi_2(t))$, $\psi(t) \in R^n$ вектори мавжудки, (12) максимум шarti бажарилади:

$$\psi_0(t) = \text{const} \leq 0. \quad (16)$$

Худди шундай (10), (11) қўшма тизимлар ψ_1 га нисбатан бир жинсли ҳисобланади, (16) тенгламадаги ўзгармасни ихтиёрий танлаш мумкин. Шундай қилиб

$$\psi_0(t) = -1 \quad 0 \leq t \leq T. \quad (17)$$

$\psi_2 \neq 0$ да $\max_{|u| \leq 1} H$ шартидан $u = \text{sign} \psi_2$ келиб чиқади, агар $\psi_2 \neq 0$ бўлса, унда максимум принципнинг чегаравий масаласи қуйидаги кўринишда ёзилади:

– горизонтал ҳаракат учун:

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_2 &= \text{sign} \psi_2 - m_1^{-1} [b_1(x_2 - x_4) - c_1(x_1 - x_3) - b_2(x_2 - x_6) - c_2(x_1 - x_5)], \\ \dot{x}_4 &= m_1^{-1} [b_1(x_2 - x_4) + c_1(x_1 - x_3)] - \text{sign} \psi_1, \\ \dot{x}_6 &= (m_2 - m_3)^{-1} [b_2(x_2 - x_6) + c_2(x_1 - x_5)] - \text{sign} \psi_2 \end{aligned} \right\}; \quad (18)$$

– вертикал ҳаракат учун:

$$\left. \begin{aligned} \dot{y}_2 &= \text{sign} \psi_2 - m_1^{-1} [b_1(y_2 - y_4) - c_1(y_1 - y_3) - b_2(y_2 - y_6) - c_2(y_1 - y_5)], \\ \dot{y}_4 &= m_1^{-1} [b_1(y_2 - y_4) + c_1(y_1 - y_3)] - \text{sign} \psi_2, \\ \dot{y}_6 &= (m_2 - m_3)^{-1} [b_2(y_2 - y_6) + c_2(y_1 - y_5)] - \text{sign} \psi_2 \end{aligned} \right\}. \quad (19)$$

Бундан келиб чиқадики, (12) шарт $u = \text{sign} \psi_2$, $\psi_2 \neq 0$ функцияни ажратади, яъни

$$H_t = -f^0 u + \psi_2(t) u. \quad (20)$$

Унда

$$u_k = \text{sign} \psi_2(t) = \begin{cases} 1, & \psi_2(t) > 1 \\ -1, & \psi_2(t) < -1 \end{cases}, \quad k=2,4,\dots,2n \quad (21)$$

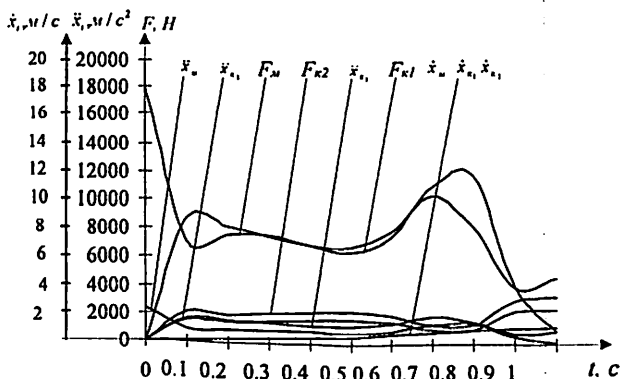
ўринли, яъни бошқариш $u_k(t)$ битта нуқтада алмашлаб улаш имкониятига эга.

Машинанинг ҳаракатини тадқиқ қилиш учун Рунге-Кутта сонли усулини қўллаб бошланғич $t=0$ шарт асосида ҳисоблаш эксперименти ўтказилди ва натижалар жадваллар ва графиклар кўринишида олинди.

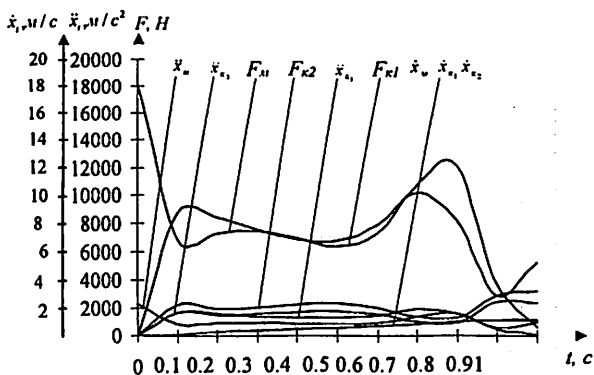
Понтрягиннинг максимум принциpidан пахта териш машинаси ҳаракатининг оптимал бошқаришнинг тузилиши олинди.

Ёрдамчи функциялар сонли усул билан қўшма тизим b_i , c_i , m_i конструкторив параметрларни ўзгартириш орқали аниқланди.

Натижада H -функциянинг энг катта қийматлари, пахта териш машинаси тебранишлари тезлик ва тезланишлари орасидаги боғланишларининг графиклари олинди (1- ва 2-расмлар).



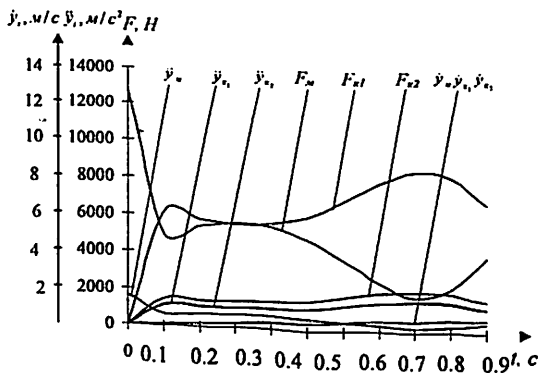
1-расм. $h_m=30$ ммда горизонтал тебранишлар учун МХ-1.8 пахта териш машинаси параметрларининг ўзгариши



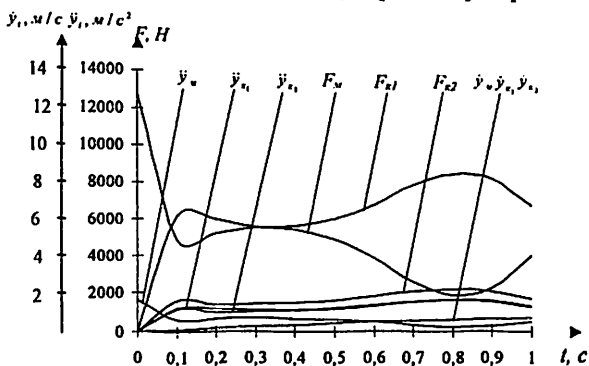
2-расм. $h_m=40$ ммда горизонтал тебранишлар учун МХ-1.8 пахта териш машинаси параметрларининг ўзгариши

МХ-1.8 пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизимини бурилиш йўлакчасидаги нотекис йўллардаги ҳаракати жараёнида ҳосил бўладиган горизонтал тебранишларининг математик моделларини ечишдан олинган натижалар тажрибавий натижалар билан мос тушди (3-8 расмлар).

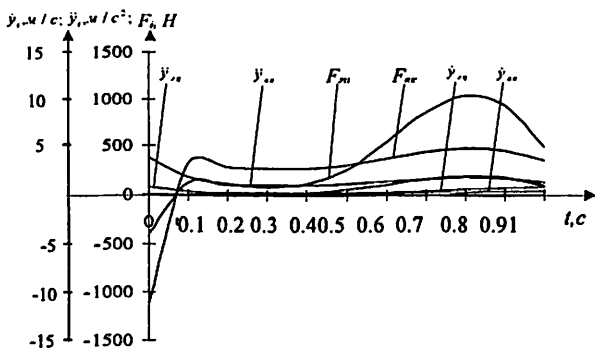
Понтрягин максимум принциpidан пахта териш машинаси бошқарувчи гилдираги ҳаракатининг оптимал бошқаруви тузилиши олинди.



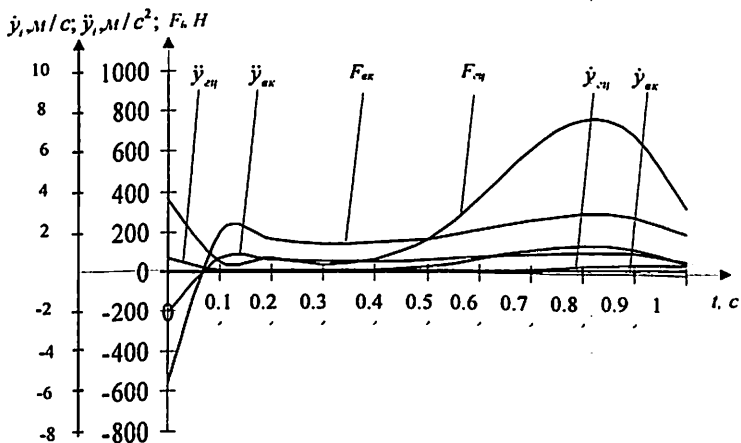
3-расм. $h_m=30$ ммда вертикал тебранишлар учун МХ-1.8 пахта териш машинаси параметрларининг ўзгариши



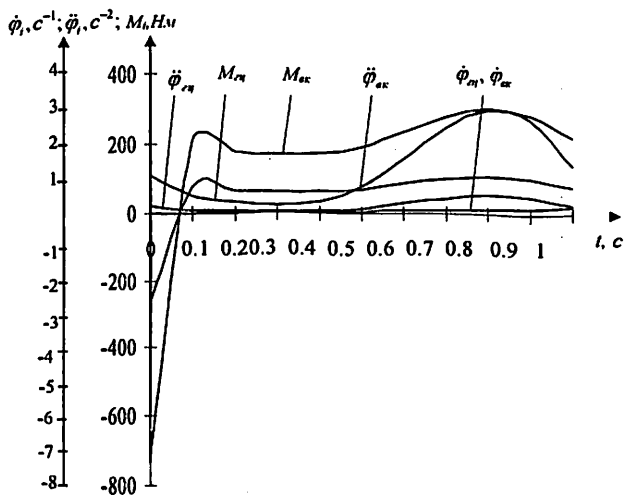
4-расм. $h_m=40$ ммда вертикал тебранишлар учун МХ-1.8 пахта териш машинаси параметрларининг ўзгариши



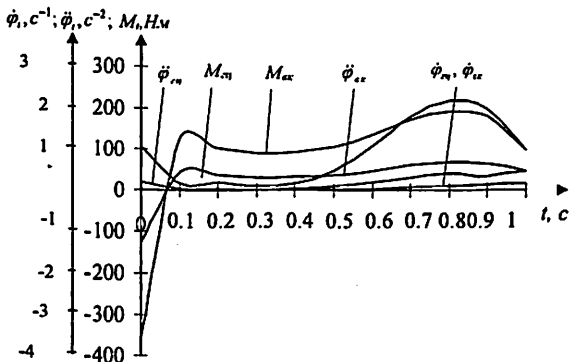
5-расм. $h_m=30$ ммда МХ-1.8 пахта териш машинаси осма тизимининг вертикал тебранишларининг ўзгариши



6-расм. $h_m=40$ ммда МХ-1.8 пахта териш машинаси осма тизимининг вертикал тебранишларининг ўзгариши



7-расм. $h_m=30$ ммда МХ-1.8 пахта териш машинаси осма тизимининг буралма тебранишларининг ўзгариши



8-расм. $h_{\text{м}}=40$ ммда МХ-1.8 пахта териш машинаси осма тизимининг буралма тебранишларининг ўзгариши

МХ-1.8 пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизимини бурилиш йўлакчасидаги нотекис йўллардаги ҳаракати жараёнида вертикал тебранишларининг математик моделларини ечишдан олинган натижалари тажрибавий натижалар билан мос тушди. Машинанинг вертикал тебранишида чап ва ўнг териш аппаратлари нотекис тебраниши аниқланди. Териш аппаратларининг нотекис тебранишининг сабаби гидроцилиндрни улаш дастагини тебраниш валининг ўртасида эмас, балки чап томонида ўрнатилганлигидадир.

Шундан сўнг, пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизими ҳаракатланишида оптимал конструкциясини моделлаштириш масаласи ечилди. Териш аппаратини кўтариш-тушириш гидроцилиндрни тебранувчи валнинг ўртасида ўрнатилган ҳамда тебранувчи валнинг бикрлиги абсолют қилиб олинган ҳисоблаш схемаси асосида МХ-1.8 пахта териш машинасини пахта даласининг бурилиш йўлакчасидаги нотекис йўллардаги ҳаракати жараёнидаги вертикал тебранишининг математик модели тузилди:

$$\left. \begin{aligned} m_u \ddot{y}_u &= F_y - b_1(\dot{y}_u - \dot{y}_{\kappa_1}) - c_1(y_u - y_{\kappa_1}) - b_2(\dot{y}_u - \dot{y}_{\kappa_2}) - c_2(y_u - y_{\kappa_2}), \\ m_1 \ddot{y}_{\kappa_1} &= b_1(\dot{y}_u - \dot{y}_{\kappa_1}) + c_1(y_u - y_{\kappa_1}) - m_1 \frac{2\pi^2 V_{\kappa_1}^2}{l_5^2} h_1 (1 - \cos \frac{2\pi V_{\kappa_1}}{l_5} t), \\ (m_2 - m_3) \ddot{y}_{\kappa_2} &= b_2(\dot{y}_u - \dot{y}_{\kappa_2}) + c_2(y_u - y_{\kappa_2}) - (m_2 - m_3) \frac{2\pi^2 V_{\kappa_2}^2}{l_5^2} h_2 (1 - \cos \frac{2\pi V_{\kappa_2}}{l_5} t), \\ j_{\text{тн}} \ddot{\varphi}_{\text{тн}} &= F_{\text{тн}} \cdot l_6 - 2 \cdot l_7 \cdot m_u \ddot{y}_u, \\ m_{\text{тн}} \ddot{y}_{\text{тн}} &= \frac{j_{\text{тн}} \ddot{\varphi}_{\text{тн}}}{l_7 - l_6}, \end{aligned} \right\} (22)$$

$$J(q_0, u(t), q(t)) = \int_{t_0}^T f^0(q(t), u(t), t) dt + g^0(q_0, g(T)) \rightarrow \min$$

$$q_i(0) = q_0(0), \quad \dot{q}_i(0) = \dot{q}_0(0), \quad V_i(0) = V_0(0)$$

$$q_i(t) = q_0(t), \quad \dot{q}_i(t) = \dot{q}_0(t), \quad V_i(t) = V_0(t) \quad (i=1, n), \quad 0 \leq t \leq T.$$

(22) тенгламалар системаси Рунге–Кутта сонли усули ёрдамида счилди. Ҳисоблаш тажрибаси шиналар тушиши 30 мм ва 40 мм бўлган ҳолларда ўтказилди.

МХ-1.8 пахта териш машинаси ва унинг териш аппаратлари осма тизимини бурилиш йўлакчасидаги нотекис йўллардаги ҳаракати жараёнида вертикал тебранишларининг математик моделларини ечиш орқали олинган ҳисоблаш тажрибалари натижалари Ш.М.Мирзиёевнинг ишидаги тажриба натижалари билан қиёсий таҳлили натижалар бир-бирига мос эканлигини кўрсатди.

Диссертация иши ва Э.Абдуллаевнинг ҳисоблаш тажрибалари натижаларининг қиёсий таҳлили шунини кўрсатдики, ҳисоблаш тажрибаси натижасида олинган пахта териш машинасининг олд ғилдираги тезланишининг $1,22 \text{ м/с}^2$ га тенг ўртача арифметик қиймати кичик оғиш билан бир қатор тажрибалар натижасида олинган олд ғилдиракнинг тезланишининг $1,36 \text{ м/с}^2$ га тенг ўртача арифметик қийматига мос тушади.

Тебранувчи валнинг диаметрини аниқлаш учун мустаҳкамлик шarti бўйича бикрлик коэффициенти орқали ҳисоблашлар асосида кесимларда мустаҳкамлик шартлари бажарилиши аниқланди. Амалга оширилган ҳисоблашлар тебранувчи валнинг диаметрини $d_{\text{ак}} = 0,080 \text{ м}$ га ўзгартириш мумкинлиги кўрсатди, бу эса ўз навбатида тебранувчи валнинг оғирлигини камайтириш имконини беради.

Иловада диссертация иши натижаларининг амалиётга қўлланилганлигини тасдиқловчи ҳужжатлар, Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигидан ЭҲМ учун яратилган дастурларни расмий рўйхатдан ўтказилганлиги ҳақидаги гувоҳномалари нусхалари келтирилган.

ХУЛОСА

“Машина-трактор агрегатларининг осма тизимлари ҳаракатининг моделлари ва бошқариш алгоритмлари” мавзусидаги диссертация иши бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. IDEFO методологияси асосида технологик машиналарни математик моделлаштириш ва оптимал бошқаришнинг кўп даражали функционал блоklar кўринишида ишлаб чиқилган шажаравий тузилмаси машина ҳаракатининг турли ҳолатларини тадқиқ этиш жараёнида параметрларни оптималлаштириш ва ечимларнинг мақбул вариантларини танлашни таъминловчи ахборот ва динамик жараёнларнинг боғлиқлигини график кўринишида акс эттириш имконини беради.

2. МХ-1.8 пахта териш машинаси турли шароитлардаги ҳаракати жараёнида горизонтал ва вертикал тебранишининг моделлари ва бошқариш алгоритмлари ишлаб чиқилди. Потрягиннинг максимум принципининг чегаравий масаласини ечиш МХ-1.8 пахта териш машинасининг ҳаракати жараёнида горизонтал ва вертикал тебранишларининг ўтиш жараёнларини аниқлаш имконини берди. Бунда қўшма тизим тадқиқ этилди ва ҳаракат

параметрлари F_i , M_i ҳамда конструктив параметрлар b , c , m_i , j_i ни шиналар тушиши $h_{ш}=0.03м$ ва $h_{ш}=0.04м$ бўлганда ўзгартириш орқали ҳаракатнинг оптимал кийматлари олинди. Шиналар тушиши $h_{ш}=0.04м$ бўлганда $h_{ш}=0.03м$ га нисбатан тебранишлар камайганлиги аниқланди.

3. МХ-1.8 пахта териш машинасини пахта даласининг бурилиш йўлакчасидаги нотекис йўллардаги ҳаракати жараёнида вертикал тебранишларининг математик моделларини ечиш натижалари машинанинг вертикал тебранишида ўнг ва чап териш аппаратлари нотекис тебранишини ва териш аппаратларининг нотекис тебранишининг асосий сабаби гидроцилиндрни улаш дастагини тебраниш валининг ўртасида эмас, балки чап томонида ўрнатилганлигида эканлигини кўрсатди.

4. МХ-1.8 пахта териш машинасини пахта даласининг бурилиш йўлакчасидаги нотекис йўллардаги ҳаракати жараёнида вертикал тебранишларининг математик моделларини ечишдаги ҳисоблаш тажрибаларининг натижалари териш аппаратини кўтариш-тушириш гидроцилиндри тебранувчи валнинг ўртасида ўрнатилганда ўнг ва чап териш аппаратларини текис тебранишини кўрсатди.

5. Майер масаласини ечиш натижасида тебранувчи вални 15,9 градусга буриш пахта териш машинаси ҳаракатини турғун ҳолати ва осма тизим териш аппаратларини текис тебранишини таъминлаши аниқланди.

6. Пахта териш машинаси ҳаракатини бошқариш учун ишлаб чиқилган математик моделлар, ҳисоблаш алгоритмлари ва дастурий воситалар дала шароитида тажриба ўтказиш вақтини қисқартириш ва териш аппаратлари осма тизими конструкцияси параметрларини оптималлаштириш имконини беради. Олинган илмий тадқиқот натижаларини «Трактор» МКБ УҚда қўллаш тажрибавий созлаш ва лойиҳалаш жараёнига сарфланадиган вақтни 80% га қисқаришини ҳамда териш аппаратлари осма тизимлари нормал ишлаш ишончилигини ошишини таъминлади.

7. Пахта териш машинаси ҳаракатини бошқариш учун ишлаб чиқилган математик моделлар, ҳисоблаш алгоритмлари ва дастурий воситалар турли шароитда ҳаракатланганда териш аппаратлари осма тизимининг конструктив параметрларини оптималлаштириш имконини беради. Олинган илмий тадқиқот натижаларини «КТЦСМ» МЧЖда қўллаш пахта териш машинаси ва териш аппаратлари осма тизимларини лойиҳалаш вақтини минималлаштириш ва параметрларини тезкор аниқлашни таъминлади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**НАУЧНО-ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННО-
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

ЯКУБЖАНОВА ДИЛФУЗА КОДИРОВНА

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ
НАВЕСНЫХ СИСТЕМ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ**

05.01.02 – Системный анализ, управление и обработка информации

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

Ташкент– 2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В2017.1.PhD/T42.

Диссертация выполнена в Научно-инновационном центре информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий.

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

Научный руководитель: Азимов Бахтиёр Магруппович
доктор технических наук

Официальные оппоненты: Равшанов Нормакмад
доктор технических наук, профессор
Ходжаев Шухрат Толибович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация: Ташкентский государственный технический университет

Защита диссертации состоится «18» декабря 2019 г. в 19⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43; факс: (99871) 238-65-52; e-mail: tuit@tuit.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер № 4/2606). (Адрес: 100202, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-65-44).

Автореферат диссертации разослан «5» декабря 2019 года.
(протокол рассылки № 20 от «19» ноября 2019 г.).



Р.Х. Хамдамов
Председатель научного совета по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

Ф.М. Нуралиев
Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней, д.т.н., доцент

М.А. Рахматуллаев
Председатель научного семинара при научном совете
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется решению проблем и задач многоуровневой структуры моделирования и оптимального управления динамическими режимами в процессе диагностирования параметров сельскохозяйственных машин, опираясь на современные информационные технологии. «По данным мирового производства хлопка сырца около 30% этого сырца собирают машины. Австралия, Израиль и США являются единственными странами, где весь хлопок собирается машинами»¹. Для борьбы с постепенным увеличением количества обрабатываемых земель и сокращением рабочей силы производство хлопка в более развитых сельскохозяйственных системах привело к движению в сторону более крупного и более тяжелого оборудования с повышенной пропускной способностью. Многими странами мира, в том числе США, Германией, Австралией, Израилем, Россией, а также Узбекистаном ведутся научно-исследовательские работы, нацеленные на усовершенствование технологических процессов функционирования сельхозмашин, в частности и хлопкоуборочных машин.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на усовершенствование моделей и алгоритмов управления функционированием машинно-тракторных агрегатов и повышение их производительности. В этой связи, в частности управление технологическими процессами работоспособности хлопкоуборочных машин в различных условиях движения на основе разработанных математических моделей, проведение вычислительных экспериментов с учётом различных внешних и внутренних воздействий на функционирование машин входят в число важнейших задач.

В нашей республике особое внимание уделяется вопросам разработки мероприятий по созданию системы комплексного мониторинга с целью контроля и диагностики функциональных, конструктивно-технологических и энергетических параметров хлопкоуборочных машин. Наряду с этим особую значимость имеют внедрение информационно-коммуникационных технологий в отрасль сельхозмашиностроения, разработка новых хлопкоуборочных машин с навесными системами, усовершенствование существующих, повышение их производительности. В частности, проведены научные исследования по разработке методов научно обоснованного проектирования хлопкоуборочных машин и навесных систем их рабочих агрегатов. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 годах определены задачи, в том числе «...модернизация и интенсивное развитие сельского хозяйства, ...применение информационно-коммуникационных технологий в системе экономики и управления»². Выполнение указанных задач, в частности, разработка математических моделей и численных алгоритмов процессов

¹ <http://journal.cotton.org>, The Cotton Foundation 2015.

² Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года "О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан"

функционирования хлопкоуборочных машин с навесными системами в различных условиях движения считается одной из важнейших задач.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, указанных в следующих законодательных актах: Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республик Узбекистан», Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-3117 от 7 июля 2017 г. «О мерах по дальнейшему развитию научно-технической базы в сфере сельскохозяйственного машиностроения», Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-3929 от 4 сентября 2018 г. «О мерах по совершенствованию системы управления отраслью сельскохозяйственного машиностроения», Постановление правительства Республики Узбекистан № ПП-1989 от 27 июня 2013 г. «О мерах по дальнейшему развитию Национальной информационно-коммуникационной системы Республики Узбекистан» и в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Настоящая работа выполнена в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан IV- «Информатизация и развитие информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. За последние годы по разработке моделей и алгоритмов управления функционированием навесных систем машинно-тракторных агрегатов проведены научные исследования и получены значительные теоретические и практические результаты. Они рассмотрены в работах зарубежных ученых, в частности Р.Дорф, Р.Бишоп, С.М.Нисии, А.И.Светачев, Г.Б.Шпилевский, А.В.Шишкин, Е.В.Сливинский, В.М.Дмитриев, Г.Таяновский, Ю.А.Тырнов, Г.П.Мисын, З.С.Зегерман, А.В.Папков, С.В.Тарасова, П.Ю.Яковлев, З.Я.Лурье, В.А.Макей, Е.Н.Цента и др.

В Узбекистане Х.Х.Усманходжаев, А.Д.Глущенко, Р.Д.Матчанов, Ш.М.Мирзиёев, Х.Т.Турапов, М.Т.Тошболтаев, Э.К.Абдуллаев, Ф.К.Дадабаев, Х.З.Эгамбердиев и Б.М.Азимов внесли большой вклад в разработку математических моделей и алгоритмов управления функционированием машинно-тракторных агрегатов.

В настоящее время проблемы разработки моделей и алгоритмов управления функционированием хлопкоуборочных машин с навесными системами при различных условиях движения недостаточно изучены.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках научных работ Научно-инновационного центра информационно-коммуникационных технологий при Ташкентском университете информационных технологий по проектам: КА-3-017+КА-5-002-«Моделирование движения и оптимальное управление и разработка

программно-алгоритмических средств оптимизации управляемых осей технологических машин» (2014-2016 гг.), МВ-Атех-2018-92+БВ-Атех-2018-13: «Разработка моделей, алгоритмов и программных средств оптимизации параметров хлопкоуборочных машин при различных условиях движения» (2018-2020гг.).

Целью исследования является разработка моделей и алгоритмов оптимального управления движением хлопкоуборочных машин и навесных систем уборочных аппаратов при различных условиях движения.

Задачи исследования:

разработка общей структуры процессов управления хлопкоуборочных машин и навесных систем уборочных аппаратов;

разработка математической модели горизонтальных колебаний хлопкоуборочных машин при различных условиях движения;

разработка математической модели вертикальных колебаний хлопкоуборочных машин и навесной системы уборочных аппаратов при различных условиях движения;

разработка алгоритма оптимального управления горизонтального колебания при различных условиях движения хлопкоуборочных машин;

разработка алгоритмов оптимального управления вертикального колебания хлопкоуборочной машины;

оптимизация параметров навесной системы уборочных аппаратов ХУМ.

Объектом исследования являются хлопкоуборочные машины и навесные системы уборочных аппаратов.

Предмет исследования составляют математические модели, вычислительные алгоритмы и программные средства анализа оптимального управления движением хлопкоуборочной машины с навесными системами.

Методы исследования: Математическое моделирование, системный анализ, теория колесных машин, методы вариационных исчислений, теория оптимального управления, а также методологии современных информационных технологий.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана математическая модель горизонтальных колебаний хлопкоуборочных машин при различных условиях движения;

разработана математическая модель вертикальных колебаний хлопкоуборочной машины и навесной системы уборочных аппаратов при различных условиях движения;

разработан алгоритм оптимального управления горизонтального колебания при различных условиях движения хлопкоуборочных машин;

разработан алгоритм оптимального управления вертикального колебания при различных условиях движения хлопкоуборочной машины;

разработан метод оптимизации параметров навесной системы уборочных аппаратов ХУМ.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана методика моделирования движения хлопкоуборочной машины с навесными системами уборочных аппаратов при различных условиях движения;

разработан алгоритм оптимального управления движением хлопкоуборочной машины для определения конструктивных параметров навесных систем уборочных аппаратов;

разработаны рекомендации по выбору оптимальной компоновки навесных систем уборочных аппаратов хлопкоуборочной машины.

Достоверность результатов исследования определяется корректным применением математического аппарата по оценке функционирования хлопкоуборочных машин и навесной системы уборочных аппаратов, а результаты вычислительного эксперимента сопоставлены с экспериментальными данными.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов обосновывается тем, что разработанные математические модели и численные алгоритмы дают достаточную точность теоретических экспериментов в процессе эффективного их использования при проектировании хлопкоуборочных машин с навесными системами

Практическая значимость обосновывается тем, что разработанные математическое и программное обеспечения позволяют принимать эффективные решения по оценке функционирования хлопкоуборочных машин с навесными системами.

Внедрение результатов исследования. На основе разработанных математических моделей, численных алгоритмов и программного средства с целью исследования функционирования хлопкоуборочной машины с навесными системами:

разработанные модели и алгоритмы оптимального управления движением хлопкоуборочной машины и оптимизации конструктивных параметров навесных систем уборочных аппаратов внедрены УП СКБ «Трактор» (справки Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан №33-8/3586 от 23 мая 2019 года и АО «Узагротехсаноатхолдинг» Республики Узбекистан №АР-19-02/86 от 15 января 2019 года). Использование результатов позволило улучшить технико-экономические показатели и автоматизировать обработки результатов в процессе проектирования;

разработанные модели, алгоритмы и программные средства оптимизации параметров хлопкоуборочных машин при различных условиях движения внедрены ООО «КТЦСМ» (справки Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан №33-8/3586 от 23 мая 2019 года и АО «Узагротехсаноатхолдинг» Республики Узбекистан №АР-19-02/86 от 15 января 2019 года). В результате обеспечено повышение точности функционирования и надежности навесной системы уборочных аппаратов хлопкоуборочной машины и улучшение технико-экономических показателей. Позволяет также оперативно определять

параметры и минимизировать время на проектирование машины и навесной системы уборочных аппаратов.

Апробация результатов исследования. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на 4 республиканских и 6 международных конференциях, где получили одобрение специалистов.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы 23 научные работы, 9 журнальных статей, в том числе 4 в зарубежных, 5 в республиканских журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов докторской диссертации, а также получены 2 свидетельства о регистрации программных продуктов для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация содержит 119 страниц и состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

Первая глава диссертации «Системный анализ методов оценки процессов управления машин с навесными системами» состоит из четырёх параграфов. В ней представлены концептуальные особенности системного анализа в оценке проблемы задач общего состояния структуры машиноиспытательных комплексов, общая структура и характеристики выбранного объекта испытаний и управления. Установлены характерные особенности построения общей структуры процессов управления навесными системами, определяющие структуру машинно-тракторных агрегатов и машиноиспытательных систем, как сложных технических систем управления.

В ней приведен подробный аналитический обзор научных разработок по теме диссертационной работы, выполненные учеными на разных этапах исследований. С учетом проведенного обзора выполненных исследований в направлении разработок по оптимальному управлению машиноиспытательными системами в общем, и с навесными устройствами в частности, представлена общая структура и характеристики выбранного объекта испытаний и управления.

Рассмотрена общая характеристика выбранного объекта управления - двухрядная вертикально-шпиндельная хлопкоуборочная машина МХ-1.8, выполненная по четырехколесной схеме с двумя задними направляющими

колесами, приведены основные части машины и их технические характеристики.

Изучены и представлены построение общей структуры процессов управления ХУМ с навесными системами. На базе методологии IDEF построен функциональный блок управления функционированием ХУМ с навесной системой. Процесс функционирования ХУМ отображается в виде функционального блока, преобразующего входы в выходы под действием управляющих воздействий и необходимых ресурсов. При этом роль лица принимающего решение (ЛПР) заключается в обеспечении реализации процесса исследования посредством выбора и изменения исходной информации, режимов функционирования, а также анализа состояния параметров объекта управления.

Основываясь на результатах анализа обзора, сформулированы постановка задач и цель исследования. При этом основное внимание в постановке задачи уделяется разработке математических моделей и алгоритмов управления по оценке показателей функционирования ХУМ с навесными устройствами.

Вторая глава диссертации «Разработка математических моделей движения хлопкоуборочной машины МХ-1.8» состоящая из трёх параграфов посвящена разработке математических моделей при различных условиях движения ХУМ.

На первоначальном этапе рассмотрена задача разработки кинематических и расчётных схем движения хлопкоуборочных машин. Далее разработана математическая модель горизонтальных колебаний движения хлопкоуборочных машин при различных условиях движения.

В соответствии с расчетной схемой составлена обобщенная математическая модель горизонтальных колебаний ХУМ МХ-1.8 в процессе передвижения по неровностям на поворотной полосе хлопкового поля в форме уравнений Лагранжа второго рода:

$$\left. \begin{aligned} m_w \ddot{x}_w &= F_w - b_1(\dot{x}_w - \dot{x}_{k_1}) - c_1(x_w - x_{k_1}) - b_2(\dot{x}_w - \dot{x}_{k_2}) - c_2(x_w - x_{k_2}), \\ m_1 \ddot{x}_{k_1} &= b_1(\dot{x}_w - \dot{x}_{k_1}) + c_1(x_w - x_{k_1}) - m_1 \frac{2\pi^2 V_w^2}{l_s^2} h_n \sin \frac{2\pi V_{k_1} t}{l_s}, \\ (m_2 - m_1) \ddot{x}_{k_2} &= b_2(\dot{x}_w - \dot{x}_{k_2}) + c_2(x_w - x_{k_2}) - (m_2 - m_1) \frac{2\pi^2 V_w^2}{l_s^2} h_n \sin \frac{2\pi V_{k_2} t}{l_s} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$J(q_0, u(t), q(t)) = \int_{t_0}^T f^0(q(t), u(t), t) dt + g^0(q_0, g(T)) \rightarrow \min$$

$$q_i(0) = q_{i0}(0), \quad \dot{q}_i(0) = \dot{q}_{i0}(0), \quad V_i(0) = V_{i0}(0)$$

$$q_i(t) = q_{i0}(t), \quad \dot{q}_i(t) = \dot{q}_{i0}(t), \quad V_i(t) = V_{i0}(t) \quad (i = \overline{1, n}), \quad 0 \leq t \leq T,$$

где \dot{x}_1 и \ddot{x}_1 — линейная скорость и ускорение машины; \dot{x}_2 и \ddot{x}_2 — линейная скорость и ускорение передних колес; \dot{x}_3 и \ddot{x}_3 — линейная скорость и ускорение задних колес; b_1 — коэффициент вязкого сопротивления шины переднего колеса машины; b_2 — коэффициент вязкого сопротивления шины

заднего колеса машины; c_1 — коэффициент жесткости шины переднего колеса машины; c_2 — коэффициент жесткости шины заднего колеса машины; m_m — масса машины; m_1 — распределенная масса по переднему колесу машины; m_2 — распределенная масса по заднему колесу машины; m_3 — распределенная масса по передней части ХУМ; h_n — высота неровности дороги; V_m — скорость движения машин; V_{k_1} — скорость движения переднего колеса; V_{k_2} — скорость движения заднего колеса.

Также в соответствии с расчетной схемой составлена обобщенная математическая модель вертикальных колебаний ХУМ МХ-1.8 в процессе передвижения по неровностям на поворотной полосе хлопкового поля в форме уравнений Лагранжа второго рода:

$$\left. \begin{aligned} m_u \ddot{y}_u &= F_y - b_1(\dot{y}_u - \dot{y}_{k_1}) - c_1(y_u - y_{k_1}) - b_2(\dot{y}_u - \dot{y}_{k_2}) - c_2(y_u - y_{k_2}), \\ m_1 \ddot{y}_{k_1} &= b_1(\dot{y}_u - \dot{y}_{k_1}) + c_1(y_u - y_{k_1}) - m_1 \frac{2\pi^2 V^2}{l_5^2} h_n (1 - \cos \frac{2\pi l_1}{l_5} t), \\ (m_2 - m_3) \ddot{y}_{k_2} &= b_2(\dot{y}_u - \dot{y}_{k_2}) + c_2(y_u - y_{k_2}) - (m_2 - m_3) \frac{2\pi^2 V^2}{l_5^2} h_n (1 - \cos \frac{2\pi l_2}{l_5} t), \\ j_{z1} \ddot{\varphi}_{z1} &= F_{z1} \cdot l_6 - b_3(\dot{\varphi}_{z1} - \dot{\varphi}_{ex}) - c_3(\varphi_{z1} - \varphi_{ex}) - l_7 \cdot m_u \ddot{y}_u, \\ j_{ex} \ddot{\varphi}_{ex} &= b_3(\dot{\varphi}_{z1} - \dot{\varphi}_{ex}) + c_3(\varphi_{z1} - \varphi_{ex}) - l_7 \cdot m_u \ddot{y}_u, \\ m_{z1} \ddot{y}_{z1} &= \frac{j_{z1} \ddot{\varphi}_{z1}}{l_7 - l_6}, \\ m_{ex} \ddot{y}_{ex} &= \frac{j_{ex} \ddot{\varphi}_{ex}}{l_7} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$J(q_0, u(t), q(t)) = \int_{t_0}^T f^0(q(t), u(t), t) dt + g^0(q_0, g(T)) \rightarrow \min$$

$$q_i(0) = q_0(0), \quad \dot{q}_i(0) = \dot{q}_0(0), \quad V_i(0) = V_0(0)$$

$$q_i(t) = q_0(t), \quad \dot{q}_i(t) = \dot{q}_0(t), \quad V_i(t) = V_0(t) \quad (i = \overline{1, n}), \quad 0 \leq t \leq T,$$

где \dot{y}_u и \ddot{y}_u — линейная скорость и ускорение машины; \dot{y}_{k_1} и \ddot{y}_{k_1} — линейная скорость и ускорение передних колес; \dot{y}_{k_2} и \ddot{y}_{k_2} — линейная скорость и ускорение задних колес; $\dot{\varphi}_{z1}$ и $\ddot{\varphi}_{z1}$ — угловая скорость и ускорение крутильных колебаний рычага гидроцилиндра; $\dot{\varphi}_{ex}$ и $\ddot{\varphi}_{ex}$ — угловая скорость и ускорение крутильных колебаний рычага вала качалок; b_3 — коэффициент вязкого сопротивления вала качалки механизма навески уборочных аппаратов; c_3 — коэффициент жесткости вала качалки механизма навески уборочных аппаратов; m_a — распределенная масса по уборочному аппарату; m_{z1} — распределенная масса по гидроцилиндру; m_{ex} — распределенная масса по валу качалки; F_{z1} — усилие в гидроцилиндре механизма навески уборочных аппаратов; l_1, l_2, l_3, l_4 и l_5 — расстояния между опорами и неровностями; l_6 — длина рычага гидроцилиндра; l_7 — длина рычага навески

уборочных аппаратов; j_{nj} и j_a – моменты инерции рычагов соединения гидроцилиндра и навески уборочных аппаратов.

Третья глава диссертации «Разработка алгоритмов оптимального управления навесными системами хлопкоуборочных машин», состоящая из шести параграфов посвящена решениям задачи разработки алгоритма оптимального управления горизонтальным и вертикальным колебаниями ХУМ при различных условиях её движения.

Сформируем задачу оптимального управления горизонтальных и вертикальных колебаний хлопкоуборочной машины при различных условиях её движения.

Пусть в начальный момент хлопкоуборочная машина находится в состоянии

$$q_i(0) = q_{i0}(0), \quad \dot{q}_i(0) = \dot{q}_{i0}(0). \quad (3)$$

Требуется выбрать такое управление $u(t)$, которое переведет хлопкоуборочную машину в заранее заданное конечное состояние

$$q_i(T) = q_{i0}(T), \quad \dot{q}_i(T) = \dot{q}_{i0}(T), \quad 0 \leq t \leq T \quad (i = \overline{1, n}). \quad (4)$$

При этом требуется, чтобы время переходного процесса было наименьшим.

Тогда цель управления сводится к минимизации функционала с учётом $q=x, q=y,$

$$J(q_0, u(t), q(T)) = \int_{t_0}^T f^0(q(t), u(t), t) dt \quad (5)$$

при условиях (3), (4)

$$\dot{q}(t) = f(q(t), u(t), t), \quad (6)$$

Пусть заданы функции

$$g^i(q_0, q(T)) \leq 0, \quad i = \overline{1, \dots, m}; \quad g^i(q_0, q(T)) = 0, \quad i = m+1, \dots, s, \quad (7)$$

$$u \in U, \quad t_0 \leq t \leq T, \quad (8)$$

где $f(q(t), u(t), t)$ – непрерывно-дифференцируемая функция со своими производными; $u(t)$ – кусочно-непрерывная функция на отрезке $[t_0, T]$.

При исследовании необходимых условий оптимального управления движением хлопкоуборочной машины воспользуемся принципом максимума Понтрягина.

Для формулировки принципа максимума введем функцию Гамильтона–Понтрягина

$$H = (q, u, t, \psi, \psi_0) = -f^0(q, u, t) + \langle \psi, u \rangle \quad (9)$$

и сопряженную систему

– для горизонтального:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_u}{\partial x_1} = -m_u^{-1}(c_1 + c_2)\psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_u}{\partial x_2} = -\psi_1 + m_u^{-1}(b_1 + b_2)\psi_2, \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_1}{\partial x_3} = -m_1^{-1}c_1\psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_1}{\partial x_4} = -\psi_1 + m_1^{-1}b_1\psi_2, \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_2}{\partial x_5} = -(m_2 - m_3)^{-1}c_2\psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_2}{\partial x_6} = -\psi_1 + (m_2 - m_3)^{-1}b_2\psi_2, \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

– для вертикального:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_1}{\partial y_1} = -m_1^{-1}(c_1 + c_2)\psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_1}{\partial y_2} = -\psi_1 + m_1^{-1}(b_1 + b_2)\psi_2, \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_1}{\partial y_3} = -m_1^{-1}c_1\psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_1}{\partial y_4} = -\psi_1 + m_1^{-1}b_1\psi_2, \\ \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H_2}{\partial y_3} = -(m_2 - m_3)^{-1}c_2\psi_2, & \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H_2}{\partial y_6} = -\psi_1 + (m_2 - m_3)^{-1}b_2\psi_2, \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

с ограничением на управление $|u| \leq 1$.

Для решения рассматриваемой задачи должно выполняться следующее необходимое условие:

$$H(q_i(t), u(t), t, \psi_i, \psi_0) = \max_{u \in U} H(q_i(t), u, t, \psi_i(t), \psi_0). \quad (12)$$

определению оптимального управления на основе (9) сформируем функцию:

– для горизонтального:

$$\left. \begin{aligned} x_u &= x_1, \dot{x}_u = y_2, \dot{x}_2 = u, -m_1^{-1}[b_1(x_2 - x_4) - c_1(x_1 - x_3) - \\ &\quad - b_2(x_2 - x_6) - c_2(x_1 - x_5)] \\ x_{\kappa_1} &= x_3, \dot{x}_{\kappa_1} = x_4, \dot{x}_4 = m_1^{-1}[b_1(x_2 - x_4) + c_1(x_1 - x_3)] - u_1 \\ x_{\kappa_2} &= x_5, \dot{x}_{\kappa_2} = x_6, \dot{x}_6 = (m_2 - m_3)^{-1}[b_2(x_2 - x_6) + c_2(x_1 - x_5)] - u_2 \end{aligned} \right\}, \quad (13)$$

– для вертикального:

$$\left. \begin{aligned} y_u &= y_1, \dot{y}_u = y_2, \dot{y}_2 = u, -m_1^{-1}[b_1(y_2 - y_4) - c_1(y_1 - y_3) - \\ &\quad - b_2(y_2 - y_6) - c_2(y_1 - y_5)] \\ y_{\kappa_1} &= y_3, \dot{y}_{\kappa_1} = y_4, \dot{y}_4 = m_1^{-1}[b_1(y_2 - y_4) + c_1(y_1 - y_3)] - u_1 \\ y_{\kappa_2} &= y_5, \dot{y}_{\kappa_2} = y_6, \dot{y}_6 = (m_2 - m_3)^{-1}[b_2(y_2 - y_6) + c_2(y_1 - y_5)] - u_2 \end{aligned} \right\}. \quad (14)$$

Так как, если $f^0 \equiv 1$, $g^0 \equiv 0$, то $J(q_0, u(t), q(t)) = T - t_0$ – в этом случае задачу (5)–(8) называют задачей быстрогодействия.

Рассматриваемый объект является стационарной системой и задача (5) означает, что f и U не зависят явно от времени, т.е.

$$f(t, y, u) = f(y, u), \quad U(t) = U. \quad (15)$$

Если стационарные задачи (5), (15) имеют оптимальное управление $u(t)$ и оптимальную траекторию $q_0(t)$, то существует ненулевой вектор сопряженных переменных $(\psi_1(t), \psi_2(t))$, $\psi(t) \in R^n$, удовлетворяющий условиям (7), т.е. выполнено условие максимума (12)

$$\psi_0(t) = const \leq 0. \quad (16)$$

Так как сопряженные системы (10), (11) являются однородной относительно ψ_1 , можно произвольным образом выбрать константу в уравнении (16) так, что

$$\psi_0(t) = -1 \quad 0 \leq t \leq T. \quad (17)$$

Из условий $\max_{|u|=1} H$ следует $u = \text{sign} \psi_2$ при $\psi_2 \neq 0$. Тогда красная задача принципа максимум запишется в следующем виде:

– для горизонтального:

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_2 &= \text{sign} \psi_y - m_u^{-1} [b_1(x_2 - x_4) - c_1(x_1 - x_3) - b_2(x_2 - x_6) - c_2(x_1 - x_5)], \\ \dot{x}_4 &= m_1^{-1} [b_1(x_2 - x_4) + c_1(x_1 - x_3)] - \text{sign} \psi_1, \\ \dot{x}_6 &= (m_2 - m_3)^{-1} [b_2(x_2 - x_6) + c_2(x_1 - x_5)] - \text{sign} \psi_2 \end{aligned} \right\}; \quad (18)$$

– для вертикального:

$$\left. \begin{aligned} \dot{y}_2 &= \text{sign} \psi_2 - m_u^{-1} [b_1(y_2 - y_4) - c_1(y_1 - y_3) - b_2(y_2 - y_6) - c_2(y_1 - y_5)], \\ \dot{y}_4 &= m_1^{-1} [b_1(y_2 - y_4) + c_1(y_1 - y_3)] - \text{sign} \psi_2, \\ \dot{y}_6 &= (m_2 - m_3)^{-1} [b_2(y_2 - y_6) + c_2(y_1 - y_5)] - \text{sign} \psi_2 \end{aligned} \right\}. \quad (19)$$

Отсюда ясно, что условие (12) выделит функцию $u = \text{sign} \psi_2$, $\psi_2 \neq 0$

$$H_1 = -f^0 u + \psi_2(t) u. \quad (20)$$

Тогда

$$u_k = \text{sign} \psi_2(t) = \begin{cases} 1, & \psi_2(t) > 1 \\ -1, & \psi_2(t) < -1 \end{cases}, \quad k=2,4,\dots,2n \quad (21)$$

управление $u_k(t)$ может иметь только одну точку переключения.

Для исследования движения машины были проведены вычислительные эксперименты при условии $t = 0$ с применением численного метода Рунге-Кутты. Результаты были получены в виде таблиц и графиков (рис. 1-2).

В результате получены графические зависимости скоростей и ускорений колебаний хлопкоуборочной машины, максимальные значения H -функции.

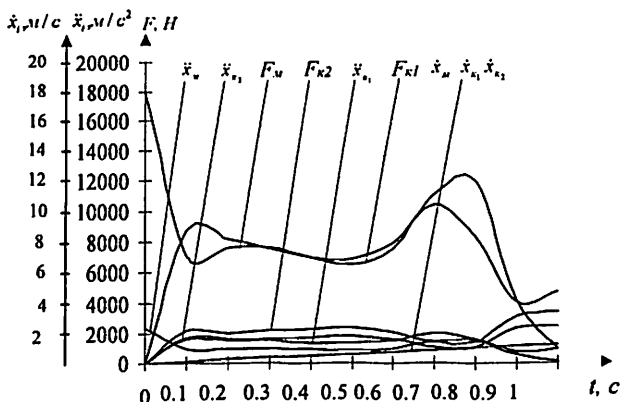


Рис.1. Характер изменения параметров движения ХУМ МХ-1.8 для горизонтальных колебаний при $h_m=30$ мм

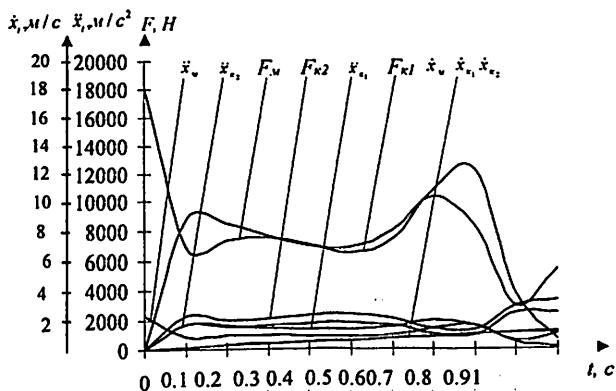


Рис.2. Характер изменения параметров движения ХУМ МХ-1.8 для горизонтальных колебаний при $h_m=40$ мм

Результаты, полученные решением математических моделей горизонтальных колебаний ХУМ МХ-1.8 и навесных систем в процессе передвижения по неровностям на поворотной полосе хлопкового поля удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными. Результаты вычислительных экспериментов показывают, что значение колебания машины уменьшается при $h_m=40$ мм (рис. 3-8).

Из принципа максимума Понтрягина получена структура оптимального управления движением направляющих колес хлопкоуборочной машины.

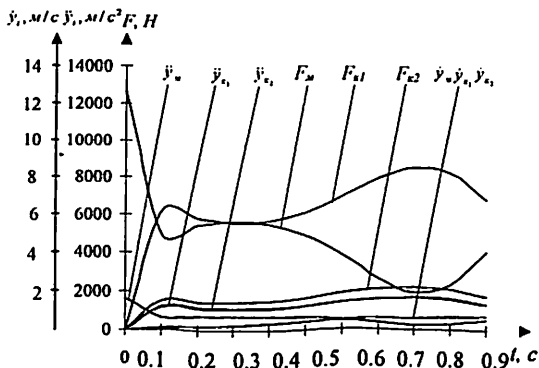


Рис.3. Характер изменения параметров движения ХУМ MX-1.8 для вертикальных колебаний при $h_m=30$ мм

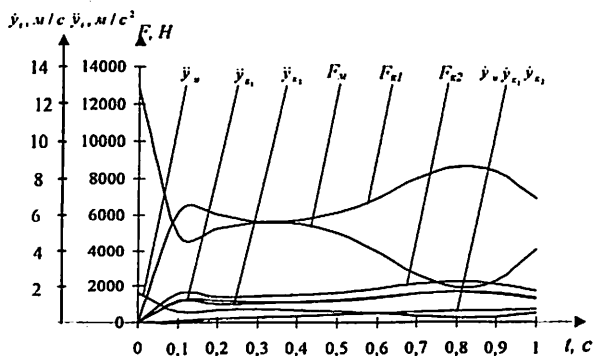


Рис.4. Характер изменения параметров движения ХУМ MX-1.8 для вертикальных колебаний при $h_m=40$ мм

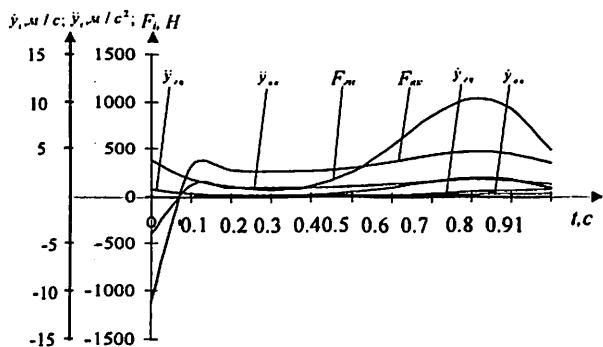


Рис.5. Характер изменения вертикальных колебаний навесной системы хлопкоуборочных аппаратов MX-1.8 при $h_m=30$ мм

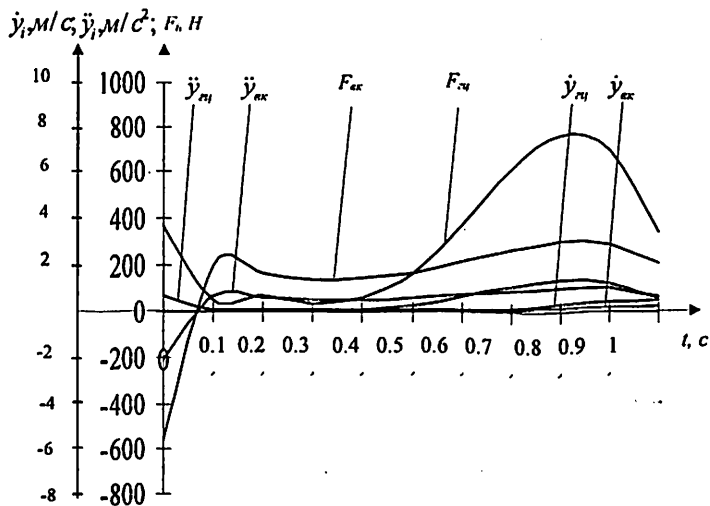


Рис.6. Характер изменения вертикальных колебаний навесной системы хлопкоуборочных аппаратов МХ-1.8 при $h_m=40$ мм

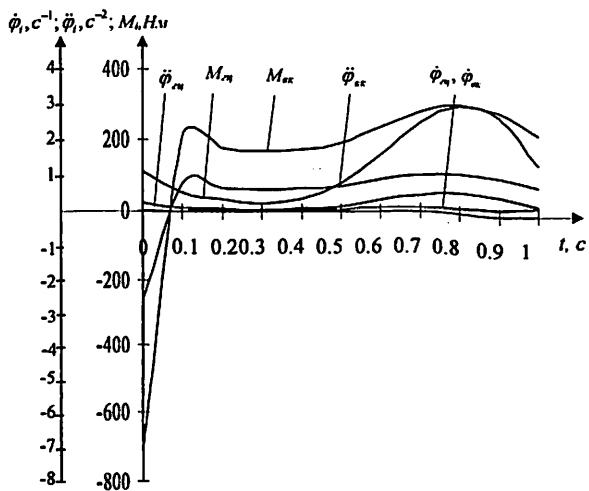


Рис.7. Характер изменения вертикальных колебаний навесной системы хлопкоуборочных аппаратов МХ-1.8 при $h_m=30$ мм

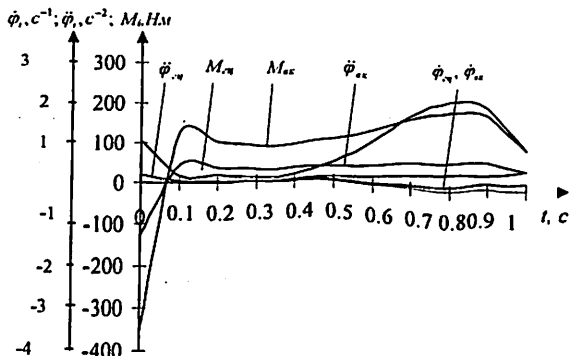


Рис.8. Характер изменения вертикальных колебаний навесной системы хлопкоуборочных аппаратов МХ-1.8 при $h_{нч}=40$ мм

Результаты, полученные решением математических моделей вертикальных колебаний ХУМ МХ-1.8и навесных систем в процессе передвижения по неровностям на поворотной полосе хлопкового поля удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными. Определено, что левые и правые уборочные аппараты неравномерно колеблются при вертикальном колебании машины. Основная причина неравномерности колебания уборочных аппаратов это установка рычага для соединения гидроцилиндра на левом крае, а не в середине вала качалок.

Далее решена задача моделирования оптимальной конструкции навесной системы движения ХУМ. В соответствии с расчетной схемой, где гидроцилиндр для подъема и опускания уборочных аппаратов установлен в середине вала качалок, а жесткость вала качалок принята абсолютной, составлена обобщенная математическая модель вертикальных колебаний ХУМ МХ-1.8 в процессе передвижения по неровностям на поворотной полосе хлопкового поля:

$$\left. \begin{aligned} m_u \ddot{y}_u &= F_y - b_1(\dot{y}_u - \dot{y}_{k_1}) - c_1(y_u - y_{k_1}) - b_2(\dot{y}_u - \dot{y}_{k_2}) - c_2(y_u - y_{k_2}), \\ m_1 \ddot{y}_{k_1} &= b_1(\dot{y}_u - \dot{y}_{k_1}) + c_1(y_u - y_{k_1}) - m_1 \frac{2\pi^2 V_{k_1}^2}{l_5^2} h_n (1 - \cos \frac{2\pi V_{k_1} t}{l_5}), \\ (m_2 - m_3) \ddot{y}_{k_2} &= b_2(\dot{y}_u - \dot{y}_{k_2}) + c_2(y_u - y_{k_2}) - (m_2 - m_3) \frac{2\pi^2 V_{k_2}^2}{l_5^2} h_n (1 - \cos \frac{2\pi V_{k_2} t}{l_5}), \\ j_{нч} \ddot{\phi}_{нч} &= F_{нч} \cdot l_6 - 2 \cdot l_7 \cdot m_u \ddot{y}_u, \\ m_{нч} \ddot{y}_{нч} &= \frac{j_{нч} \ddot{\phi}_{нч}}{l_7 - l_6}, \end{aligned} \right\} (22)$$

$$J(q_0, u(t), q(t)) = \int_{t_0}^T f^0(q(t), u(t), t) dt + g^0(q_0, g(T)) \rightarrow \min$$

$$q_i(0) = q_{i0}(0), \quad \dot{q}_i(0) = \dot{q}_{i0}(0), \quad V_i(0) = V_{i0}(0)$$

$$q_i(t) = q_{i0}(t), \quad \dot{q}_i(t) = \dot{q}_{i0}(t), \quad V_i(t) = V_{i0}(t) \quad (i = \overline{1, n}), \quad 0 \leq t \leq T.$$

Система (22) была решена с применением численного метода Рунге—Кутты. Вычислительный эксперимент был проведен при прогибе шины 30 мм и 40 мм.

Сравнительный анализ результата расчетов вычислительных экспериментов, полученных решением математических моделей вертикальных колебаний ХУМ МХ-1.8 и навесных систем в процессе передвижения по неровностям на поворотной полосе хлопкового поля, практически согласуются с экспериментальными данными работы Ш.М. Мирзиёва.

Сравнительный анализ результатов расчетов вычислительных экспериментов диссертационной работы и работы Э. Абдуллаева показали, что среднее арифметическое значение ускорения переднего колеса ХУМ, полученное вычислительным экспериментом и равное $1,22 \text{ м/с}^2$, с небольшим отклонением согласуется со средним арифметическим значением ускорения переднего колеса, которое составляет $1,36 \text{ м/с}^2$, полученных на базе проведения серии опытов.

Для установления диаметра вала качалки с последующим уточнением коэффициентов запаса прочности по выносливости был проведен проектировочный расчет, на основе которого определено, что условие усталостной прочности в сечениях выполняется. Проведенные расчеты показывают, что диаметр вала качалки можно изменить $d_{\text{вк}} = 0,080 \text{ м}$. Это в свою очередь позволит уменьшить массу вала качалки.

В приложении приведены документы, подтверждающие практическое использование результатов диссертационной работы, копии свидетельств об официальной регистрации программы для ЭВМ, выданных Агентством по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе выполненных научно-исследовательских работ по теме докторской диссертации «Модели и алгоритмы управления функционированием навесных систем машинно-тракторных агрегатов» представлены следующие выводы:

1. Разработанная на основе IDEF0-методологии иерархическая структура в виде многоуровневых функциональных блоков для математического моделирования и оптимального управления машинно-тракторных агрегатов с навесными системами, позволяет графически отображать взаимосвязи информационных и динамических процессов, обеспечивающие оптимизацию параметров и выбор оптимальных вариантов решений в процессе исследования машин при различных состояниях их функционирования.

2. На основе полученных уравнений движения разработаны модели и алгоритмы оптимального управления горизонтальными и вертикальными колебаниями хлопкоуборочной машины МХ-1.8 при различных условиях движения. Решением краевой задачи системы принципа максимума

Понтрягина получены переходные процессы для горизонтальных и вертикальных колебаний в процессе движения ХУМ МХ-1.8. Здесь исследована сопряженная система и получены оптимальные параметры движения с вариацией параметров движения F_i , M_i и конструктивных параметров b , c , m_i , j_i при прогибе шины $h_{ш} = 0.03\text{м}$ и $h_{ш} = 0.04\text{м}$. Установлено что, при прогибе шины $h_{ш} = 0.04\text{м}$ колебания уменьшились по сравнению с $h_{ш} = 0.03\text{м}$.

3. Результаты полученные решением математических моделей горизонтальных и вертикальных колебаний ХУМ МХ-1.8 в процессе передвижения по неровностям хлопкового поля показывают, что левые и правые уборочные аппараты неравномерно колеблются при вертикальном колебании машины. Основная причина неравномерности колебания уборочных аппаратов это установка рычага для соединения гидроцилиндра на левом крае, а не в середине вала качалок.

4. Результаты вычислительных экспериментов, полученные решением математических моделей вертикальных колебаний МХ-1.8 в процессе передвижения по неровностям хлопкового поля, когда гидроцилиндр для подъема и опускания уборочных аппаратов установлен в середине вала качалок, показывают, что левые и правые уборочные аппараты колеблются равномерно.

5. Результатами решения задачи Майера установлено, что оптимальное управление и угол поворота с изменением угла поворота вала качалки на $15,9$ градусов, предопределяет движение хлопкоуборочной машины к устойчивому состоянию и равномерному колебанию уборочных аппаратов навесной системы.

6. Разработанные математическая модель, вычислительный алгоритм и программные средства для управления движением хлопкоуборочной машины, позволяют сократить сроки экспериментальной доводки и оптимизировать конструктивные параметры навесных систем уборочных аппаратов. Внедрение результатов научно-исследовательской работы в УП СКБ «Трактор» обеспечило сокращение времени экспериментальной доводки и проектирования на 80% , а также повысило надежность нормального функционирования навесных систем уборочных аппаратов хлопкоуборочных машин.

7. Разработанные математическая модель, вычислительный алгоритм и программные средства для управления движением хлопкоуборочной машины позволяет оптимизировать конструктивные параметры навесных систем уборочных аппаратов при различных условиях движения. Внедрение результатов научно-исследовательской работы в ООО «КТЦСМ» обеспечило оперативное определение параметров и минимизацию времени на проектирование ХУМ и навесной системы уборочных аппаратов.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.27.06.2017.T.07.01 AT TASHKENT UNIVERSITY OF
INFORMATION TESHNOLOGIES**

**SCIENTIFIC AND INNOVATION CENTER OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES AT THE TASHKENT
UNIVERSITY OF INFORMATION TESHNOLOGIES**

YAKUBJANOVA DILFUZA KODIROVNA

**MODELS AND ALGORITHMS OF MANAGEMENT THE FUNCTIONING
OF MOUNTED SYSTEMS OF MACHINE-TRACTOR UNITS**

05.01.02 – System analysis, management and information processing

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

Tashkent – 2019

The theme of dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) of technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number №B2017.1.PhD/T42.

The dissertation has been prepared at Scientific and Innovation Center of Information and Communication Technologies at the Tashkent University of Information Technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of Scientific Council (www.tuit.uz) and on the website of «Ziyonet» Information and educational portal (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser: **Azimov Bahtiyor Magrupovich**
Doctor of Technical Sciences

Official opponents: **Ravshanov Normahmad**
Doctor of Technical Sciences, Professor
Xodjayev Shuhrat Tolibovich
Candidate of Technical Sciences, Docent

Leading organization: **Tashkent State Technical University**

The defense will take place on "18" december 2019 y. at 14⁰⁰ the meeting of Scientific Council No. DSc.27.06.2017.T.07.01 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, Fax: (+99871) 238-65-52, e-mail: tuit@tuit.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent University of Information Technologies (is registered under No. 41601). (Address: 100202, Tashkent city, Amir Temur street, 108. Tel.: (+99871) 238-64-43, Fax: (+99871) 238-65-52).

Abstract of dissertation sent out on "5" december 2019 y.
(mailing report No. 20 on "19" november 2019 y.).



R. Kh. Khamdamov
Chairman of the Scientific Council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

F. M. Nuraliev
Scientific secretary of Scientific Council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Docent

M. A. Raxmatullaev
Chairman of the academic seminar under the
Scientific Council awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to develop models and algorithms for optimal control of the motion of cotton-picking machines and mounted systems of harvesting units under various conditions of motion.

The object of the research works are the cotton-picking machines and mounted systems of harvesters.

The scientific novelty of the research work is as follows:

a mathematical model of horizontal vibrations of cotton-picking machines under various conditions of motion was developed;

a mathematical model of vertical vibrations of cotton-picking machines and mounted systems of harvesting machines under various conditions of motion was developed;

an algorithm for optimal control of horizontal vibrations under various conditions of motion of cotton-picking machines was developed;

an algorithm for optimal control of vertical vibrations under various conditions of motion of cotton-picking machine was developed;

a method for optimizing the parameters of mounted system of harvesting units of cotton-picking machines was developed.

Implementation of the research results. Based on the developed mathematical models, numerical algorithms and software for the purpose to study the operation of the cotton picker with mounted systems:

the developed models and algorithms for optimal control of cotton picker motion and optimization of design parameters of the mounted systems of the harvesting units were introduced in the UE SKB "Tractor" (reference of the Ministry of Information Technologies and Communications for the Development of the Republic of Uzbekistan dated May 23, 2019, № 33-8/3586; "Uzagrotechsanoatxolding" of the Republic of Uzbekistan dated January 15, 2019, №AR-19-02/86). Using the results of scientific research allows improving technical and economic indices and automating the processing of results in the design process;

the developed models, algorithms and software for optimizing the parameters of cotton-picking machines under various conditions of motion were introduced in LLC "KTCSM" (reference of the Ministry of Information Technologies and Communications for the Development of the Republic of Uzbekistan dated May 23, 2019, № 33-8/3586; "Uzagrotechsanoatxolding" of the Republic of Uzbekistan dated January 15, 2019, №AR-19-02/86). The use of the results of scientific research provides improved accuracy of operation, improvement of technical and economic indices and the reliability of mounted system of cotton pickers harvesting units. It allows us to determine the parameters and to minimize the time spent on the design of machine and harvesting units with mounted system.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation contains 119 pages and consists of an introduction, three chapters, conclusion, a list of references and appendices.

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

1. Азимов Б.М., Кубаев С.Т., Якубжанова Д.К. Системное моделирование и алгоритм управления испытательными системами хлопкоуборочных машин при различных состояниях их равновесия // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 2011. №2. С. 15-25. (05.00.00; №5).
2. Якубжанова Д.К. Исследование принципов формирования адаптивной модели управления для идентификации показателей работоспособности машиноиспытательных систем // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 2013. №1-2. С. 41-44. (05.00.00; №5).
3. Якубжанова Д.К. Имитационная модель принятия решений по оценке устойчивости движения колесного трактора в условиях полевой неопределенности // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 2015. №3-4. С. 57-63. (05.00.00; №5).
4. Азимов Б.М., И.И.Усманов, А.Р.Рузикулов, У.Т.Мирхайтов, Д.К.Якубжанова. Моделирование, оптимальное управление движением и расчет составляющих боковых сил направляющих колес хлопкоуборочной машины МХ – 1.8 // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 2016. №2. С. 50-60. (05.00.00; №5).
5. Азимов Б.М., Якубжанова Д.К., Кубаев С.Т., Сулюкова Л.Ф., Норкулов Ж.Ш. Моделирование и оптимальное управление движением хлопкоуборочной машины МХ-2.4 // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». Ташкент, 2018. №5. С. 13-26. (05.00.00; №5).
6. Azimov B.M., Yakubjanova D.K. Imitation modeling and calculation of the parameters of Lateral forces components of guide wheels of Cotton-picker MH-1.8 // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. India. Vol. 5, 2018. Is. 1. P. 5019-5027. (05.00.00; №8).
7. Azimov B.M., Yakubjanova D.K., Kubaev S.T. Modeling and optimal control of motion of cotton harvester MH-2.4 under horizontal oscillations // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. India. Vol. 5, 2018. Is. 9. P. 6906-6914(05.00.00; №8).
8. Azimov B.M., Yakubjanova D.K. Simulation and optimal motion control of cotton- harvesting machines MH-2.4 and the hitching system of harvesting units under vertical oscillations// Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. Vol.10, 9-Special Issue, 2018. P. 2513-2528. (№3) Scopus, IF=0.11.
9. Azimov B.M., Yakubjanova D.K. Modeling and optimal control of motion of cotton harvesting machines MX-1.8 and hitching systems of picking apparatus under vertical oscillations //AMSD 2018 IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf.Series. Vol.1210.2019. (№3) Scopus, IF=0.51.

10. Якубжанова Д.К. Аналитико-информационный анализ и оценка методов решения задачи многокритериальной оптимизации технических систем управления // Научный журнал «Бюллетень науки и практики». №3, 2017 г. (16). С. 28–34.

11. Салихов З.М., Азимов Б.М., Рузиев Д., Мамиров У.Х., Якубжанова Д.К. Построение функциональных модулей управления машиноиспытательными системами // Современное состояние перспективы развития информационных технологий: Доклады Республиканской научно-технической конференции. – Ташкент, 2011. – С.197-200.

12. Якубжанова Д.К., Ходжаев Т.Т. Формирование концепции структурной идентификации моделей объектов управления // Математика, математик моделлаштириш ва ахборот технологияларининг долзалб масалалари. Республика илмий конференцияси материаллари тўплами. - Термез, 2012. – Б. 149-151.

13. Азимов Б.М., Якубжанова Д.К. Параметрическая идентификация и оценка динамических нагрузок на несущие элементы колесного трактора // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. Сборник научных трудов XI-ой Международной научно-практической конференции. – Курск, 2014. – С. 70-74.

14. Якубжанова Д.К. О задаче оценки переменных состояния колесного трактора с навесными устройствами // Современные инновации в науке и технике. Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции. – Курск, 2014. – С.389-391.

15. Якубжанова Д.К. Концептуальные особенности формирования имитационной модели интерпретации и оценки параметров управления машиноиспытательными системами // Современные материалы, техника и технология. Материалы 4-й Международной научно-практической конференции. - Курск, 2014. – С. 484-487.

16. Ходжаев Т.Т., Якубжанова Д.К. Исследование и оценка аналитических характеристик модели подвесок колесных тракторов // Проблемы и перспективы развития науки в начале третьего тысячелетия в странах СНГ. Материалы XXI Международной научно-практической интернет-конференции. - Переяслав-Хмельницкий, 2014. – С.116-118.

17. Якубжанова Д.К. Концептуальные особенности оценки устойчивости движения колесного трактора в условиях полевой неопределенности // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. Сборник научных трудов XII Международной научно-практической конференции. – Курск, 2015. - С. 329-332.

18. Якубжанова Д.К. Теоретические и экспериментальные исследования концепций идентификации параметров технических систем управления // ТАТУ Самарқанд филиали профессор-ўқитувчиларининг X илмий-амалий конференцияси материаллари тўплами. – Тошкент, 2015. Б.105-111.

19. Якубжанова Д.К. Аналитико-статистическая оценка модели движения направляющих колес машинно-испытательных систем // Фан-

таълим ва ишлаб чиқариш интеграциясида ахборот-коммуникация технологияларини қўллашнинг ҳозирги замон масалалари Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами.- Нукус, 2015. Б.288-290.

20. Азимов Б.М., Онорбоев Б.О., Усманов И.И., Кубаев С.Т., Якубжанова Д.К. Моделирование и управление движением хлопкоуборочной машины МХ-1.8 //Современные состояние и перспективы применения информационных технологий в управлении Доклады Республиканской научно-технической конференции. - Ташкент, 2015. С.100-107.

21. Азимов Б. М., Якубжанова Д. К. Концептуальные особенности основ оптимального управления машинно-тракторными агрегатами //Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "Topical researches of the World Science" "WORLD SCIENCE" № 7(23), Vol.2, - Dubai, UAE 2017. - PP. 21-24.

22. Азимов Б.М., Рўзикулов А.Р., Якубжанова Д.К. Программа расчета горизонтальных и вертикальных колебаний хлопкоуборочной машины МХ-1.8 //Агентство по интеллектуальной собственности. Свидетельство №DGU 02898. 10.12.2014.

23. Кубаев С.Т., Азимов Б.М., Якубжанова Д.К. Программа автоматизации расчета задачи Майера по управлению хлопкоуборочной машины //Агентство по интеллектуальной собственности. Свидетельство №DGU 06088.06.02.2019.

Автореферат «Ҳисоблаш ва амалий математика муаммолари» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тиллардаги матнлари мослиги текширилди.

**Бичими 60x84¹/₁₆. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи 2,5. Адади 100 нусха. Буюртма № 96.**

**Гувоҳнома реестр №10-3719.
«Тошкент кимё-технология институти» босмахонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.**