

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

РУСТАМОВ КАМОЛИДДИН ЖЎРАБОЕВИЧ

**КЎП МАҚСАДЛИ МАШИНА ГИДРАВЛИК ЮРИТМАСИ
ПАРАМЕТРЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ МЕТОДИКАСИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.08.06 – Ғилдиракли ва гусеничали машиналар ва уларни ишлатиш

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

Тошкент – 2021

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

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

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

Рустамов Камолиддин Жўрабоевич Кўп мақсадли машина гидравлик юритмаси параметрларини ҳисоблаш методикасини такомиллаштириш.....	3
Рустамов Камолиддин Джурабоевич Совершенствование методики расчета параметров гидропривода многоцелевой машины.....	25
Rustamov Kamoliddin Joraboevich Improving of the methodology for calculating the parameters of the hydraulic drive of a multipurpose machine	47
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works	52

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 РАҚАМЛИ
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

РУСТАМОВ КАМОЛИДДИН ЖЎРАБОЕВИЧ

**КЎП МАҚСАДЛИ МАШИНА ГИДРАВЛИК ЮРИТМАСИ
ПАРАМЕТРЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ МЕТОДИКАСИНИ
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ**

05.08.06 – Ғилдиракли ва гусеничали машиналар ва уларни ишлатиш

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

Тошкент – 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси
Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация
комиссиясида В2021.2.PhD/Т1752 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат транспорт университетидида бажарилган.
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-
саҳифасида (www.tstu.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот-таълим порталида (www.ziyounet.uz)
жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: Аскарходжаев Тўлқин Ишонович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оponentлар: Иноятходжаев Жамшид Шухратуллаевич
техника фанлари доктори, профессор
Ахмедов Дониёр Анваржонович
техника фанлари бўйича фалсафа доктори,
доцент

Етакчи ташкилот: Андижон машинасозлик институти

Диссертация химояси Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги
DSc.18/30.12.2019.T.09.01 рақамли илмий кенгашнинг 2021 йил «16» 10 соат 10⁰⁰
даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100167, Тошкент, Одилхожаев кўчаси, 1-уй. Тел./факс:
(998-71)-277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

Диссертация билан Тошкент давлат транспорт университети Ахборот-ресурс марказида
танишиш мумкин (037 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100167, Тошкент,
Одилхожаев кўчаси, 1-уй. Тел./факс: (998-71)-277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

Диссертация автореферати 2021 йил «08» 10 куни тарқатилди.
(2021 йил «08» 10 даги 5 рақамли реестр баённомаси).



А.А. Рискулов

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

Р.М. Худайкулов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш-котиби, PhD, доцент

А.А. Мухитдинов

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

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда, хусусан АҚШ, Германия, Швеция, Япония, Жанубий Корея, Хитой, Россия, Украина, Белоруссия ва бошқа ривожланган давлатларда йўл қурилиши ва қишлоқ хўжалиги соҳаларида тракторлар ва мобил машиналар гидравлик тизимларини ривожлантиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шу билан бирга, кўп мақсадли машина гидравлик тизимини ягона тизимга келтиришда тезлик ва мавжудлик масштаб коэффициентларини қўллаш орқали гидроюритмаларга ўрнатилган жиҳозларнинг (чўмич, отвал, бурғу, кран) бириктирувчи қисмлари универсаллигига асосланган графоаналитик, дифференциал ва аналитик усулларини ишлаб чиқиш, кўп мақсадли машина гидроюритмаси динамик модели ва ҳаракат тенгламаларининг статик ҳамда кинематик параметрларини аниқловчи усулларни такомиллаштириш долзарб масалалардан бири ҳисобланмоқда. Шу жиҳатдан, ҳар бир ривожланган мамлакатда кўп мақсадга мўлжалланган машина гидравлик юритмаларини ягона гидравлик тизимга келтириш муҳим аҳамиятга эга.

Жаҳонда кўп мақсадга мўлжалланган машиналарнинг технологик жараён талабларига мос келувчи ягона гидравлик тизимини ишлаб чиқишга қаратилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, замонавий йўл-қурилиш машиналари гидравлик юритмасининг стрела, рукоят, чўмич гидроцилиндрларини тўла ҳажмда ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш, кўп мақсадли машина қазииш жиҳозлари гидравлик тизимларининг динамик хусусиятларини математик моделларини ишлаб чиқиш, гидроюритмаларни ҳисоблашда ҳар бир бўғин (платформа, стрела, рукоят, чўмич) элементларини алоҳида бўғинли ҳисоблаш усулини такомиллаштириш, нормал қазииш траекторияси ва чекланган қазииш кучини ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш назарий ва амалий тадқиқотларининг асосий зарур масалаларидан бири бўлиб ҳисобланмоқда. Шу билан бирга, кўп мақсадли машинанинг гидравлик тизимини тез алмашинувчи жиҳозлар (чўмич, отвал, бурғу, кўтариш-тушириш) технологик иш жараёнини ҳисоблашга мўлжалланган қуйи тизим математик моделини такомиллаштириш масалалари муҳим аҳамият касб этади.

Мустақиллик йилларида республикамизда автомобил йўллари тармоғини кенгайтириш, мавжуд иншоотлар, йўллар, аэродромларни сақлаш ва таъмирлаш, юқори самарали йўл қурилиш техникаси, ускуналари асосида моддий, энергетик ва меҳнат ресурсларини тежаш, кўп мақсадли машинанинг гидравлик тизими параметрларини такомиллаштириш ва назарий ҳисоблашга қаратилган кенг қўламли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...йўл транспорт, муҳандислик-коммуникация ва ижтимоий инфратузилмани ривожлантириш ҳамда модернизация қилиш бўйича мақсадли дастурларни амалга ошириш...»¹ устувор вазифа сифатида белгиланган. Ушбу

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли Фармони “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”//Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари тўплами, 2017 й., 6-сон, 70-модда.

вазифани амалга ошириш, йўл-қурилиш машиналари ва халқ хўжалиги соҳаларида кенг қўлланиладиган кўп мақсадли машиналар гидравлик тизимининг такомиллашган юритмасини ишлаб чиқиш, кўп мақсадли машинанинг гидравлик тизими параметрларини ва иш режимларини аниқлаш имконини берадиган такомиллаштирилган механик-математик модел ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 14 февралдаги ПФ-4954-сон «Йўл хўжалигини бошқариш тизимини янада такомиллаштириш чора тадбирлари тўғрисида»ги Фармони, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2018 йил 20 октябрдаги 841-сон «2030 йилгача бўлган даврда барқарор ривожланиш соҳасидаги Миллий мақсад ва вазифаларни амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 14 февралдаги ПҚ-2776-сон «Ўзбекистон Республикаси автомобиль йўллари давлат қўмитасини ва Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузурида Республика йўл жамғармаси фаолиятини ташкил этиш тўғрисида»ги, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2017 йил 7 июлдаги ПҚ-3117-сон «Қишлоқ хўжалиги машинасозлиги соҳасида илмий-техникавий базани янада ривожлантириш чора тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур соҳага тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Дунёда турли кўп функцияли машиналарнинг гидравлик тизимлари статик ва динамик бошқичларининг ҳисоблаш жараёни ҳамда кўп функцияли машиналарнинг гидроюритмалари ва уларнинг осма жиҳозларини узоқ муддат ишлаши, иш унумдорлигини оширишга сабаб бўладиган параметрларни ҳисоблаш жараёни бўйича тадқиқотлар жаҳоннинг йирик тадқиқотчилари Ю.Г. Беренгарда, М.М. Гайцгори, Е.Ю. Малиновский, Prasanna Kumar, V. Matikainen, Javad Tarighi, Н.Ф. Мутлюк, Т.М. Башта, Д.А. Чудаков, К.Я. Некрашевич, В.Б. Попов, А.Д. Альтшуль, М.И. Жилевич, С.В. Кобызев, А.Б. Лурье, С.В. Молоконов ва бошқалар томонидан тадқиқот ишлари олиб борилган.

Республикамиз олимларидан О.В. Лебедев, Т.И. Асқарходжаев, А.А. Шермухамедов, К. Астанақулов, Қ.А. Шарипов ва бошқалар томонидан ўзи юрар кўп мақсадли машиналарнинг гидравлик тизимлари бўйича кўплаб илмий тадқиқотлар ўтказилган ва маълум даражадаги ижобий натижаларга эришилган.

Ҳозирги вақтда мазкур тадқиқотлардан келиб чиққан ҳолда кўп мақсадли машиналарнинг гидравлик тизимларини такомиллаштириш борасида изланишлар олиб бориш долзарб илмий-амалий вазифа ҳисобланади. Олиб борилган аввалги тадқиқотларда таклиф этилган кўп мақсадли машинанинг гидравлик тизимининг рационал параметрлари (қазииш, бурғулаш, суриш ва кўтариш-тушириш) ни танлаш ва танланган схемаларни таҳлил қилиш, алоҳида қисмлар учун математик моделлар тузиш ва уларни ЭҲМдан фойдаланиб, комплекс ҳисоблаш усули етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотини диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат транспорт университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг А-13-069 «Муҳандислик иншоотларини созлаш ва таъмирлаш учун кўп мақсадли КМ-1 машинанинг синов нусхасини чиқариш ва синов ўтказишга техник ҳужжатлар ишлаб чиқиш» (2008-2013), Ф-4-53 «Кўп мақсадли КМ-1 машинаси гидравлик тизимининг ҳисобий услубларини асослаб, синов нусхасини чиқариш» (2013-2015) илмий тадқиқот ва фундаментал лойиҳалар грантлари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади кўп мақсадли машинанинг гидравлик юритмаси иш жараёнини ҳисоблаш методикасини такомиллаштириш ва параметрларини асослашдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

кўп мақсадли КМ-1 машинасининг фойдаланиш шароитларини, гидравлик тизимининг ҳисобий услубларини таҳлил қилиш ва гидроюритмасини назарий тадқиқ қилиш;

универсал машина конструкциясининг технологик (қазииш, бурғулаш, суриш, кўтариш) параметрларини асослаш;

Matlab дастури ёрдамида экскаватор гидравлик тизимининг хусусиятларини таҳлил қилиш усули орқали якуний натижалар олиш ва Simulink маълумотлар базасидан оптимал бурчак ҳолатларини аниқлаштириш;

синов тажрибаларини амалга ошириш орқали кўп мақсадли машина гидравлик юритма параметрларини аниқлаш;

назарий ва экспериментал тадқиқот натижаларини солиштирма таҳлил қилиш асосида тадқиқот натижаларини жорий этиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш ва КМ иқтисодий самарадорлигини баҳолаш.

Тадқиқот объекти сифатида кўп мақсадли машина ТТЗ-80.10 трактори олинган.

Тадқиқот предметини кўп мақсадли машина ТТЗ-80.10 трактори базасидаги гидравлик юритма тизими ташкил қилади.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида математик-статистика қонунлари, синов тажрибалари, ҳисоблаш математикаси, режалаштириш, эксплуатацион, физик-кимёвий хусусиятларини аниқлашнинг назарий ва синов усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

кўп мақсадли машина технологик параметрлари (қазииш, суриш, бурғулаш, кўтариш-тушириш)ни асословчи техник иш унумдорлиги ифодаси тезлик

коэффициенти ва мавжудлик коэффициентини киритиш асосида такомиллаштирилган;

кўп мақсадли машина гидравлик тизимини тез алмашинувчи жиҳозлар (чўмич, отвал, бурғу, кўтариш-тушириш) билан иш жараёнини ҳисоблаш математик модели ҳаракат тенгламаларини сонли ечиш Кутта-Мерсон ва Тейлор усули музлатилган коэффициентлар орқали такомиллаштирилган;

экскаватор гидроюритмаси динамик моделининг оралик бурчак рационал параметрлари Matlab/Simulink дастурида статик, кинематик ва динамик параметрлар ёрдамида диссипатив функцияни иккинчи турдаги Лагранж тенгласига алмаштириш орқали вектор-матрица шаклидаги тенгламалар ишлаб чиқиш асосида такомиллаштирилган;

кўп мақсадли машина гидроюритмаси иш жараёнини комплекс ҳисоблаш усули қазилган жараёнларида гидротизимга тушаётган кучлар таъсирини ҳисобга олиб, технологик жараённи истиқболли прогноз қилиш имкониятини кафолатлаш орқали такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

кўп мақсадли КМ-1 машинасининг қазилган жараёнида ҳосил бўлган юкламани тутиб турувчи гидравлик тизимнинг илмий асосланган энергия самарадорлик параметрлари такомиллаштирилган;

кўп мақсадли КМ-1 машинаси гидравлик тизими параметрларини ва иш режимларини аниқлаш имконини берадиган ишчи органнинг такомиллаштирилган механик-математик модел ишлаб чиқилган;

кўп мақсадли машина қазилган жиҳозларининг тажрибавий тадқиқ этиб, технологик иш жараёнларини комплекс ҳисоблаш хусусиятлари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ўтказилган илмий ва амалий тадқиқотлар гидромеханика, механизм ва машиналар назарияси фанларининг қонун ва қоидаларига асосланганлиги, дала шароитида ўтказилган тажриба ишларида замонавий услуб ва воситалар қўлланилганлиги, назарий жиҳатдан олинган натижаларнинг амалиётга жорий этилганлиги ҳамда ваколатли ташкилотлар томонидан тасдиқланганлиги, олиб борилган тадқиқотлар асосида ишлаб чиқилган кинематик ва динамик ҳисоблашлар натижалари, ҳисоблаш дастурлари ва тадқиқот ишида ишлаб чиқилган услублар, тузилган алгоритмлар ва олинган натижаларнинг ишончлилиги аналитик масалалар ечими билан солиштириш орқали изоҳланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти, кўп мақсадли машинанинг қазилган жараёнидаги керакли кучни берувчи гидравлик тизимлар параметрларини аниқлаш имконини берадиган математик моделлар, аналитик боғланишлар ва ҳисобий усуллардан барча жараёнлар (қазилган, суриш, бурғулаш, кўтариб-тушириш) гидравлик тизим параметрларини асослашда қўлланилиши мумкинлиги билан изоҳланган.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган машинанинг гидро тизимини тажриба-синов нусхаларини тайёрлашда лойиҳалаш сифати ва самарадорлигини ошириш, тажриба-конструкторлик синовларини ўтказиш харажатларини қисқартириш ва ишлаб чиқаришда меҳнат сарфини камайтиришга хизмат қилиши билан изоҳланган.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Кўп мақсадли машинанинг гидравлик юритмаси иш жараёнини ҳисоблаш методикасини такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

унумдорлик коэффициентига таъсир этувчи кучдан ва грунтнинг қаршилик кучидан фойдаланган ҳолда, тезликнинг масштаби коэффициентини киритиш йўли билан кўпмақсадли машинанинг такомиллаштирилган технологик (қазиш, итариш, бурғулаш, кўтариш ва тушириш) параметрлари Қишлоқ хўжалигини механизациялаш илмий тадқиқот институти ва “Ўзйўлмашсервис” илмий-ишлаб чиқариш тажриба унитар корхоналарига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Транспорт вазирлиги ҳузуридаги Автомобил йўллари қўмитасининг 1 феврал 2021 йилдаги 03-389-сон маълумотномаси). Натижада энергия тежайдиган гидроюритманинг ишлаши, қазиш жараёнида энергия эҳтиёжини 23% га ва двигателга тушадиган юкни камайтириш имкони яратилган;

универсал машинанинг гидравлик тизимини тез алмашувчи жиҳозлар (чўмич, отвал, бурғу, кўтариш-тушириш) билан иш жараёнини ҳисобга олишга мўлжалланган такомиллаштирилган математик модели “Ўзйўлмашсервис” илмий-ишлаб чиқариш тажриба-унитар корхонасига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Транспорт вазирлиги ҳузуридаги Автомобил йўллари қўмитасининг 1 феврал 2021 йилдаги 03-389-сон маълумотномаси). Натижада экскаватор қуввати ва қувват параметрларига боғлиқ чўмич $\alpha_2=47^0 \dots 53^0$, рукоят $\alpha_3=55^0 \dots 58^0$ ва стрелалар $\alpha_5=22^0 \dots 27^0$ аниқланган ўзаро боғлиқликларни чўмични оптимал жойлашувини аниқлаш имконини берган;

экскаватор гидроюритмаси Matlab/Simulink дастурида статик, кинематик ва динамик моделлари оптимал бурчаклар диапазони ёрдамида ишнинг давомийлик цикли ва унумдорлигини оптималлаштирилган рационал параметрлари “Қишлоқ хўжалиги машинасозлиги конструкторлик-технологик маркази” МЧЖга жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Транспорт вазирлиги ҳузуридаги Автомобил йўллари қўмитасининг 1 феврал 2021 йилдаги 03-389-сон маълумотномаси). Натижада, Қишлоқ хўжалиги машинасозлиги конструкторлик-технологик маркази фаолиятида ишлаб чиқилган ҳамда амалиётда қўлланилаётган кўп мақсадли машиналари конструкцияларининг таркибий қисмлари такомиллаштирилган;

кўп мақсадли машина гидравлик тизимининг иш жараёнини комплекс ҳисоблаш усули “Ўзйўлмашсервис” илмий-ишлаб чиқариш тажриба-унитар корхонасига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Транспорт вазирлиги ҳузуридаги Автомобил йўллари қўмитасининг 1 феврал 2021 йилдаги 03-389-сон маълумотномаси). Натижада, бир чўмичли экскаваторнинг эксплуатацион иш фаолиятини 15% га ошириш таъминланган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур диссертация тадқиқоти натижалари 3 та халқаро ва 4 та республика анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 23 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий нашрларида 12 та илмий мақола, жумладан, 7 та мақола маҳаллий ва 5 та

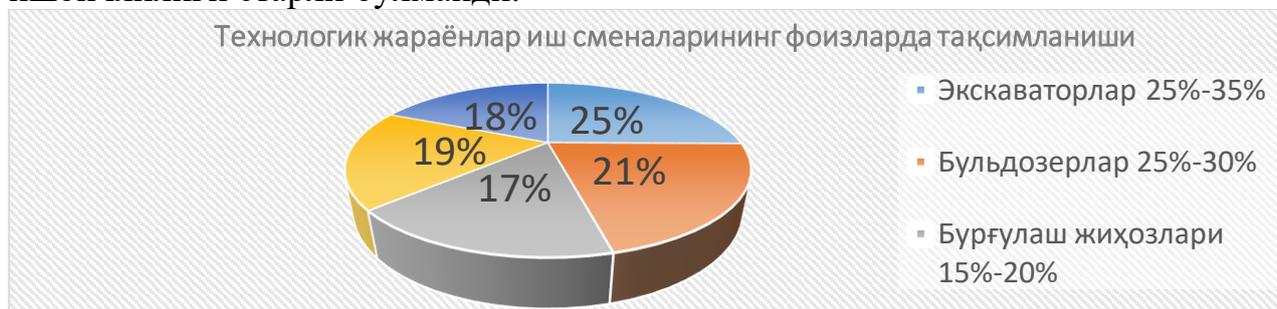
мақола хорижий журналларда нашр этилган ҳамда 1 та дастурий маҳсулотга гувоҳнома олинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 116 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Диссертациянинг **Кириш** қисмида ўтказилган тадқиқотнинг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари, объекти ва предметлари тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган. Мамлакатимизнинг йўл қурилиши ва халқ хўжалиги соҳасидаги кўп мақсадли машиналарга бўлган эҳтиёжини қондириш масаласига бағишланган диссертация иши долзарб.

Диссертациянинг **«Муаммонинг қўйилиши. Йўл-қурилиш машиналари гидроюритмасини ишлаб чиқишга мўлжалланган ишлар таҳлили»** деб номланган биринчи бобида кўп функцияларни бажариш учун мўлжалланган йўл қурилиш машиналари конструкцияларини ва гидроюритмаларини лойиҳалашда тадқиқот қилинадиган масаланинг муҳимлиги ёритилган ва кўп мақсадли машинанинг гидроюритмасини асосий муаммолари баён ҳамда таҳлил қилинган. Муаллиф фикрича, кўп функциялар учун мўлжалланган йўл қурилиш машиналарининг гидроюритмалари кўп жихозлар билан ишлаш ва тез алмашинувчанликка мос тизимларининг маҳаллийлаштирилган конструкцияси мавжуд эмас, жихозларнинг сонига боғлиқлиги етарлича ўрганилмаган. Буларнинг барчаси масалани ечишда катта қийинчиликлар туғдиради ва ҳисоблашнинг тахминий усулларини қўллашга мажбур этади, бу эса КМ йўл қурилиш машиналарида материалларнинг ортиқча сарфлашга олиб келади ва ишончлилиги етарли бўлмайди.

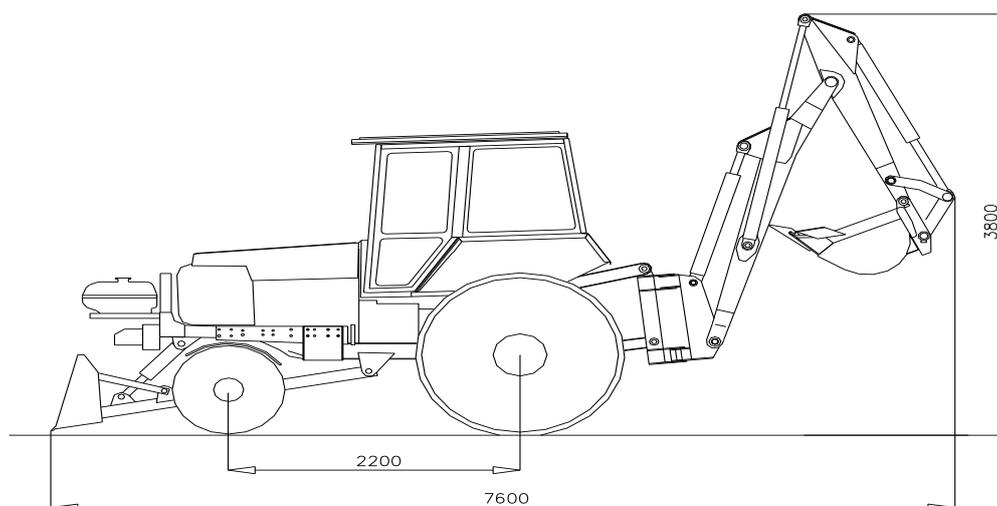


1–диаграмма. Кўп мақсадли гидроюритмали машиналарининг йўл қурилиш машиналари ва халқ хўжалигида фойдаланиш миқдорлари

Ушбу бобда диссертация иши тадқиқот объекти ва предмети асосланган, ЭГ ни ривожланиш тенденциялари таҳлил қилинган, ЭГ аниқлигини ошириш учун

мавжуд тизимларни ва уларнинг ишлаш принципини таҳлил қилиш ишлари олиб борилган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг «**Кўп мақсадли машинанинг асосий конструкцияси ва технологик параметрларини танлаш ҳамда ҳисоблаш**» деб номланган иккинчи бобида хориж давлатларидан замонавий техникани олиб келиниши, ҳамда Россия, Украина, Германия, Швеция, АҚШ каби мамлакатларда ишлаб чиқиладиган бундай машиналар технологик жараёнга тўлиқ жавоб бермаслиги, уларни Марказий Осиё худудида эксплуатация қилиш эса, қимматбаҳо материалларни (APICE нинг талабларига жавоб берадиган ёнилғи-мойлаш материаллари – ЁММ, филтрлар, эҳтиёт қисмлар ва бошқалар) ишлатиш натижасида фойдаланиш сарфи жуда қимматга тушиб кетиши масалалари ёритилган.



1-расм. ТТЗ-80.10 трактор асосидаги кўп мақсадли машинанинг грунтни казиш ва суриш жиҳозларини умумий кўриниши

Замонавий қурилиш ва йўл машиналарининг гидравлик юритмалари жуда мураккаб ва КМ-1 машинасини ишлаб чиқишда асосий масалалардан бири гидравлик тизимни танлаш ҳисобланади. КМ-1 машинасининг қазииш ускуналари гидравлик юритмасининг параметрларини ишлаб чиқишга қаратилган тадқиқотлар долзарб масала бўлиб, халқ хўжалигида катта аҳамиятга эга. КМ-1 машина универсал ва ихчамлиги, ўта ҳаракатчанлиги ва кўп функционаллиги боис анъанавий йўл қуриш машиналари бажара олмайдиган ишларнинг кўпчилигини бажариш имконига эга. Бундай машиналарга юкловчининг кўп функционаллигини таъминлайдиган ўнлаб алмаштирилувчи жиҳозларни ўрнатиш мумкин.

Грунт қазииш жараёнининг математик тавсифида қазииш жараёнининг энергия самарадорлигини ўрганиш учун экскаваторнинг сарфланган энергиясини ҳисобга олган ҳолда геометрик ва кинематик параметрлари аниқланган ва энергия самарадорлигини ўрганиш жараёнида экскаватор мураккаб иерархик тизим сифатида қаралган.

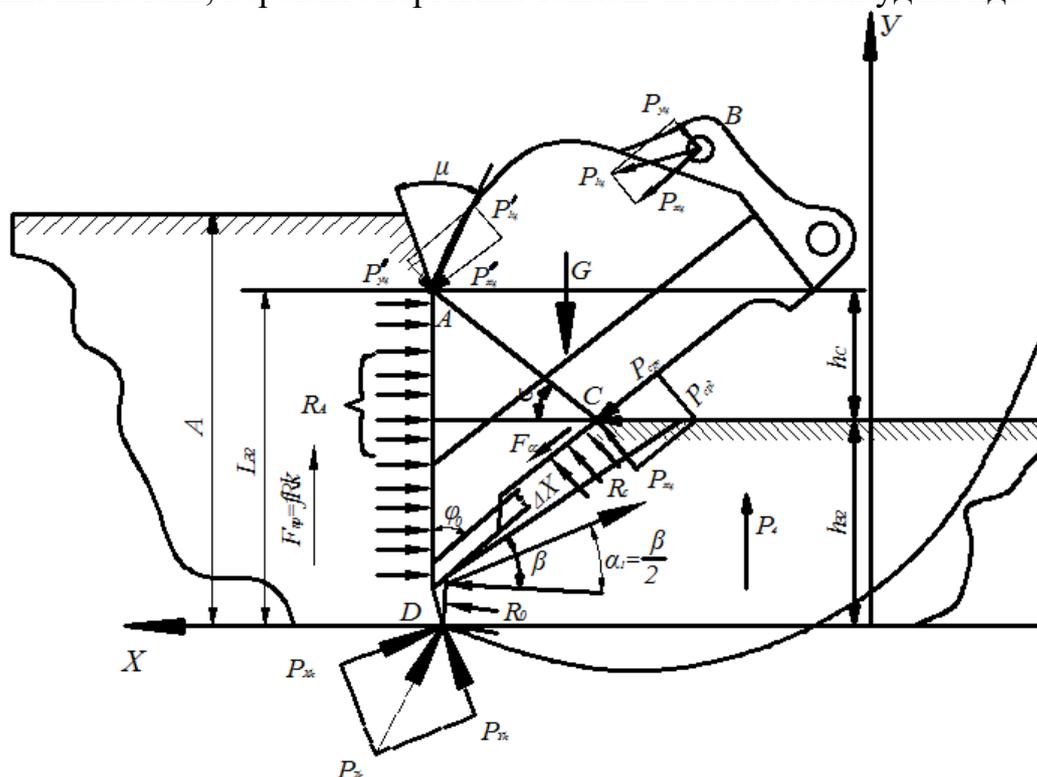
Диссертацияда грунтни қазииш пайтида ишчи жиҳозида гидравлик тизимга тушаётган юкланиш таъсир қиладиган (2-расм) қаршилиқ кучларини локализация қилиш жойларини белгилаш учун шток чиқиши узунлигига қараб, чўмич ва

дастакни комплекс иши билан грунтни казиш жараёнининг математик модели ишлаб чиқилган.

Муаллиф одатий тадқиқотлардаги каби бажарилган иш гидроюритма ичидаги босимга қараб, гидравлик цилиндрнинг қувват хусусиятлари орқали аниқлаб қазилган грунт билан таъсир ўтказишда экскаваторнинг асосий параметрлари ўртасидаги муносабатни ўрнатган. Шу асосида қазиш жиҳози КМ-1 машинаси ҳосил қилиши лозим бўлган умумий куч W_o топилган.

$$W_o = \frac{tbS[\sin \beta(1-f^2) + 2f \cos \beta]}{\sin \theta[\sin(\beta + \theta) \cdot (1 - \mu f) + \cos(\beta + \theta) \cdot (\mu + f)]} + \frac{b(B_k - S)^2 \gamma f \cos^2 \beta}{2tg\varphi_0} + \frac{1}{3} f \gamma t g^2 \varphi_0 t g \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_0}{2} \right) + f_x \left(G_q + \frac{b(B_k - S)^2 \gamma}{2tg\varphi_0} \right). \quad (1)$$

Топилган тенглик (1) аналитик усулда қазиш жиҳозини умумий кучини чўмичнинг параметрларига ва грунтнинг физик-механик таркибига боғлиқ ҳолда аниқлаш имконини берган. Бундан асосий мақсад машинанинг рационал тортиш қувватини ишлатиш, керакли энергияни танлаш имкони мавжудлигида.

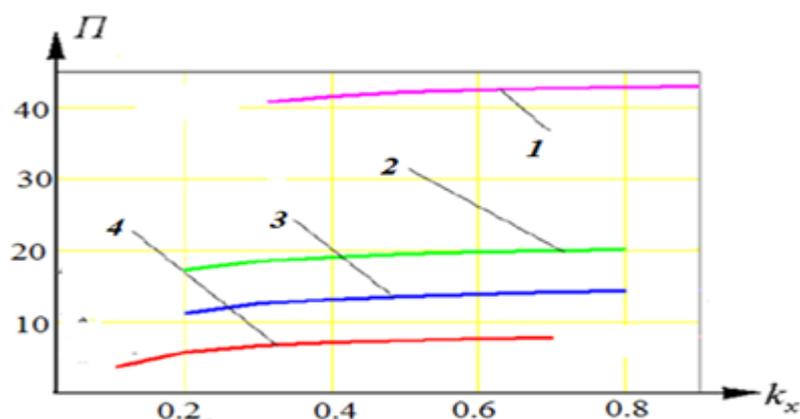


2-расм. Грунтнинг чўмич ён деворига ва тубига кўрсатаётган босимини аниқлаш схемаси

Топилган аналитик тенгламалардан фойдаланиб, КМ машинанинг қазиш жараёнидаги техник иш унумдорлиги аниқланган.

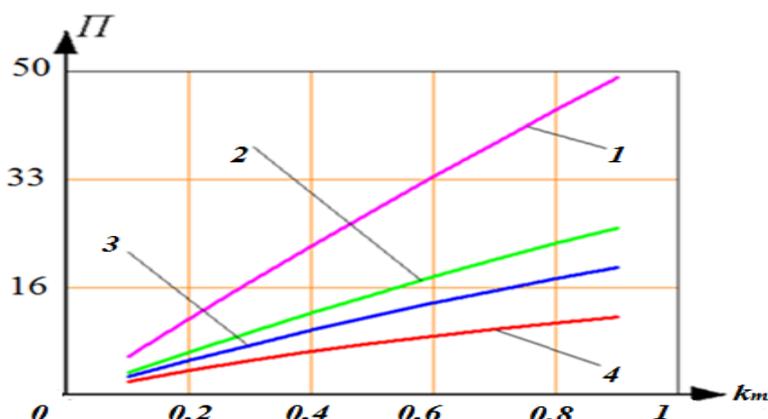
$$\Pi = \frac{1.8 \cdot 10^3 E k_H}{\left[\frac{2T_{ин}}{3k_m} \left(1 - \frac{1}{\pi} \arccos \frac{a_2 + c_2}{R_1} \right) + \frac{E}{a_1 h k_x v_x \cos \varphi_0} \right] k_P} \quad (2)$$

Формулалар таҳлил қилиниб 3-расмдаги натижалар олинган.



3-расм. Қазиш жараёнидаги экскаватор иш унумдорлигини тезлик коэффициентига боғлиқлиги: КМ машинанинг ($a_1, a_2, c_2, h, \varphi_0$) – технологик, (R_1, V_x, I_p) – конструктив ва (k_x, k_r, k_y)- эксплуатацион параметрлари

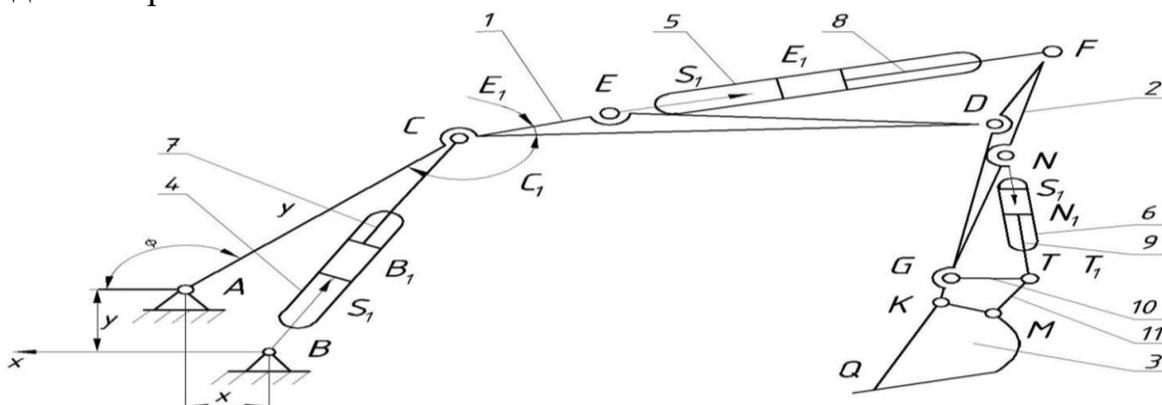
Технологик жараёнларнинг таҳлили (2) хандақларни қазишда гидравлик бир чўмичли экскаватор чўмичини тўлдириш ва чўмичдаги грунтни бўшатиш коэффициентлари нисбати (k_n/k_p) чизикли бўлмаган ҳолда ўзгаришини кўрсатилган.



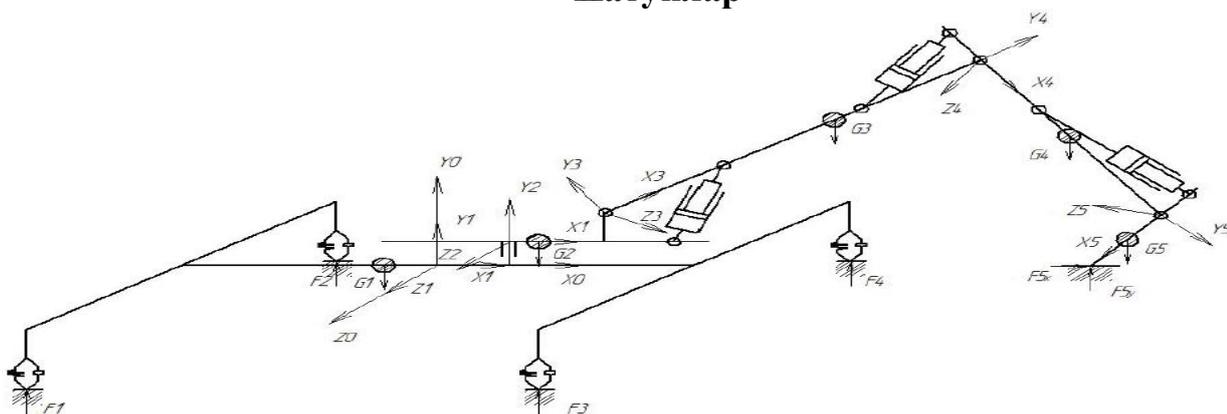
4-расм. Қазиш жараёнида машина иш унумдорлигини мавжудлик коэффициентига боғлиқлиги

Диссертациянинг учинчи боби «Кўп мақсадли машина гидроюритмаси динамик модели ва ҳаракат тенгламаларини ишлаб чиқиш» деб номланган. Бу бобда диссертация ишидаги кўп мақсадли машина қазиш жиҳозларининг гидравлик тизимларини математик моделлари келтирилган. Муаллиф томонидан механик қуйи тизимнинг математик тавсифида унинг умумлаштирилган лойиҳалаш схемаси, координатали тизимлар, умумлаштирилган координаталар танланиб, асосланган звенолар орасидаги геометрик боғланиш тенгламалари, боғланишлар кинематикаси тенгламалари ва ЭГ нинг динамик тенгламалари тузилган. ЭГ механик қуйи тизимининг тузилган лойиҳалаш схемасига биноан (3-расм) тизимни голономик деб тахмин қилиниб, динамика тенгламасини иккинчи турдаги Лагранж тенгламалари шаклида тузилган. Бунда вақтнинг ҳар бир дақиқасида бир чўмичли экскаватор билан грунтни қазиш жараёнида динамик модел, хандақ кичик қисмининг бўйламаси бўйича профили тавсифлаган ва аниқлаган. Ишчи органнинг ҳолати грунт қатламининг бошланғич ва қайта

ишланган профил ўқлари бўйлаб, бўйламасига кўра фақат x ва y координаталар билан тавсифланган. Бўйлама профилнинг структуравий-кинематик боғланишларига асосланган динамик модел ишчи органнинг характерли геометрик хусусиятларини очиб берган. Ушбу моделнинг кинематик схемаси 5-расмда келтирилган.



5-расм. Ишчи органнинг кинематик схемаси: 1 – стрела; 2 – дастак; 3 – чўмич; 4, 5, 6 – гидроцилиндрлар; 7, 8, 9 – гидроцилиндр штоклари; 10, 11 – шатунлар



6-расм. Кўп мақсадли машина гидравлик юритмасининг қазииш жараёнидаги принципиал ҳисобий схемаси

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 ; \quad (3)$$

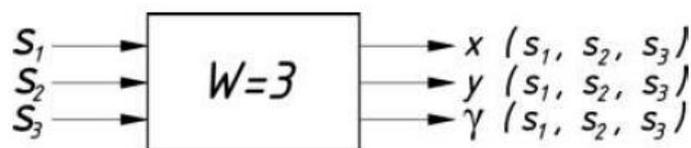
$$P_5 = 15, P_4 = 0, n = 11 ; \quad (4)$$

$W=3$, кўп мақсадли машинанинг қазииш жиҳозларини текисликдаги эркинлик даражаси 3 га тенг. Машина билан бирга (бурилувчи платформа) $W=4$ га тенг бўлади (6-расм).

Кўп мақсадли машинани кинематик занжирини умумлашган координаталари қуйидагиларга бўлинади:

1. θ – вертикал ўқ атрафидаги платформанинг бурилиш бурчаги;
2. s_1 – чизикли координата. 4-гидроцилиндрдаги 7-штокнинг ҳаракати;
3. s_2 – чизикли координата. 5-гидроцилиндрдаги 8-штокнинг ҳаракати;
4. s_3 – чизикли координата. 6-гидроцилиндрдаги 9-штокнинг ҳаракати.

$$f = f(\theta, s_1, s_2, s_3). \quad (5)$$

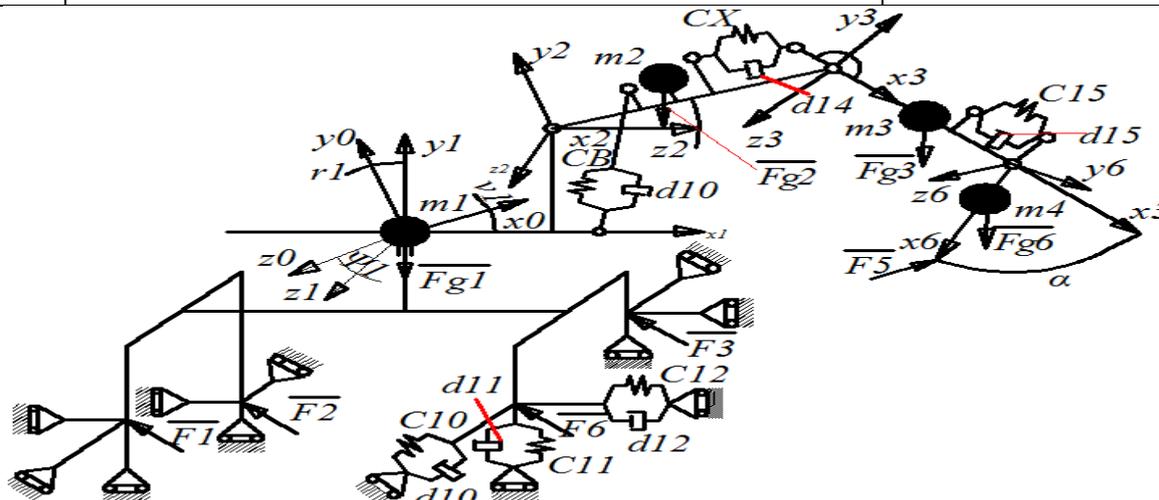


7-расм. Кўп мақсадли машина қазийш жиҳози ишчи органларининг шартли схемаси

1-жадвал

Кўп мақсадли машина динамик тизимларининг умумлашган координаталари

№	Бўғин координаталарини маҳаллий тизим координаталаридаги тавсифлари	Умумлашган координаталар
1	Y_0 ўқи бўйлаб O_1 массалар маркази базавий шассининг кўчиши.	\bar{q}_1
2	X_0 ўқи атрофида шасси базасини бурилиши.	\bar{q}_2
3	Z_0 ўқи атрофида шасси базасини бурилиши.	\bar{q}_3
4	Y_2 ўқи атрофида платформани бурилиши.	\bar{q}_4
5	Z_3 ўқи атрофида стреланинг бурилиши.	\bar{q}_5
6	Z_4 ўқи атрофида дастакнинг бурилиши	\bar{q}_6
7	Z_5 ўқи атрофида кесувчи органнинг бурилиши.	\bar{q}_7



8-расм. Моделни ҳисоблаш схемаси

Моделни ҳисоблаш схемаси (8-расм) занжирларининг инерциал координаталар тизимига нисбатан ҳолатларига тегишли равишда тегишли маҳаллий ўнг координаталари тизимларининг вазияти билан белгиланган:

$O_1X_1Y_1Z_1$ – базавий машина шассиси ва бурулувчи платформа гидротизими; $O_2X_2Y_2Z_2$ – стреласи билан; $O_3X_3Y_3Z_3$ – дастаги билан; $O_4X_4Y_4Z_4$ – чўмичи билан.

2-жадвал

Моделдан координата ўқига параметрларни ўтказиш

№	Бўғин номи	Координата системаси	Умумлашган координата	Координаталар системасидан матрицага ўтказиш		Ишчи органнинг тавсифи нукталарининг вектори	Эластик-ковушқоқ элементларнинг мос келдиган коэффициентлари
				i-1	00. x0. y0. z0		

1	Экскаватор платформаси	$o1, x1, y1, z1$	$x1, y1, z1, \mu1, \gamma1, \psi1$	A1	T1=A1	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12	c1, d1, c2, d2, c3, d3, c4, d4, c5, d5, c6, d6, c7, d7, c8, d8, c9, d9, c10, d10, c11, d11, c12, d12
2	Стрела	$o2, x2, y2, z2$	u2	A2	T2=A1 "A2"	R13	c13, d13
3	Дастак	$o3, x3, y3, z3$	u3	A3	T3=A1 "A2" "A3"	R14	c14, d14
4	Чўмич	$o4, x4, y4, z4$	u4	A4	T4=A1 "A2" "A3" "A4"	R15	c15, d15

Иккинчи турдаги Лагранж тенгламалар қуйидаги шаклга эга бўлган:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dK}{dq_j} \right) - \frac{dK}{dq_j} + \frac{dP}{dq_j} + \frac{d\Phi}{dq_j} = Q_j, \quad (6)$$

бу ерда K – кинетик энергия; P - потенциал энергия; Φ - диссипатив функция; Q - умумлашган ташқи кучлар вектори.

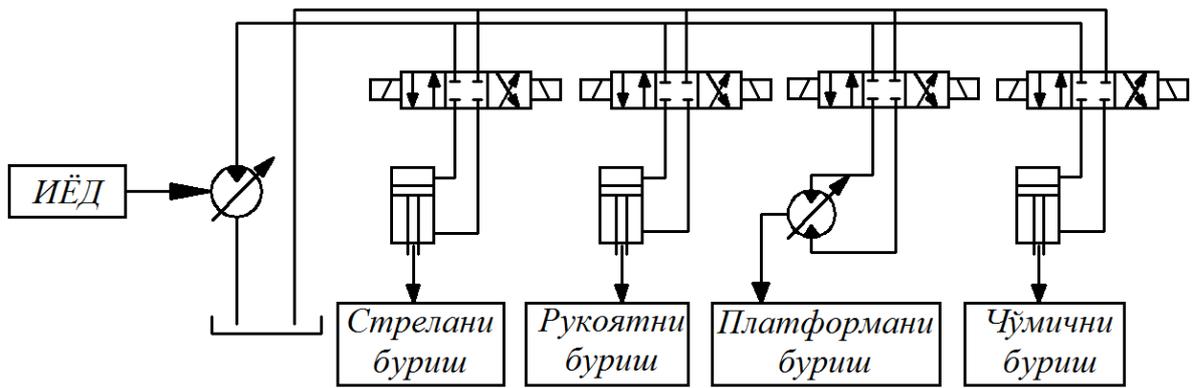
Кинетик ва потенциал энергия учун ифодани ва диссипатив функцияни иккинчи турдаги Лагранж тенгласига алмаштириб, вектор-матрица шаклида тенгламалар тузилган:

$$\sum_{j=1}^{10} \sum_{u=1}^{15} tr[U_{ij}H_iU_{iv}^T] \ddot{q}_j + \sum_{j=1}^{10} \sum_{i=1}^4 tr[M_{uj}D_uM_{uv}^T] \dot{q}_j + \sum_{j=1}^{10} \sum_{i=1}^{15} tr[M_{uj}N_uM_{uv}^T] q_j + \sum_{i=1}^4 m_i g G_2^T H_{ij} R_{im} = \sum_{i=1}^4 \vec{F}_r U_{ij} \vec{R}_r \quad (7)$$

$$\text{бу ерда: } M_{uj} = \frac{d\Gamma_u}{dq_j}; N_u = C_u [\vec{R}_u \vec{R}_u^T]; D_u = d_u [\vec{R}_u \vec{R}_u^T].$$

H_i – матрица инерция бўғини бўлиб, қўп мақсадли машина қозиш жиҳозининг гидроюритмаси 4x4 ўлчамда; КМ машина i -чи бўғинининг m_i – массаси; R_u – эластик-қовушқоқ элементнинг ҳаракатланувчи қисмини радиуси вектори; R_r – ташқи кучларни қўйилиш нуқтасининг радиус вектори; Γ_u – эластик-қовушқоқ элементларнинг ҳаракатланувчи қисмини ҳаракатланмайдиган бўғинларга ўзгартириш матрицаси; D_u ; C_u – эластиклик-қовушқоқ элементларнинг қаттиқлиги ва қовушқоқлигини келтирилган коэффициентлари.

ЭГ механик қуйи тизимининг математик модели қуйидагилар асосида тузилган: таклиф қилинган методология статика, кинематикаси ва динамикаси муаммоларини ечишга, турли хил иш режимларида ЭГ тадқиқотларини ўтказишга имкон берган. 9-расмда ЭГ сининг содалаштирилган ҳисобий диаграммаси келтирилган.



9 – расм. ЭГ нинг ҳисобий схемаси

ЭГ сининг математик модели кўп тармоқли гидравлик боғланиш шаклида тақдим этилган, яъни. умуман гидравлик тизим бир-бирига боғланган кўп тармоқли гидравлик блоклардан ташкил топган бўлиб, уларнинг динамик хусусиятлари матрицаларини узатиш функциялари билан тавсифланган. Ишчи жиҳозларнинг бурчаклари ЭГ гидравлик цилиндрлари штоклари ҳолатига боғлиқлиги аниқланган. Гидравлик юритма параметрларига ва унга қўлланиладиган назорат ҳаракатларига қараб, ЭГ гидравлик цилиндрли штокларини ҳолатини аниқлаш учун кўп гидравлик тармоқлар усулини қўлланган.

Кўп ўлчовли объектнинг динамик хусусиятлари унинг ҳаракат тенгламалари билан тўлиқ аниқланган. Векторли-матрицали шаклдаги ҳаракатланиш тенгламалари тизими формулалари қуйидаги шаклга эга бўлиб, ҳисобий схеманинг ҳар бир элементи учун кўп функцияли тизим қозиш жараёни учун машинанинг тенгламалари қуйидаги шаклга эга бўлган:

$$\begin{aligned}
 O_1: \vec{X}_1 &= W_{1XU} \cdot \vec{U}_1 \\
 O_2: \vec{X}_2 &= W_{2XU} \cdot \vec{U}_2 + W_{2XF} \cdot \vec{F}_2 \\
 O_3: \vec{X}_3 &= W_{3XU} \cdot \vec{U}_3 \\
 O_4: \vec{X}_4 &= W_{4XU} \cdot \vec{U}_4; \vec{X}'_4 = W'_{4XU} \cdot \vec{U}_4 \\
 O_5: \vec{X}_5 &= W_{5XU} \cdot \vec{U}_5 + W_{5XF} \cdot \vec{F}_5 \\
 O_6: \vec{X}_6 &= W_{6XU} \cdot \vec{U}_6 \\
 O_7: \vec{X}_7 &= W_{7XU} \cdot \vec{U}_7 + W_{7XF} \cdot \vec{F}_7 \\
 O_8: \vec{X}_8 &= W_{8XU} \cdot \vec{U}_8 + W_{8XF} \cdot \vec{F}_8 \\
 O_9: \vec{X}_9 &= W_{9XU} \cdot \vec{U}_9 \\
 O_{10}: \vec{X}_{10} &= W_{10XU} \cdot \vec{U}_{10} + W_{10XF} \cdot \vec{F}_{10} \\
 O_{11}: \vec{X}_{11} &= W_{11XU} \cdot \vec{U}_{11} + W_{11XF} \cdot \vec{F}_{11} \\
 O_{12}: \vec{X}_{12} &= W_{12XU} \cdot \vec{U}_{12} \\
 O_{13}: \vec{X}_{13} &= W_{13XU} \cdot \vec{U}_{13} + W_{13XF} \cdot \vec{F}_{13} \\
 O_{14}: \vec{X}_{14} &= W_{14XU} \cdot \vec{U}_{14} + W_{14XF} \cdot \vec{F}_{14} \\
 O_{15}: \vec{X}_{15} &= W_{15XU} \cdot \vec{U}_{15} \\
 O_{16}: \vec{X}_{16} &= W_{16XU} \cdot \vec{U}_{16} + W_{16XF} \cdot \vec{F}_{16} \quad (8)
 \end{aligned}$$

Кириш ва чиқиш матрицалари орасидаги уланиш матрицалари ёрдамида КТГЭни бир-бирига боғлайдиган кириш ва чиқиш микдорлари векторлари ўртасида мослик ўрнатилган:

$$\begin{aligned} \vec{X}_1 = \vec{U}_2, \vec{X}_2 = \vec{U}_3, \vec{X}_3 = \vec{U}_4, \vec{X}_4 = \vec{U}_5, \vec{X}_5 = \vec{U}_6, \vec{X}_6 = \vec{U}_7, \\ \vec{X}_4 = \vec{U}_8, \vec{X}_8 = \vec{U}_9, \vec{X}_9 = \vec{U}_{10}, \vec{X}_4 = \vec{U}_{11}, \vec{X}_{11} = \vec{U}_{12}, \vec{X}_{12} = \vec{U}_{13}, \\ \vec{X}_4 = \vec{U}_{14}, \vec{X}_{14} = \vec{U}_{15}, \vec{X}_{15} = \vec{U}_{16}. \end{aligned} \quad (9)$$

Гидроюритманинг математик модели қуйидагича олинган:

$$\begin{bmatrix} \vec{X}_7 \\ \vec{X}_{10} \\ \vec{X}_{13} \\ \vec{X}_{16} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1(s) & w_2(s) & w_3(s) & w_4(s) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_5(s) & w_6(s) & 0 & 0 & w_7(s) & w_8(s) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_9(s) & w_{10}(s) & 0 & 0 & 0 & 0 & w_{11}(s) & w_{12}(s) & 0 & 0 \\ w_{13}(s) & w_{14}(s) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & w_{15}(s) & w_{16}(s) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \vec{U}_1 \\ \vec{F}_2 \\ \vec{F}_5 \\ \vec{F}_7 \\ \vec{F}_8 \\ \vec{F}_{10} \\ \vec{F}_{11} \\ \vec{F}_{13} \\ \vec{F}_{14} \\ \vec{F}_{16} \end{bmatrix}$$

$$W_1(s) = W_{7XU} \cdot W_{6XU} \cdot W_{5XU} \cdot W_{4XU} \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XU} \cdot W_{1XU},$$

$$W_2(s) = W_{7XU} \cdot W_{6XU} \cdot W_{5XU} \cdot W_{4XU} \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XF},$$

$$W_3(s) = W_{7XU} \cdot W_{6XU} \cdot W_{5XF},$$

$$W_4(s) = W_{7XF},$$

$$W_5(s) = W_{10XU} \cdot W_{9XU} \cdot W_{8XU} \cdot W_{4XU} \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XU} \cdot W_{1XU},$$

$$W_6(s) = W_{10XU} \cdot W_{9XU} \cdot W_{8XU} \cdot W_{4XU} \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XF},$$

$$W_7(s) = W_{10XU} \cdot W_{9XU} \cdot W_{8XF},$$

$$W_8(s) = W_{10XF},$$

$$W_9(s) = W_{13XU} \cdot W_{12XU} \cdot W_{5XU} \cdot W_{11XU} \cdot W_{4XU} \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XU} \cdot W_{1XU},$$

$$W_{10}(s) = W_{13XU} \cdot W_{12XU} \cdot W_{11XU} \cdot W_{4XU} // \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XF}$$

$$W_{11}(s) = W_{13XU} \cdot W_{12XU} \cdot W_{11XF}$$

$$W_{12}(s) = W_{13XF}$$

$$W_{13}(s) = W_{16XU} \cdot W_{15XU} \cdot W_{14XU} \cdot W_{4XU} // \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XF} \cdot W_{1XU}$$

$$W_{14}(s) = W_{16XU} \cdot W_{15XU} \cdot W_{14XU} \cdot W_{4XU} // \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XF}$$

$$W_{15}(s) = W_{16XU} \cdot W_{15XU} \cdot W_{14XF}$$

$$W_{16}(s) = W_{16XF} \quad (9)$$

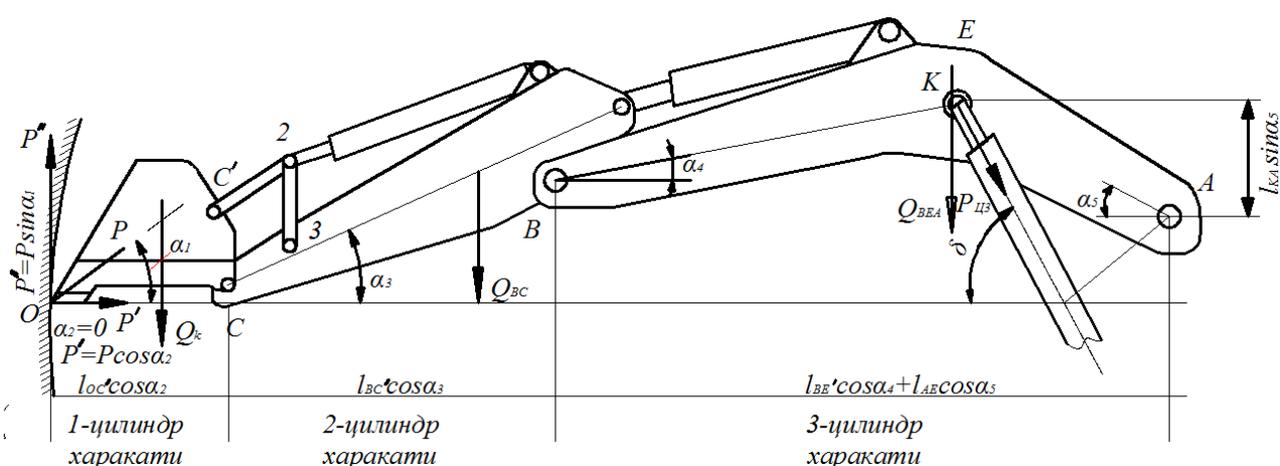
Гидравлик тизимнинг тенгламалари гидравлик цилиндрларнинг охириги элементлари ҳолатини, гидроюритманинг физик параметрларига ва гидравлик тизимидаги бошқариш ҳаракатларига боғлиқлигини олиш имконини берган.

Шунингдек, учинчи боб қазийш жараёнининг математик моделини ҳақиқий иш шароитларига мослаштиришга ҳам бағишланган. Бунинг учун ерни қазийшда ишчи жиҳозларни жойлаштиришнинг оптимал бурчаклар диапазонини асослаш усули ишлаб чиқилган, у кам қаршилиқ кучлари билан технологик операцияларни бажаришга имкон берган.

Схемага мувофиқ (10-расм) елкаларнинг қийматлари аниқланган ва ишчи жиҳознинг занжирларида ҳаракат қиладиган кучлар ва моментлар мувозанатининг умумий тенгламалари тузилган:

$$\sum M_A = 0;$$

$$-P \sin \alpha_1 \cdot (l_{DC} \cos \alpha_2 + l_{BC} \cos \alpha_3 + l_{BE} \cos \alpha_4 + l_{AE} \cos \alpha_5) + P \cos \alpha_1 \cdot (l_{DC} \sin \alpha_2 + l_{CB} \sin \alpha_3 + l_{BE} \sin \alpha_4 - l_{EA} \sin \alpha_5) + Q_k \left(\frac{l_{DC} \cos \alpha_2}{2} + l_{BC} \cos \alpha_3 + l_{BE} \cos \alpha_4 + l_{AE} \cos \alpha_5 \right) + Q_{BC} \cdot \left(\frac{l_{BC} \cos \alpha_3}{2} + l_{BE} \cos \alpha_4 + l_{AE} \cos \alpha_5 \right) + Q_{BFA} (l_{AE} \cos \alpha_5) + P_{u3} \sin \delta \cdot l_{KA} \cos \alpha_5 - P_{u3} \cos \delta \cdot l_{KA} \sin \alpha_5 = 0 \quad (10)$$



10-расм. Динамик модел схемаси асосида куч ва моментларнинг қазииш жараёнидаги умумий кўриниши

Ўтказилган назарий тадқиқотлар асосида ишчи жиҳознинг гидроюритмасига сарфлайдиган кучларнинг оралиқлари ва бурчакларининг оптимал қийматлари жадвали ишлаб чиқилган (1-жадв.).

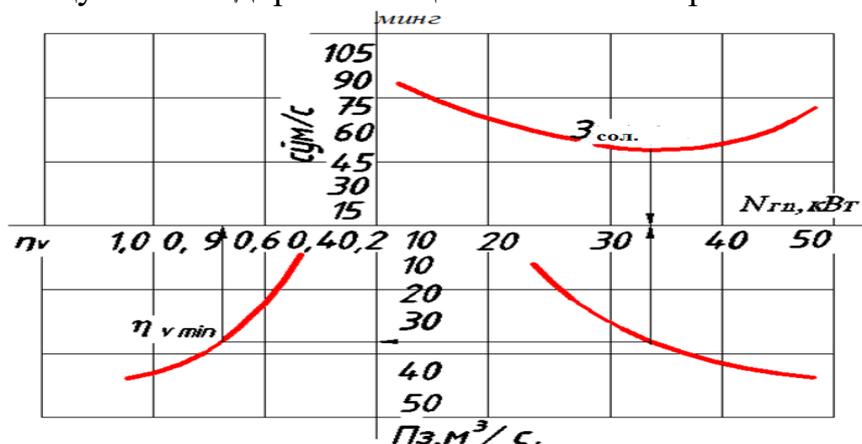
3-жадвал

Экскаватор жиҳозлари элементининг бурилиш бурчаклари оптимал оралиқлари

Ишчи жиҳоз элементлари	Қиялик бурчаги α_i^*	Цилиндр штокиннинг ортиб бориш кучи, P_{ui}	Қазиишдаги грунтнинг қаршилик кучи K_1 (H/m^2)	Ўқилғи энергия сарфининг пасайиши $\mathcal{E}_{уд}$
Чўмич	$\alpha_2=47^0 \dots 53^0$	341	225...240	157.3
Дастак	$\alpha_3=55^0 \dots 58^0$	380	235...295	
Стрела	$\alpha_5=22^0 \dots 27^0$	238	155...195	

Олинган боғлиқликлар натижасида кўп мақсадли машина гидравлик юритмасининг техник-иқтисодий кўрсаткичларини, фойдали ишларни бажаришга сарфланган гидравлик тизимининг кучига қараб ҳисоблаш имкони яратилган. Гидравлик юритма ва двигателнинг фойдали кучини ўрнатиш бўйича назарий

ҳисоблар, КМ гидравлик юритмасининг самарадорлигига таъсирини назарий зарурлигини тасдиқлаган. Тузилган номограмма (11-расм) умумий бирлик харажатларига қараб циклнинг қувват сарфига мос келадиган самарали ишлашни таъминлайдиган қувват миқдорини аниқлашга имкон берган.



11-расм. Гидравлик юритма механизми оптимал қуввати ва энг кичик бирламчи харажатларига қараб машинанинг самарали иш унумдорлигини аниқлаш номограммаси

Гидроюритманинг энг яхши қуввати $N_{гв}=33$ кВт, самарали иш унумдорлиги $Pз=35$ $M^3/соат$, энг кичик солиштирма харажатлар $Z_{сол}=50.5$ минг $сўм/соат$.

Диссертациянинг «Гидроюритма жихозлари иш жараёнининг тажрибавий тадқиқи» деб номланган тўртинчи бобида тадқиқотни амалиётга жорий этиш бўйича тавсиялар, тажриба синов натижаларини солиштириш ва баҳолаш, ҳамда иқтисодий самарадорлиги келтирилган. Ушбу бобда тажриба тадқиқотларининг мақсади кўп мақсадли машинанинг гидроюритмасини қазिश жараёнларида гидротизимга тушаётган кучлар таъсирини ўрганиш ва қувватдан фойдаланиш самарадорлигини баҳолаб параметрлари асосланган. Ишчи суюқликни қазिश жараёнларида математик моделга мослиги текширилган. Бунда кўп мақсадли машинанинг тез алмашинувчи жихозларининг бир чўмичли экскаватор қурилмасининг гидротизими ўрганилган. ТТЗ-80 базасида ишлайдиган асбоб-ускуналарни ўрнатиш энг кўп энергия талаб қиладиган иш жараёни (грунт қазिश ва текислаш)да энергия самарадорлиги кўрсаткичларини аниқлаш билан тажриба тадқиқотларини ўтказиш имконини берган.



12-расм. ТТЗ-80.10 трактори базасидаги прототип машинанинг хандақ ва суғориш тармоқларини қазिश жихозлари бўйича тажриба-синов жараёни

Синовлар Қуйичирчиқ туманида ТТЗ-80.10 трактори базасида прототибли машина ёрдамида хандақ ва суғориш тармоқларини қазिश жиҳозлари бўйича ўтказилган (12-расм).

Кўп мақсадли машина учун синов шартлари 0.3м^3 ҳажмли экскаватор чўмичидан грунтни назорат қилиш билан тасдиқланган. Олинган маълумотлар 4-жадвалда кўрсатилган.

4-жадвал

Кўп мақсадли КМ-1 машинаси томонидан бажарилган технологик операцияларининг ўлчанган қийматлари (экскаватор вариантыда)

Кўрсаткичлар	Насос станцияси						
	Грунтни тўлдириш	Чўмични кўтариш	Стрелани буриш	Стрелани чўзиш	Грунтни тўқиш	Стрелани буриш (орқага)	Чўмични тушириш
Вақт							
t_{\max} , с	15.0	4.1	2.7	5.9	6.3	2.4	4.4
t_{\min} , с	13.9	1.8	2.1	2.4	4.1	2.1	4.1
t_{cp} , с	14.4	2.6	2.5	4.0	5.0	2.3	4.3
Насос босими							
P_{\max} , МПа	11.20	15.30	8.97	10.42	11.07	3.88	7.52
P_{\min} , МПа	10.35	11.15	6.51	9.58	9.16	3.60	7.25
P_{cp} , МПа	10.70	12.37	7.68	10.12	9.63	3.74	7.34
Насос оборотлари							
n_{\max} , с ⁻¹	29.91	29.0	30.22	29.61	29.55	30.21	30.0
n_{\min} , с ⁻¹	28.77	25.93	29.10	27.45	28.55	20.11	29.6
n_{cp} , с ⁻¹	29.46	28.25	29.79	29.35	29.16	30.15	9.8
Юритма насос станциясининг сарфланадиган қуввати							
$N_{n\max}$, кВт	26.82	35.46	21.06	26.1	26.0	9.45	18.0
$N_{n\min}$, кВт	24.93	23.31	15.57	22.77	21.33	8.82	17.37
N_{ncp} , кВт	25.56	28.26	18.45	22.68	22.68	9.09	17.64

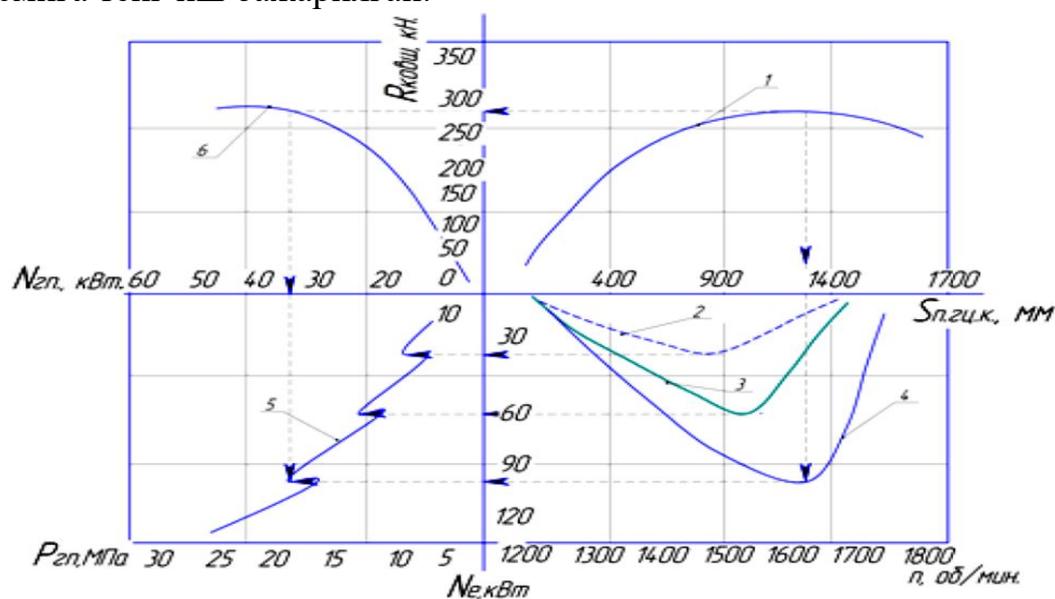
Қазिश жиҳозлари билан технологик операцияларда ўлчанган параметрларнинг кўрсаткичлари асосида КМ-1 кўп мақсадли машинанинг энергия баҳоси натижалари олинган (5-жадвал).

5-жадвал

Кўп мақсадли КМ-1 машинасини энергетик баҳолаш натижалари (экскаватор вариантыда)

Кўрсаткичлар	Грунтни тўлдириш	Чўмични кўтариш	Стрелани буриш	Стрелани чўзиш	Грунтни тўкиш	Стрелани буриш (орқага)	Чўмични тушириш
Насос станциясидан чиқишидаги мойнинг босими, МПа	10.76	12.38	7.68	10.12	9.63	3.74	7.35
Насос станциясининг айланишлар частотаси, c^{-1} .	29.46	28.25	29.79	29.35	29.16	30.15	32.8
Юритма насос станциясининг сарфланадиган қуввати, кВт	25.5	28.2	18.4	24.3	22.6	9.9	18.7
Двигателнинг эффектив қуввати, кВт	27.7	30.7	20.0	26.1	24.6	11.4	20.6
Двигатель фойдаланиш қувватининг қўлланилиш коэффициенти.	0.48	0.53	0.35	0.45	0.43	0.20	0.36

Назарий ва экспериментал ҳисоб-китобларнинг натижалари бўйича грунтни йиғишда насос босими 10.76 МПа, айланиш частотаси эса $29.46 c^{-1}$ бўлган. Грунтни қазишга 25.5 кВт қувват сарф қилинган ва самарали двигател кучи 27.7 кВт га тенг бўлган. ТТЗ-80.10 тракторининг Д-245 двигателининг қуввати 57.4 кВт бўлиб, операцияларда двигателнинг қувват коэффициенти 0.48 қисмига тенг иш бажарилган.



13-расм. Гидравлик юритма хусусиятини баҳоловчи номограмма

1 – қазиш кучи $R_{чўм}$ чўмичнинг поршен юриш йўлига $S_{п.гн.к}$ боғлиқлик эгри чизиғи (чўмич ҳолатида); 2 – экскаваторни ҳаракатга келтиришда двигател қуввати N_e нинг тирсақли вал n -айланишлар сонига боғлиқлик эгри чизиғи; 3 – платформани буриш пайтида двигател қуввати N_e нинг тирсақли вал n - айланишлар сонига боғлиқлик эгри чизиғи; 4 – ишчи органларнинг ишлаш пайтидаги двигател қуввати N_e нинг тирсақли вал n -айланишлар сонига боғлиқлик эгри чизиғи; 5 – гидроюритма босимининг $P_{гн}$ двигател қуввати N_e га

боғлиқлик эгри чизиғи; b – гидроюрита $N_{гп}$ қувватининг қазिश кучи $R_{чүм}$ га боғлиқлик эгри чизиғи.

6-жадвал

Технологик жараёнларда ишлайдиган ишчи жиҳозларнинг юкланиш хусусиятлари

Кўрсаткич	Мавжуд стандарт юрита схемасида	Таклиф этилаётган юрита схемасида	Ўзгаришлар миқдори Δ	%
1	2	3	4	5
Цикл вақти, T_u, c	26	23,14	-2,86	11
Гидравлик юрита қуввати $N_{гп}^{пов}, кВт$	21	16	-5	23,8
Двигатель қуввати $N_e, кВт$	40	31,5	-8,5	21,25
Қувватдан фойдаланиш коэффициенти $\lambda, \%$	32	46	+14	30,4
Бурилиш механизмидаги максимал қаршилиқ моменти $M_{сопр_{мах}}, кНм$	30	19	-11	36
Юк тушириш вақтида бурчак тезланиши $\epsilon^{пов}, рад/с^2$	0,63	0,37	-0,26	41
Юк тушириш вақтида бурчак тезланиши (секинланувчи) $\epsilon^{пов}, рад/с^2$	0,72	0,41	-0,31	43
Юкланишнинг давомийлик коэффициенти $\lambda_{пн}$	0,482	0,34	-0,142	29,4

Машина самарадорлигини дастлабки баҳоланиши кўп мақсадли машиналар билан бир хил ишларни бажарадиган битта мақсадли машиналар тўпламининг кўрсаткичлари билан таққослаш орқали $\Pi_{N_{mm}}$ умумлаштирилган кўрсаткичини таҳлил қилиш асосида амалга оширилган.

$$\Pi_{N_{mm}} = \frac{65.4 \cdot (730 + 170 + 800 + 5600) \cdot 1 \cdot 0.9}{(8,04 \cdot 0,2 \cdot 0,15)^3 + (7,15 \cdot 0,48 \cdot 0,15)^3 + (6,7 \cdot 0,2 \cdot 0,15)^3} \quad (11)$$

$$\frac{1}{(43.5 \cdot 0.2 \cdot 0.55)^3 + (38.7 \cdot 0.48 \cdot 0.55)^3 + (36.3 \cdot 0.2 \cdot 0.55)^3 + (81.6 \cdot 1 \cdot 0.3)^3} = 27 м^3 / с$$

Илмий натижаларни қўллаш орқали тавсия этилаётган кўп мақсадли машинанинг гидроюритмаси ёрдамида иш цикли 11% гача қисқартирилди ва йиллик иқтисодий самарадорлик ҳар бир машина учун 898219.63 сўмни ташкил этди.

ХУЛОСА

“Кўп мақсадли машина гидравлик юритмаси параметрларини ҳисоблаш методикасини такомиллаштириш” мавзусидаги диссертация иши бўйича амалга оширилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар олинди:

1. Маҳаллий ва хорижий фирмаларда ишлаб чиқарилаётган кўп функцияли машиналарнинг ЭГини таҳлил қилиш асосида, янги маҳаллий, лойиҳаланаётган 1.4-2 классдаги ТТЗ трактори базасидаги КМ-1 машиналари учун такомиллаштирилган гидроюрита кинематик схемалари таклиф этилди;

2. Қазир пайтида грунтни кесирга қаршилр кучларини енгиб ўтиш учун, энергия сарфини минималлаштиришни таъминлаш мақсадида гидравлик тизим элементлари ўргасидаги қувватни қайта тақсимлаш самарадорлигини тасдиқловчи экскаватор ишчи ускунасининг оптимал бурчакларини асослаш усули ишлаб чиқилди;

3. Ҳисоб-китоблар шуни кўрсатдики, ТТЗ-80.10 тракторини захира билан жиҳозланган экскаватор ишчи танаси, тескари чўмич, булдозернинг суриш органи, кран ва бурғулаш жиҳозлари билан бирлаштириш мумкин ва ТТЗ оилавий тракторларини асосий машина сифатида ишлатиш мумкин;

4. Тажибада чўмичнинг оптимал диапозони бурилиш бурчаклари $\alpha_2=44^0\dots48^0$ ва дастакнинг оптимал диапозони $\alpha_3=38^0\dots50^0$ бўлганда, чўмични максимал даражада тўлдиришни таъминлайдиган грунт қазирнинг самарали фойдали кучи мавжудлиги асосланди;

5. Назарий ҳисоблар натижасида ишлаб чиқилган гидравлик цилиндр, стандарт гидравлик цилиндрга қараганда самаралироқ эканлиги аниқланди. Масалан, тавсия этилган гидравлик цилиндр томонидан ишлаб чиқилган куч 373 кН ни ташкил этади, бу стандарт гидравлик цилиндрларга қараганда 44 кНга юқори. Ушбу гидравлик цилиндрлардан фойдаланиш ишларни бажариш вақтини 0.9-0.7 с га қисқартиради, гидроюритмага босимни 13% гача камайтиради ва энергия самарадорлигини 22% га оширади;

6. Бир чўмичли экскаватор асосий тизимлари энергия тежайдиган параметрларини ўрганишининг илмий асосланган методикаси ишлаб чиқилди. II ва III тоифадаги грунтлар учун ($\rho=1.5\dots1.8$ т/м³) киритилганда, гидроюритма энергия тежаш қувватининг максимал қиймати $N_{гп}=30-35$ кВт бўлади, бу чўмич гидроцилиндрли штоки чиқишида $S_{п.гц.к}=600-900$ мм бўлиб, двигателнинг $N_e=52-66$ кВт қувватига тўғри келди.

7. Машина гидроюритмаси энергия самарадорлиги оширилишининг йиллик иқтисодий самараси ҳар бир машина учун $\mathcal{E}_{e.гп}=898219.63$ сўмни ташкил этади, бунда иш унумдорлик йилига 7568.88 м³ га ошади. Энергия тежайдиган гидроюритманинг ишлаши қазир жараёнининг энергия бўлган эҳтиёжини 23% га камайтиради, бу эса двигателга юкни камайтиради ва натижада ёқилғининг 12.8% тежалишига олиб келади. Гидроюритманинг таъмирдан кейинги ресурс муддати узайиши ҳар кўп мақсадли машина учун 10375.26 сўм миқдорида иқтисодий самарани таъминлади, гидроюритма иш самарадорлигининг ошиши туфайли иқтисодий самарадорлик 16% ни ташкил этди.

8. Экскаватор қуввати ва қувват параметрлари: чўмич $\alpha_2=(47^0\dots53^0)$, дастак $\alpha_3=(55^0\dots58^0)$ ва стрелалар $\alpha_5=(22^0\dots27^0)$. Маълум боғланишлар чўмичнинг оптимал жойлашувини аниқлашга имкон берди: грунт қазирда ишчи ускуналар элементларида самарали таъсир этувчи кучлар қийматини жойлашувини ($R_{кц}=341$ кН, $R_{рц}=380$ кН, $R_{сц}=236$ кН) ва чўмич ҳажми 0.25м³ ва $\rho=(1.5-1.8)$ т/м³ бўлиши III тоифали грунт билан максимал даражада тўлдирилишини таъминлайди;

9. Тадқиқот натижаларидан фойдаланиш II, бир чўмичли экскаваторнинг эксплуатацион иш фаолиятини 15% га ошишини таъминлади, бу эса $Z_{уд}=48.5-50$ минг сўм/соат минимал бирлик қиймати бўйича 35 м³/соатни ташкил этади. $\mathcal{E}_{e.гп}$

нинг йиллик иқтисодий самараси ҳар бир машина учун 898219.63 сўмни ташкил
этди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

РУСТАМОВ КАМОЛИДДИН ДЖУРАБОВЕВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ
ГИДРОПРИВОДА МНОГОЦЕЛЕВОЙ МАШИНЫ**

Специальность 05.08.06 – Колесные и гусеничные машины и их эксплуатация

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

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2021.2.PhD/T1752.

Докторский диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

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

Научный руководитель: Аскарходжаев Тулкин Ишонович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Иноятходжаев Жамшид Шухратуллаевич
доктор технических наук, профессор
Ахмедов Дониёр Анваржонович
доктор философии по техническим наукам, доцент

Ведущая организация: Андижанский машиностроительный институт

Защита диссертации состоится «16» 10 2021 года в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.18/30.12.2019.T.09.01 при Ташкентском государственном транспортном университете (Адрес: 100167, г. Ташкент, улица Адылходжаев, 1. Тел./факс: (998-71)-277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета (зарегистрирована № 037). (Адрес: 100167, г. Ташкент, улица Адылходжаев, 1. Тел.: (998-71)-277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

Автореферат диссертации разослан «08» 10 2021 года.
(реестр Протокола рассылки № 5 от «08» 10 2021 года).



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

Р.М. Худайкулов
Членый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней, PhD, доцент

А.А. Мухитдинов
Председатель Научного семинара при научном
совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире, особенно в США, Германии, Швеции, Японии, Южной Корее, Китае, России, Украине, Беларуси и других развитых странах уделяется особое внимание разработке гидравлических систем для тракторов и мобильных машин в дорожном строительстве и сельском хозяйстве. Вместе с тем, при преобразовании гидросистемы универсальной машины в единую систему, одна из актуальных проблем, считается разработка графоаналитических, дифференциальных и аналитических методов через применения масштабного коэффициента скорости и коэффициента доступности на основе универсальности крепления оборудования (ковш, отвал, дрель, кран) к гидропривода, совершенствование методов определения статических и кинематических параметров динамической модели и уравнений движения гидропривода многоцелевых машин. В данном контексте, в каждой развитой стране имеется важное значение превращения гидроприводов многоцелевых машин в единую гидросистему.

В мире проводятся научные исследования по созданию единой гидравлической системы, отвечающей требованиям технологического процесса многоцелевых машин. В связи с этим, одним из основных необходимых теоретических и практических вопросов считается разработка методики полного расчета гидроцилиндров стрелы, рукояти, ковша гидропривода современных дорожно-строительных машин, разработка математических моделей экскавационных оборудований гидравлических систем многоцелевых машин, совершенствование методики расчета отдельных звен каждого элемента звена (платформа, стрела, рукоять, ковш) при расчете гидропривода, разработка метода расчета нормальной траектории копания и ограниченной силы копания. Вместе с тем, имеют важного значения вопросы совершенствования математической модели подсистем, предназначенной для расчета технологического рабочего процесса гидросистемы многоцелевой машины с быстро меняющимися (ковш, отвал, бурение, кран) оборудованиями.

В годы независимости в нашей республике осуществляются широкомасштабные мероприятия направленных на расширению дорожной сети, содержанию и ремонту существующих объектов, дорог, аэродромов, экономии материальных, энергетических и трудовых ресурсов на базе высокоэффективной дорожно-строительной техники, улучшению и теоретического расчета параметров гидравлические системы многоцелевой машины. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы, установлено приоритетной задачей в том числе «... реализация целевых программ по ... модернизации дорожно-транспортной, инженерно-коммуникационной и социальной инфраструктуры...»². Для реализации данной задачи, разработка усовершенствованного привода гидравлической системы многоцелевых машин, широко используемых в дорожно-строительной технике и народном хозяйстве, разработка усовершенствованной механико-математической модели,

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли Фармони “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Харакатлар стратегияси тўғрисида”//Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари тўплами, 2017 й., 6-сон, 70-модда.

позволяющей определять параметры и режимы работы гидросистемы многоцелевой машины является одной из важных задач.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит для реализации задач, поставленных в Указах Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», от 14 февраля 2017 года №УП-4954 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления дорожным хозяйством», Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан от 20 октября 2018 года №841 «О мерах по реализации Национальных целей и задач в области устойчивого развития на период до 2030 года», Постановлении Президента Республики Узбекистан от 14 февраля 2017 года №ПП-2776 «Об организации деятельности Государственного комитета Республики Узбекистан по автомобильным дорогам и Республиканского Дорожного фонда при Кабинете Министров Республики Узбекистан», от 27 апреля 2018 года №3682 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», от 7 июля 2017 года «О мерах по дальнейшему развитию научно-технической базы в сфере сельскохозяйственного машиностроения», а также в других нормативно-правовых документах, касающихся этой деятельности.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики И. «Энергия, энергосбережение и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. В всём мире исследования по вопросам вычислительного процесса статических и динамических этапов гидравлических систем различных многофункциональных машин, а также длительной эксплуатации этих машин и их подвесного оборудования, процессов расчета параметров, которые приводят к повышению производительности труда проводили ведущие мировые исследователи Ю.Г. Беренгарда, М.М. Гайцгори, Е.Ю. Малиновский, Prasanna Kumar, V. Matikainen, Javad Tarighi, Н.Ф. Мутлюк, Т.М. Башта, Д.А. Чудаков, К.Я. Некрашевич, В.Б. Попов, А.Д. Альтшуль, М.И. Жилевич, С.В. Кобызев, А.Б. Лурье, С.В. Молоконов и другие.

В нашей республике О.В. Лебедев, Т.И. Аскарходжаев, А.А. Шермухамедов, К. Астанакулов, К.А. Шарипов и др. были проведены исследования гидравлических систем самоходных многоцелевых машин и ими были получены положительные результаты.

На основе этих исследований, проведения исследования по совершенствованию гидравлических систем многоцелевых машин является актуальной научной и практической задачей в настоящее время. В предыдущих исследованиях в достаточном уровне не изучен комплексный метод расчета для выбора рациональных параметров гидравлической системы многоцелевой машины и анализа выбранных схем, создания математических моделей для отдельных деталей (копание, бурение, толкание и подъем) с использованием ЭВМ.

Связь диссертационной темы с планами научных работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено согласно плана научно-исследовательских работ Ташкентского транспортного университета в рамках научно-исследовательских и фундаментальных проектов А-13-069: “Разработка технической документации на производства опытного экземпляра универсальной машины ММ-1 и проведения испытания, для наладки и ремонта инженерных сооружений” (2008-2013гг.), Ф-4-53 «Изготовление опытного экземпляра и обоснование методики расчета гидросистемы многоцелевой машины ММ-1” (2013-2015гг.).

Цель исследования заключается в совершенствовании методики расчета рабочего процесса и обосновании параметров гидравлического привода многоцелевой машины.

Задачи исследования:

теоретически анализировать условий эксплуатации, методы расчета гидросистемы и теоретически исследовать гидропривода многоцелевой машины ММ-1;

обоснование технологических параметров (копание, бурение, толкание, подъем) конструкции универсальной машины;

получение окончательных результатов с помощью программы Matlab для анализа свойств гидравлической системы экскаватора и определения оптимальных угловых положений из базы данных Simulink;

определение параметров гидропривода многоцелевой машины путем проведения экспериментальных опытов;

разработка рекомендаций по внедрению результатов исследований на основе сравнительного анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований и оценка экономической эффективности ММ.

Объектом исследования является многоцелевая машина - трактор ТТЗ-80.10.

Предмет исследования составляет система гидропривода многоцелевой машины на базе трактора ТТЗ-80.10.

Методы исследования. В процессе исследования использованы математические и статистические законы, экспериментальные опыты, вычислительная математика, планирование, теоретические и экспериментальные методы физических и химических свойств.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

усовершенствована формула производительности технической работы обосновывающее технологических параметров многоцелевой машины (ковш, отвал, бурение, подъем и спуск) на основе ввода коэффициента скорости и коэффициента доступности;

усовершенствована математическая модель для расчета рабочего процесса гидросистемы многоцелевой машины с быстро меняющимся оборудованием (ковш, лопата, буровая установка, подъемно-опускание) через численноого решения уравнений движения методом замороженных коэффициентов Кутта-Мерсона и Тейлора;

усовершенствованы промежуточные угловые рациональные параметры динамической модели гидропривода экскаватора в программе MATLAB/SIMULINK с использованием статических, кинематических и динамических параметров на основе разработки уравнений в виде вектор-матрицы путем замены диссипативной функции с уравнением Лагранжа второго типа;

усовершенствован метод комплексного расчета рабочего процесса гидропривода многоцелевой машины, с учетом влияние сил, действующих на гидросистему при копания, путем гарантирования возможности перспективного прогнозирования технологического процесса.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

усовершенствованы научно обоснованные параметры энергоэффективности гидросистемы, выдерживающей нагрузку, возникающую при копания грунта многоцелевой машины ММ-1;

разработана усовершенствованная механико-математическая модель рабочего органа, позволяющая определять параметров и режимов работы гидросистемы многоцелевой машины ММ-1;

разработаны особенности комплексного расчета технологических процессов работы, на основе экспериментального исследования экскавационных оборудований многоцелевой машины.

Достоверность результатов исследования обосновывается тем, что научно-практические исследования основаны на законах и правилах гидромеханики, механики и теории машин, с использованием современных методов и инструментов в полевых экспериментах, применением полученных теоретических результатов в практике, утверждением результатов уполномоченными органами, результатами разработанных на основе исследований кинематических и динамических расчетов, методиками, разработанными в расчетных программах и в научно-исследовательской работе, надежностью структурированных алгоритмов и сравнением полученных результатов с решением аналитических задач.

Научная и практическая значимость результатов исследований. Научная значимость результатов исследований определена математическими моделями, аналитическими связями и методами расчета, позволяющими находить параметры гидравлических систем, обеспечивающих необходимую мощность в процессе бурения многоцелевой машины, с возможностью применением всех процессов (ковш, отвал, бурение, кран) для обоснования параметров гидравлической системы.

Практическая значимость результатов исследований определяется повышением качества проектирования и эффективности подготовки опытных вариантов гидросистемы разрабатываемой машины, снижением стоимости тестирования и способствованием уменьшению затрат на рабочую силу на производстве.

Внедрение результатов исследований. Результаты исследований и разработки по совершенствованию методики расчета рабочего процесса гидропривода многоцелевой машины:

усовершенствованные технологические параметры (ковш, отвал, бурение, кран) рабочей производительности многоцелевой машины путем ввода масштабного коэффициента скорости с использованием приложенной силы и силы сопротивления грунта внедрены в Научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства и научно-производственные экспериментальные унитарные предприятий «Узйулмашсервис» (Справка № 03-387 Комитета по Автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 01 февраля 2021 года). В результате создана возможность снизить потребление энергии при копании грунта на 23% и нагрузку на двигатель при работе энергосберегающей гидросистемы;

усовершенствованная математическая модель, предназначенная для учета рабочего процесса гидросистемы универсальной машины с быстро меняющимися оборудованностями (ковш, отвал, бурение, кран) внедрена в научно-производственного экспериментального унитарного предприятия «Узйулмашсервис» (Справка № 03-387 Комитета по Автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 01 февраля 2021 года). Результат позволил определить оптимальное расположение ковша в соотношении ковша $\alpha_2=47^0\dots53^0$, рукояти $\alpha_3=55^0\dots58^0$ и стрелы $\alpha_5=22^0\dots27^0$ в зависимости от силовых и мощностных параметров экскаватора;

рациональные параметры статических, кинематических и динамических моделей гидропривода экскаватора рабочего цикла и производительности оптимизированные в программе Matlab/Simulink на основе определения оптимального диапазона углов, внедрены в ООО «Конструкторско-технологический центр сельскохозяйственного машиностроения» (Справка № 03-387 Комитета по Автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 01 февраля 2021 года). В результате усовершенствованы элементы конструкций многоцелевых машин, разработанные и применяемые на практике в Конструкторско-технологическом центре сельскохозяйственного машиностроения.

разработанный метод комплексного расчета рабочего процесса гидросистемы многоцелевой машины внедрен в научно-производственного экспериментального унитарного предприятия «Узйулмашсервис» (Справка № 03-387 Комитета по Автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 01 февраля 2021 года). В результате обеспечено увеличение производительности одноковшового экскаватора на 15%.

Апробация результатов исследований. Результаты данной диссертации обсуждены на 3 международных и 4 республиканских научных конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 23 научных работ, в том числе, 12 статей в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов диссертаций докторов философии (PhD) по техническим наукам Высшей Аттестационной Комиссией Республики Узбекистан, из них 7 в национальных, 5 в зарубежных журналах, также, получен 1 сертификат о депонировании объектов авторского права.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем

диссертации составляет 116 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации обоснована актуальность и востребованность проведенных исследований, цель и задачи исследований, а также объект и предмет исследований, показано соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, обоснована достоверность научных результатов, изложены научная новизна и практические результаты исследований, широко раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, даны предложения по внедрению в практику результатов исследований, приведены сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«Постановка проблемы. Анализ работ по развитию гидропривода дорожно-строительных машин»**, излагается актуальность исследуемого вопроса, касающегося проектирования конструкций и гидропривода многоцелевых дорожно-строительных машин, описываются и анализируются основные проблемы гидропривода многоцелевой машины. По мнению автора, гидроприводы многофункциональных дорожно-строительных машин не имеют локализованной конструкции систем, работающих с различным оборудованием и пригодных для быстрой взаимозаменяемости, недостаточно изучена зависимость от количества устройств. Все это создает большие трудности в решении задачи и вынуждает использовать приближенные методы расчета, что приводит к перерасходу материалов на дорожно-строительные машины ММ и надежность является недостаточной.



Диаграмма-1. Объемы эксплуатации многоцелевых гидроприводных машин в дорожно-строительных машин и сельском хозяйстве

В этой главе диссертационной работы обоснованы объект и предмет исследования, анализированы тенденции развития ГЭ, проведен анализ существующих систем и принципы их работы для повышения точности ГЭ, сформированы цели и задачи исследования.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Выбор и расчет основных конструктивно-технологических параметров универсальной машины»** раскрыты проблемы импорта современного оборудования из зарубежных стран, а также то, что такие машины, произведенные в таких странах как Россия, Украина,

Германия, Швеция, США не полностью соответствуют технологическому процессу, их эксплуатация в Центральноазиатском регионе приведет к увеличению затрат с учетом использования дорогих материалов (ГСМ, отвечающие требованиям АРІСЕ - топливо, фильтры, запчасти и т. д.).

Гидравлические приводы современных строительных и дорожных машин очень сложны, и при разработке машины ММ-1 одним из основных вопросов является выбор гидравлической системы. Исследования, направленные на разработку параметров гидропривода бурового оборудования ММ-1, актуальны и имеют большое значение в народном хозяйстве. Благодаря своей универсальности и компактности, чрезвычайной мобильности и многофункциональности, машина ММ-1 способна выполнять многие задачи, которые не под силу традиционным дорожно-строительным машинам. Такие машины могут быть укомплектованы десятками сменных устройств, обеспечивающих многофункциональность погрузчика.

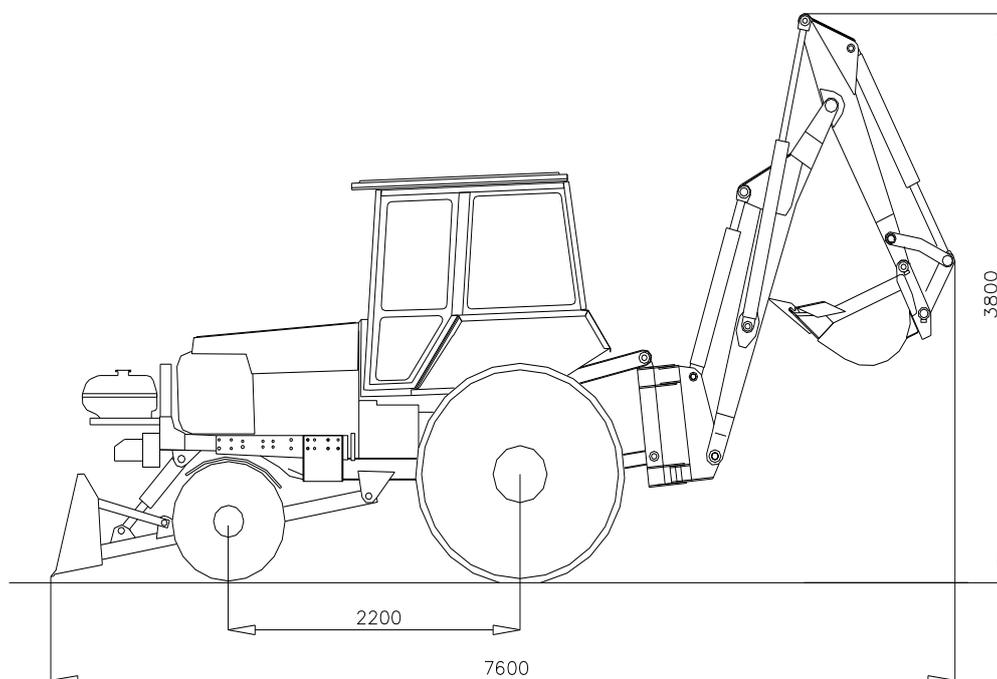


Рис. 1. Общий вид землеройно-экскаваторных оборудований многоцелевой машины на базе трактора ТТЗ-80.10

При математическом описании процесса копания грунта, для изучения его энергоэффективности, геометрические и кинематические параметры определены с учетом потребляемой экскаватором энергии, и в процессе изучения энергоэффективности экскаватор рассмотрен как сложная иерархическая система.

В диссертации разработана математическая модель процесса копания грунта со сложной работой ковша и рукояти в зависимости от длины выпускного отверстия штока для определения местоположения локализации сил сопротивления, действующих на гидросистему в рабочем оборудовании при копании грунта (рис. 2).

Как во всех традиционных исследованиях, автором была установлена взаимосвязь между основными параметрами экскаватора при взаимодействии с

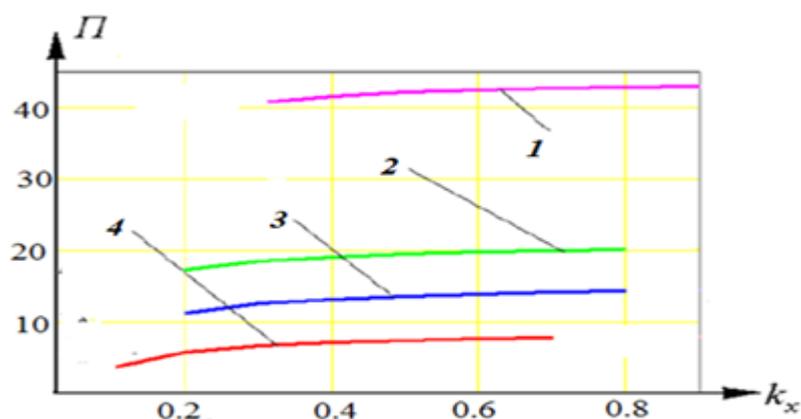


Рис. 3. Зависимость производительности экскаватора от коэффициента скорости при копании грунта

Анализ технологических процессов (2) показал, что при рытье траншей гидравлическим одноковшовым экскаватором, соотношение коэффициентов заполнения и разгрузки грунта в ковше (k_n/k_p) меняется нелинейно.

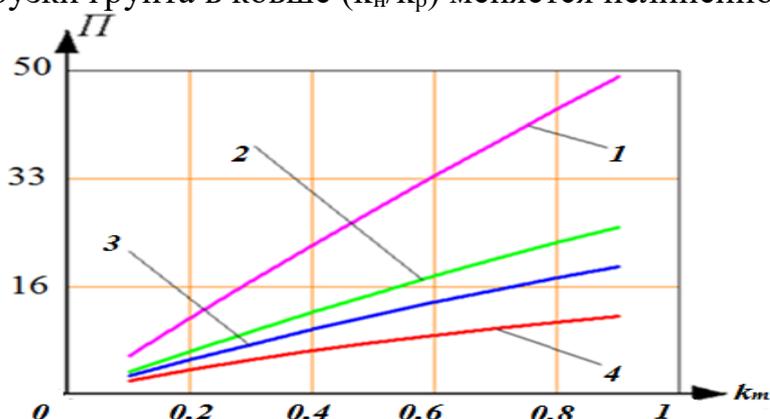


Рис. 4. Зависимость производительности машины от коэффициента готовности при выемке грунта

Третья глава диссертации озаглавлена «Разработка динамической модели и уравнений движения гидропривода многоцелевой машины». В этой главе диссертации представлены математические модели гидравлических систем экскавационных оборудований многоцелевой машины. При математическом описании механической подсистемы, автором выделена и основана на обобщенной расчетной схеме этой подсистемы, системы координат, обобщенные координаты составлены геометрические уравнения звеньев, уравнения кинематики звеньев и уравнения динамики ГЭ. Согласно структурированной расчетной схеме механической подсистемы ГЭ (рис. 3), система считается голономной и уравнение динамики построено в виде второго типа уравнений Лагранжа. Здесь динамическая модель описывала и определяла профили по продольному сечению небольшого участка траншеи при копании грунта одноковшовым экскаватором за каждую минуту времени. Положение рабочего органа характеризуется только координатами x и y по продольным осям исходного и обработанного профиля слоя грунта. Динамическая модель, основанная на структурно-кинематических связях продольного профиля, выявила

характерные геометрические особенности рабочего органа. Кинематическая схема данной модели представлена на рисунке 5.

$W=3$, степень свободы экскавационного оборудования многоцелевой машины в плоскости равна 3. Вместе с машиной (поворотной платформой) будет $W=4$ (рис. 6).

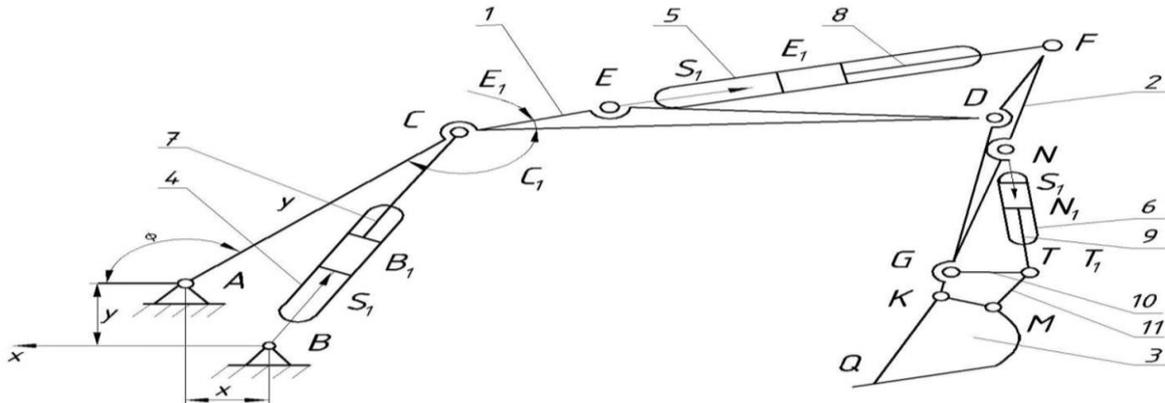


Рис. 5. Кинематическая схема рабочего органа: 1 - стрелка; 2 - рукоять; 3- ковш; 4, 5, 6 - гидроцилиндры; 7, 8, 9 - штоки гидроцилиндров; 10, 11 – шатуны

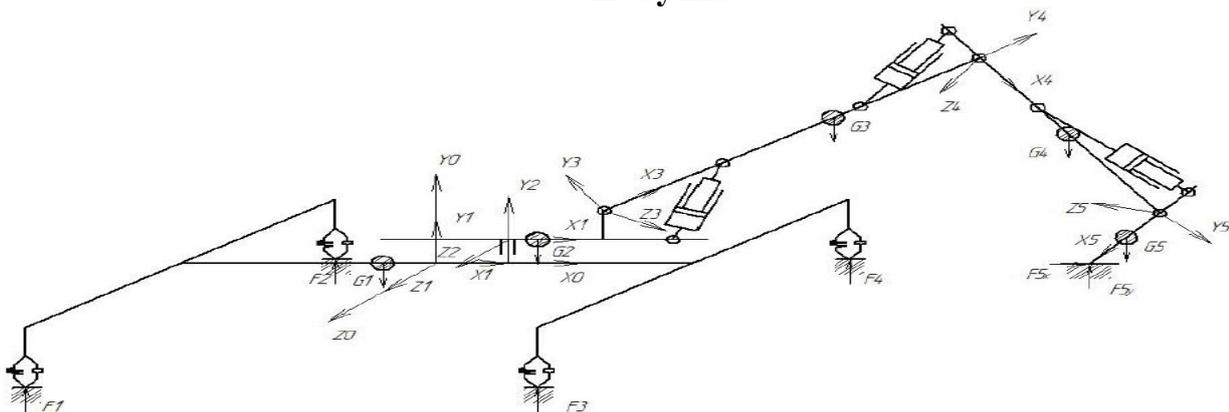


Рис. 7. Принципиальная расчетная схема гидропривода многоцелевой машины в процессе копательных работ

$$W = 3n - 2P_5 - P_4 ; \quad (3)$$

$$P_5 = 15, P_4 = 0, n = 11 . \quad (4)$$

Обобщенные координаты кинематической цепи многоцелевой машины делятся на следующее:

1. θ - угол поворота платформы вокруг вертикальной оси;
2. s_1 - линейная координата. Движение 7-го штока в 4-м гидроцилиндре;
3. s_2 - линейная координата. Движение 8-го штока в 5-м гидроцилиндре;
4. s_3 - линейная координата. Движение 9-го штока в 6-м гидроцилиндре.

$$f = f(\theta, s_1, s_2, s_3) . \quad (5)$$

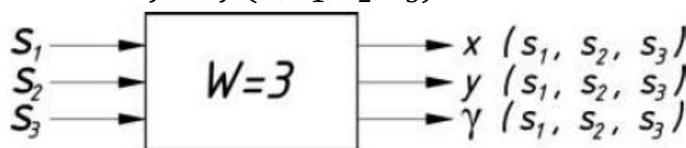


Рис.7. Условная схема рабочего органа экскавационного оборудования многоцелевой машины

Таблица 1

Обобщенные координаты динамических систем многоцелевой машины

№	Описания координат звена в координатах локальной системы	Обобщенные координаты
1	Перемещение базового шасси центра масс O_1 по оси Y_0	\bar{q}_1
2	Поворот базы шасси вокруг оси X_0 .	\bar{q}_2
3	Поворот базы шасси вокруг оси Z_0 .	\bar{q}_3
4	Поворот платформы вокруг оси Y_2 .	\bar{q}_4
5	Поворот стрелы вокруг оси Z_3 .	\bar{q}_5
6	Поворот рукояти вокруг оси Z_4	\bar{q}_6
7	Поворот режущего органа вокруг оси Z_5 .	\bar{q}_7

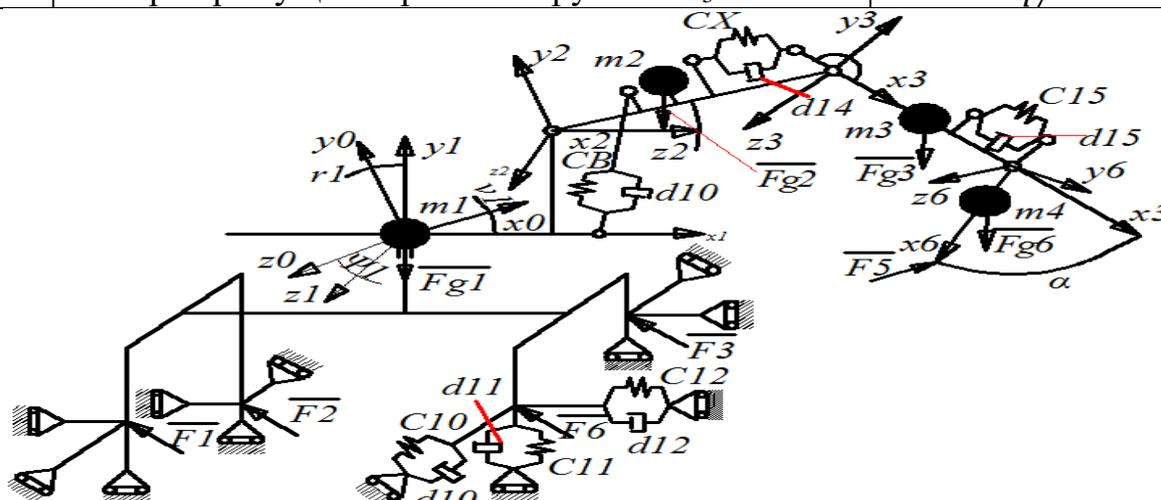


Рис. 8. Схема расчета модели

Расчетная схема модели (рис. 8) определяется положением соответствующих локальных правых систем координат по отношению к положениям цепей относительно инерциальной системы координат: $O_1X_1Y_1Z_1$ – гидравлическая система шасси базовой машины и поворотной платформы; $O_2X_2Y_2Z_2$ – со стрелкой; $O_3X_3Y_3Z_3$ – с рукоятью; $O_4X_4Y_4Z_4$ – с ковшом.

Таблица 2

Перенос параметров с модели на координатную ось

№	Название звена	Система координат	Обобщенные координаты	Перенос с систем координат на матрицу		Вектор точек описания рабочего органа	Соответствующий коэффициент упруговязких элементов
				i-1	00. x_0 . y_0 . z_0		
1	Платформа экскаватора	$o1, x1, y1, z1$	$x1$ $y1$ $z1$ $\mu1$ $\gamma1$ $\psi1$	A1	T1=A1	R1 R2 R3 R4 R5 R6	c1, d1 c2, d2 c3, d3 c4, d4 c5, d5 c6, d6

						R7 R8 R9 R10 R11 R12	c7, d7 c8, d8 c9, d9 c10, d10 c11, d11 c12, d12
2	Стрела	$o2, x2, y2,$ $z2$	$u2$	A2	T2=A1 "A2"	R13	c13, d13
3	Рукоять	$o3, x3, y3,$ $3l$	$u3$	A3	T3=A1 "A2" "A3"	R14	c14, d14
4	Ковш	$o4, x4, y4,$ $z4$	$u4$	A4	T4=A1 "A2" "A3" "A4"	R15	c15, d15

Второй тип уравнений Лагранжа имел следующий вид:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dK}{dq_j} \right) - \frac{dK}{dq_j} + \frac{dP}{dq_j} + \frac{d\Phi}{dq_j} = Q_j \quad (6)$$

где K - кинетическая энергия; P - потенциальная энергия; F – диссипативная функция; Q - обобщенный вектор внешних сил.

Поменяв выражения и диссипативную функцию для кинетической и потенциальной энергии в уравнение Лагранжа второго типа, составлены уравнения в виде вектор-матрицы:

$$\sum_{j=1}^{10} \sum_{u=1}^{15} tr[U_{ij}H_iU_{iv}^T] \ddot{q}_j + \sum_{j=1}^{10} \sum_{i=1}^4 tr[M_{uj}D_uM_{uv}^T] \dot{q}_j + \sum_{j=1}^{10} \sum_{i=1}^{15} tr[M_{uj}N_uM_{uv}^T] q_j + \sum_{i=1}^4 m_i g G_2^T H_{ij} R_{im} = \sum_{i=1}^4 \vec{F}_r U_{ij} \vec{R}_r, \quad (7)$$

где $M_{uj} = \frac{d\Gamma_u}{dq_j}$; $N_u = C_u[\vec{R}_u \vec{R}_u^T]$; $D_u = d_u[\vec{R}_u \vec{R}_u^T]$; H_i – матрица является

инерционное звено, гидропривод экскавационного оборудования многоцелевой машины 4x4; m_i – масса i -го звена машины ММ; R_u – радиус-вектор подвижной части упруговязкого элемента; R_r – радиус-вектор точки приложения внешних сил; Γ_u – матрица для преобразования подвижной части упруговязких элементов в неподвижные звенья; D_u ; C_u – коэффициенты жесткости и вязкости упруговязких элементов.

Математическая модель механической подсистемы ГЭ составлена на основе следующих: предложенная методика позволила решать задачи статики, кинематики и динамики, проводить исследования ГЭ в различных режимах работы. На рис. 9 представлена упрощенная расчетная схема ГЭ.

Математическая модель ГЭ представлена в виде многополосной гидравлической связи, то есть, в целом, гидравлическая система состоит из связанных между собой многополосных гидравлических блоков, динамические свойства которых характеризуются передаточными функциями матриц. Определено, что углы наклона рабочего оборудования зависят от положения штоков гидроцилиндров ГЭ. В зависимости от параметров гидропривода и применяемых к нему контрольных воздействий, для определения состояния штока гидроцилиндров ГЭ использован метод гидравлического плюсоплика.

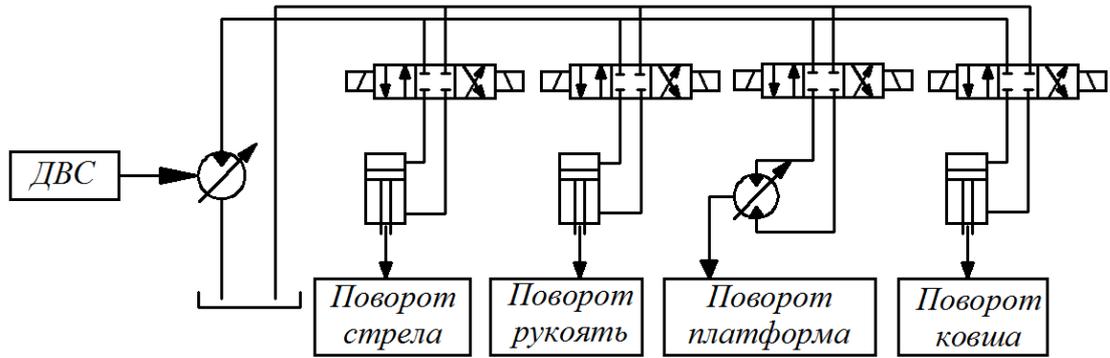


Рис. 9. Расчетная схема ГЭ

Динамические свойства многомерного объекта полностью определены его уравнениями движения. Формулы для системы уравнений движения в векторно-матричной форме, уравнения для процесса копания грунта многофункциональной системы машины для каждого элемента расчетной схемы, имели следующий вид:

$$\begin{aligned}
 O_1: \vec{X}_1 &= W_{1XU} \cdot \vec{U}_1 \\
 O_2: \vec{X}_2 &= W_{2XU} \cdot \vec{U}_2 + W_{2XF} \cdot \vec{F}_2 \\
 O_3: \vec{X}_3 &= W_{3XU} \cdot \vec{U}_3 \\
 O_4: \vec{X}_4 &= W_{4XU} \cdot \vec{U}_4; \vec{X}'_4 = W'_{4XU} \cdot \vec{U}_4 \\
 O_5: \vec{X}_5 &= W_{5XU} \cdot \vec{U}_5 + W_{5XF} \cdot \vec{F}_5 \\
 O_6: \vec{X}_6 &= W_{6XU} \cdot \vec{U}_6 \\
 O_7: \vec{X}_7 &= W_{7XU} \cdot \vec{U}_7 + W_{7XF} \cdot \vec{F}_7 \\
 O_8: \vec{X}_8 &= W_{8XU} \cdot \vec{U}_8 + W_{8XF} \cdot \vec{F}_8 \\
 O_9: \vec{X}_9 &= W_{9XU} \cdot \vec{U}_9 \\
 O_{10}: \vec{X}_{10} &= W_{10XU} \cdot \vec{U}_{10} + W_{10XF} \cdot \vec{F}_{10} \\
 O_{11}: \vec{X}_{11} &= W_{11XU} \cdot \vec{U}_{11} + W_{11XF} \cdot \vec{F}_{11} \\
 O_{12}: \vec{X}_{12} &= W_{12XU} \cdot \vec{U}_{12} \\
 O_{13}: \vec{X}_{13} &= W_{13XU} \cdot \vec{U}_{13} + W_{13XF} \cdot \vec{F}_{13} \\
 O_{14}: \vec{X}_{14} &= W_{14XU} \cdot \vec{U}_{14} + W_{14XF} \cdot \vec{F}_{14} \\
 O_{15}: \vec{X}_{15} &= W_{15XU} \cdot \vec{U}_{15} \\
 O_{16}: \vec{X}_{16} &= W_{16XU} \cdot \vec{U}_{16} + W_{16XF} \cdot \vec{F}_{16}. \quad (8)
 \end{aligned}$$

С помощью матриц связи между матрицами входа и выхода установлено соответствие между векторами входной и выходной величин, соединяющими гидравлический многоплюсник.

$$\begin{aligned}
 \vec{X}_1 &= \vec{U}_2, \vec{X}_2 = \vec{U}_3, \vec{X}_3 = \vec{U}_4, \vec{X}_4 = \vec{U}_5, \vec{X}_5 = \vec{U}_6, \vec{X}_6 = \vec{U}_7, \\
 \vec{X}_4 &= \vec{U}_8, \vec{X}_8 = \vec{U}_9, \vec{X}_9 = \vec{U}_{10}, \vec{X}_4 = \vec{U}_{11}, \vec{X}_{11} = \vec{U}_{12}, \vec{X}_{12} = \vec{U}_{13}, \\
 \vec{X}_4 &= \vec{U}_{14}, \vec{X}_{14} = \vec{U}_{15}, \vec{X}_{15} = \vec{U}_{16}. \quad (9)
 \end{aligned}$$

Математическая модель гидравлики выбрана следующим образом:

$$\begin{bmatrix} \vec{X}_7 \\ \vec{X}_{10} \\ \vec{X}_{13} \\ \vec{X}_{16} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1(s) & w_2(s) & w_3(s)w_4(s) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_5(s) & w_6(s) & 0 & 0 & w_7(s)w_8(s) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ w_9(s) & w_{10}(s) & 0 & 0 & 0 & 0 & w_{11}(s)w_{12}(s) & 0 & 0 \\ w_{13}(s)w_{14}(s) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & w_{15}(s)w_{16}(s) & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \vec{U}_1 \\ \vec{F}_2 \\ \vec{F}_5 \\ \vec{F}_7 \\ \vec{F}_8 \\ \vec{F}_{10} \\ \vec{F}_{11} \\ \vec{F}_{13} \\ \vec{F}_{14} \\ \vec{F}_{16} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} W_1(s) &= W_{7XU} \cdot W_{6XU} \cdot W_{5XU} \cdot W_{4XU} \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XU} \cdot W_{1XU}, \\ W_2(s) &= W_{7XU} \cdot W_{6XU} \cdot W_{5XU} \cdot W_{4XU} \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XF}, \\ W_3(s) &= W_{7XU} \cdot W_{6XU} \cdot W_{5XF}, \\ W_4(s) &= W_{7XF}, \\ W_5(s) &= W_{10XU} \cdot W_{9XU} \cdot W_{8XU} \cdot W_{4XU} \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XU} \cdot W_{1XU}, \\ W_6(s) &= W_{10XU} \cdot W_{9XU} \cdot W_{8XU} \cdot W_{4XU} \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XF}, \\ W_7(s) &= W_{10XU} \cdot W_{9XU} \cdot W_{8XF}, \\ W_8(s) &= W_{10XF}, \\ W_9(s) &= W_{13XU} \cdot W_{12XU} \cdot W_{5XU} \cdot W_{11XU} \cdot W_{4XU} \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XU} \cdot W_{1XU}, \\ W_{10}(s) &= W_{13XU} \cdot W_{12XU} \cdot W_{11XU} \cdot W_{4XU}^{//} \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XF}, \\ W_{11}(s) &= W_{13XU} \cdot W_{12XU} \cdot W_{11XF}, \\ W_{12}(s) &= W_{13XF}, \\ W_{13}(s) &= W_{16XU} \cdot W_{15XU} \cdot W_{14XU} \cdot W_{4XU}^{//} \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XF} \cdot W_{1XU}, \\ W_{14}(s) &= W_{16XU} \cdot W_{15XU} \cdot W_{14XU} \cdot W_{4XU}^{//} \cdot W_{3XU} \cdot W_{2XF}, \\ W_{15}(s) &= W_{16XU} \cdot W_{15XU} \cdot W_{14XF}, \\ W_{16}(s) &= W_{16XF}. \end{aligned} \quad (9)$$

Уравнения гидросистемы позволяют получить состояние конечных элементов гидроцилиндров, которое зависит от физических параметров гидросистемы и управляющих движений в гидросистеме.

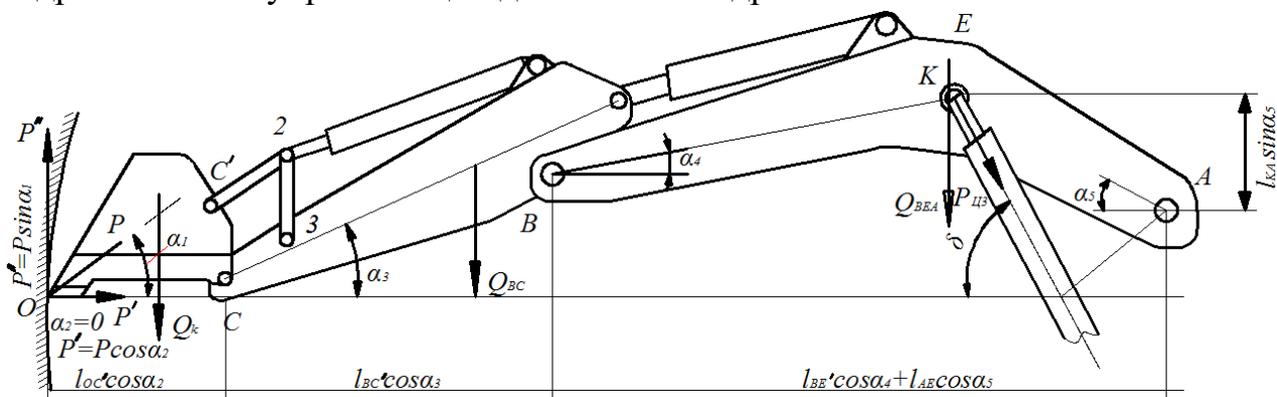


Рис. 10. Общий вид сил и моментов в процессе копания на основе схемы динамической модели

Третья глава также посвящена адаптации математической модели процесса копания к реальным условиям труда. Для этого был разработан метод обоснования оптимального диапазона углов размещения рабочего оборудования при копании земли, он позволял выполнять технологические операции с низкими силами сопротивления.

Определялись значения плеч по схеме (рис.10) и составлены общие уравнения баланса сил и моментов, действующих на цепи рабочего оборудования:

$$\sum M_A = 0;$$

$$-P \sin \alpha_1 \cdot (l_{DC} \cos \alpha_2 + l_{BC} \cos \alpha_3 + l_{BE} \cos \alpha_4 + l_{AE} \cos \alpha_5) + P \cos \alpha_1 \cdot (l_{DC} \sin \alpha_2 + l_{CB} \sin \alpha_3 + l_{BE} \sin \alpha_4 - l_{EA} \sin \alpha_5) + Q_k \left(\frac{l_{DC} \cos \alpha_2}{2} + l_{BC} \cos \alpha_3 + l_{BE} \cos \alpha_4 + l_{AE} \cos \alpha_5 \right) + Q_{BC} \cdot \left(\frac{l_{BC} \cos \alpha_3}{2} + l_{BE} \cos \alpha_4 + l_{AE} \cos \alpha_5 \right) + Q_{BFA} (l_{AE} \cos \alpha_5) + P_{u3} \sin \delta \cdot l_{KA} \cos \alpha_5 - P_{u3} \cos \delta \cdot l_{KA} \sin \alpha_5 = 0 \quad (10)$$

На основе теоретических исследований разработана таблица оптимальных значений интервалов и углов сил, применяемых к гидроприводу рабочего оборудования (табл. 1).

Таблица 3

Оптимальные интервалы поворота элемента экскавационного оборудования

Элементы рабочего оборудования	Угол наклона α_i^*	Увеличение мощности штока цилиндра, $P_{ци}$	Сила сопротивления грунта при копании K_1 (Н/м ²)	Снижение расхода энергии-топлива $\mathcal{E}_{уд}$
Ковш	$\alpha_2=47^0 \dots 53^0$	341	225...240	157.3
Рукоять	$\alpha_3=55^0 \dots 58^0$	380	235...295	
Стрела	$\alpha_5=22^0 \dots 27^0$	238	155...195	

Полученные зависимости позволили рассчитать технико-экономические показатели гидропривода многофункциональной машины в зависимости от мощности гидросистемы, используемой для выполнения полезной работы. Теоретические расчеты гидропривода и установка полезной мощности двигателя подтвердили теоретическую необходимость влияния ММ на КПД гидропривода. Построенная номограмма (рис. 11) позволила определить количество мощности, необходимое для обеспечения эффективной работы, соответствующей потребляемой мощности цикла, исходя из расхода общей единицы.

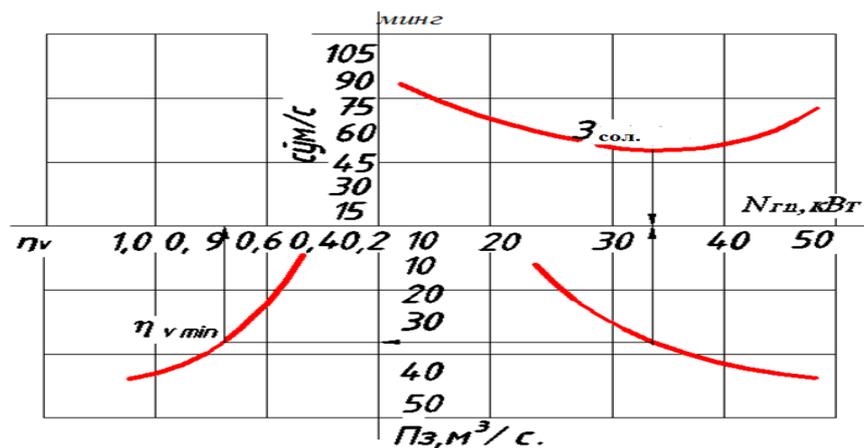


Рис. 11. Номограмма для определения эффективной работы машины в зависимости от оптимальной мощности механизма гидропривода и минимального начального расхода

Наилучшая мощность гидросистемы $N_{гп}=33$ кВт, полезная рабочая производительность $П_з=35$ м³/час, минимальная удельная стоимость $З_{сол}=50.5$ тыс. сум/час.

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «**Экспериментальное исследование рабочего процесса оборудований гидропривода**», даны рекомендации по применению исследования на практике, сравнению и оценке результатов экспериментальных испытаний, а также экономической эффективности. Целью экспериментальных исследований в этой главе является изучение влияния сил во время копания, действующих на гидравлическую систему многоцелевой машины, и обоснование оценки эффективности параметров использования мощности. Проверялось соответствие рабочей жидкости при копании с математической моделью. Здесь исследовалось устройство быстросменного оборудования многоцелевой машины – гидросистемы одноковшового экскаватора. Установка оборудования на базе ТТЗ-80 позволила провести экспериментальные исследования с определением показателей энергоэффективности в наиболее энергоемких рабочих процессах (копание грунта и выравнивание).



Рис. 12. Экспериментальный процесс прототипа машины на базе трактора ТТЗ-80.10 по экскавационных оборудований копания траншей и оросительных сетей

Испытания экскавационного оборудования при копании траншей и оросительных сетей с помощью прототипа машины на базе трактора ТТЗ-80.10, проведенные в Куйичирчикском районе (рис. 12).

Условия испытаний многоцелевой машины подтверждены контролем грунта из ковша экскаватора объемом 0.3 м³. Полученные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4

Измеренные значения технологических операций, выполненных многоцелевой машиной ММ-1 (в варианте экскаватора)

Показатели	Станция насоса						
	Набрать грунт	Подъем ковша	Поворот стрелы	Перенос стрелы	Высыпание грунта	Поворот стрелы (обратно)	Спуск ковша
Время							
t_{\max} , с	15.0	4.1	2.7	5.9	6.3	2.4	4.4
t_{\min} , с	13.9	1.8	2.1	2.4	4.1	2.1	4.1
t_{cp} , с	14.4	2.6	2.5	4.0	5.0	2.3	4.3
Давление насоса							
P_{\max} , МПа	11.20	15.30	8.97	10.42	11.07	3.88	7.52
P_{\min} , МПа	10.35	11.15	6.51	9.58	9.16	3.60	7.25
P_{cp} , МПа	10.70	12.37	7.68	10.12	9.63	3.74	7.34
Обороты насоса							
n_{\max} , с ⁻¹	29.91	29.0	30.22	29.61	29.55	30.21	30.0
n_{\min} , с ⁻¹	28.77	25.93	29.10	27.45	28.55	20.11	29.6
n_{cp} , с ⁻¹	29.46	28.25	29.79	29.35	29.16	30.15	9.8
Потребляемая мощность насосной станции привода							
$N_{n\max}$, кВт	26.82	35.46	21.06	26.1	26.0	9.45	18.0
$N_{n\min}$, кВт	24.93	23.31	15.57	22.77	21.33	8.82	17.37
N_{ncp} , кВт	25.56	28.26	18.45	22.68	22.68	9.09	17.64

По показателям параметров, измеренных при технологических операциях с экскавационным оборудованием, получены результаты оценки энергии многоцелевой машины ММ-1 (таблица 5).

Таблица 5

Результаты энергетической оценки многоцелевой машины ММ-1 (вариант-экскаватор)

Показатели	Набор грунта	Подъем ковша	Поворот стрелы	Перенос стрелы	Высыпать грунта	Поворот стрелы (обратно)	Спуск ковша

Давление масла на выходе из насосной станции, МПа	10.76	12.38	7.68	10.12	9.63	3.74	7.35
Частота вращения насосной станции, с ⁻¹ .	29.46	28.25	29.79	29.35	29.16	30.15	32.8
Потребляемая мощность насосной станции привода, кВт	25.5	28.2	18.4	24.3	22.6	9.9	18.7
Эффективная мощность двигателя, кВт	27.7	30.7	20.0	26.1	24.6	11.4	20.6
Коэффициент использования мощности двигателя.	0.48	0.53	0.35	0.45	0.43	0.20	0.36

По результатам теоретических и экспериментальных расчетов давление насоса при наборе грунта составляло 10,76 МПа, а частота вращения 29,46 с⁻¹. К выкопанного грунта израсходована 25,5 кВт мощности, а эффективная мощность двигателя составляла 27,7 кВт. Мощность двигателя ДТ-245 трактора ТТЗ-80.10 составляла 57,4 кВт, в эксплуатации выполнена работа равная на 0,48 коэффициента мощности двигателя.

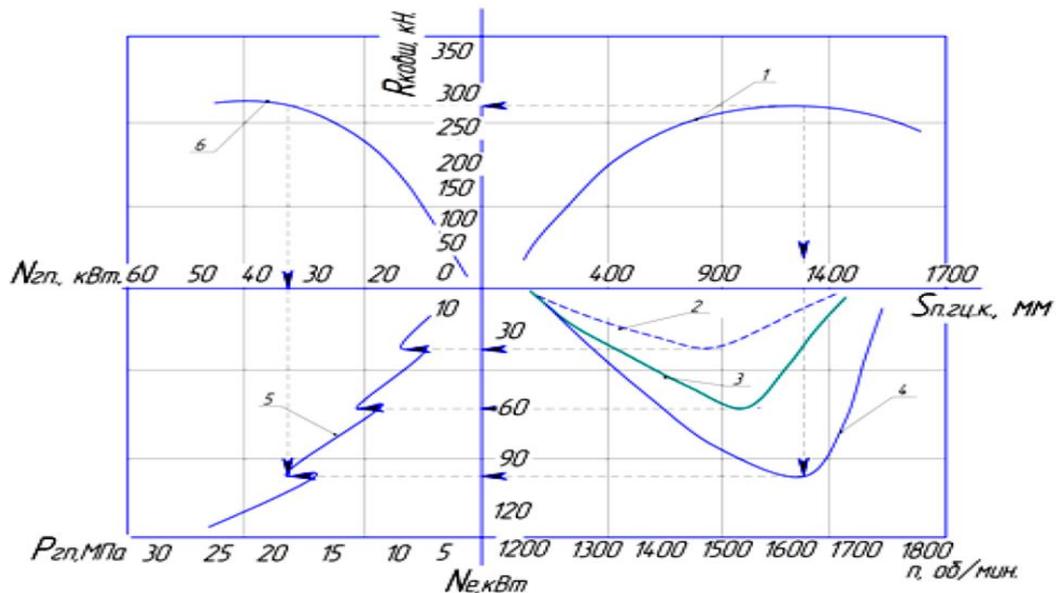


Рис.13. Номограмма для оценки свойств гидропривода

На рис. 13: 1 – сила копания $R_{к\dot{м}}$ кривая линии зависимости ковша от траектории поршня $S_{п.гц.к}$ (в положении ковша); 2 – кривая линия зависимости числа оборотов коленчатого вала n от мощности двигателя N_e при запуске экскаватора; 3 – кривая линия зависимости числа оборотов коленчатого вала n от мощности двигателя N_e при повороте платформы; 4 – кривая линия зависимости числа оборотов коленчатого вала n от мощности двигателя N_e при работе рабочих органов; 5 – кривая линия зависимости давления гидропривода $P_{гп}$ от мощности двигателя N_e ; 6 – кривая линия зависимости мощности гидропривода $N_{гп}$ от силы копания $R_{к\dot{м}}$.

Таблица 6

Характеристики нагрузки рабочего оборудования, работающего в технологических процессах

Показатели	В существующей стандартной	В предлагаемой схеме привода	Количество изменений Δ	%
1	2	3	4	5
Время цикла, T_u, c	26	23,14	-2,86	11
Мощность гидропривода $N_{ГМ}^{пов}, кВт$	21	16	-5	23,8
Мощность двигателя $N_e, кВт$	40	31,5	-8,5	21,25
Коэффициент использования мощности $\lambda, \%$	32	46	+14	30,4
Максимальный момент сопротивления в поворотном механизме $M^{сопр}_{max}, кНм$	30	19	-11	36
Угловое ускорение при нагружении $\varepsilon^{пов}, рад/с^2$	0,63	0,37	-0,26	41
Угловое ускорение (замедление) при разгрузке $\varepsilon^{пов}, рад/с^2$	0,72	0,41	-0,31	43
Коэффициент продолжительности нагрузки $\lambda_{пн}$	0,482	0,34	-0,142	29,4

Первоначальная оценка эффективности машины была основана на анализе обобщенного показателя Π_{Nmn} путем сравнения производительности набора одноцелевых машин, выполняющих одинаковые с многоцелевыми машинами работы.

$$\Pi_{Nmn} = \frac{65.4 \cdot (730 + 170 + 800 + 5600) \cdot 1 \cdot 0.9}{(8,04 \cdot 0,2 \cdot 0,15)^3 + (7,15 \cdot 0,48 \cdot 0,15)^3 + (6,7 \cdot 0,2 \cdot 0,15)^3} \cdot \frac{1}{(43.5 \cdot 0.2 \cdot 0,55)^3 + (38.7 \cdot 0.48 \cdot 0,55)^3 + (36.3 \cdot 0.2 \cdot 0,55)^3 + (81.6 \cdot 1 \cdot 0.3)^3} = 27 м^3 / с \quad (11)$$

Применение научных результатов привело к сокращению рабочего цикла с использованием предлагаемого гидропривода многоцелевой машины на 11%, а годовая экономическая эффективность составила 898219,63 сумов на одну машину.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате научно-исследовательской диссертационной работы на тему «Совершенствование методов расчета параметров гидропривода многоцелевой машины» были сделаны следующие выводы:

1. На основе анализа ГЭ многофункциональных машин отечественного и зарубежного производства предложены усовершенствованные кинематические схемы гидропривода для новых отечественных машин ММ-1, проектируемые на базе трактора ТТЗ класса 1.4-2;

2. С целью обеспечения минимизации энергозатрат на преодоление сил сопротивления сдвигу при копании грунта разработан метод обоснования оптимальных углов рабочего оборудования экскаватора, подтверждающий эффективность перераспределения мощности между элементами гидросистемы;

3. Расчеты показали, что трактор ТТЗ-80.10 можно комбинировать с запасным рабочим органом экскаватора, обратным ковшом, толкающим кузовом бульдозера, крановым и буровым оборудованием, а тракторы семейства ТТЗ можно использовать в качестве основной машины.

4. В эксперимента обосновано наличие эффективной полезной силы копания грунта, обеспечивающей максимальное наполнение ковша при оптимальном диапазоне углов поворота ковша $\alpha_2=44^0\dots48^0$ и при оптимальном диапазоне рукояти $\alpha_3=38^0\dots50^0$;

5. Гидроцилиндр, разработанный в результате теоретических расчетов, оказался более эффективным, чем стандартный гидроцилиндр. Например, выработанная мощность рекомендуемого гидроцилиндра составляет 373 кН, что на 44 кН больше чем у стандартных гидроцилиндров. Использование этих гидроцилиндров сокращает время работы на 0.9-0.7 с, снижает давление на гидроприводе на 13% и увеличивает энергоэффективность на 22%;

6. Разработана научно обоснованная методика изучения энергосберегающих параметров основных систем ковшового экскаватора. Для грунтов II и III категорий ($\rho=1.5\dots1.8$ т/м³), при введении максимального значения гидроэнергосберегающей мощности составляет $N_{гп}=30-35$ кВт, что соответствует мощности двигателя $N_e=52-66$ кВт при выходе ковша из штока гидроцилиндра $S_{п.гц.к}=600 - 900$ мм.

7. Годовая экономическая эффективность от повышения энергоэффективности гидропривода машины составляет $\mathcal{E}_{гп}=898219.63$ сум на каждую машину, при этом производительность труда увеличивается на 7568.88 м³ в год. Работа энергосберегающего гидропривода снижает потребление энергии в процессе копания на 23%, что снижает нагрузку на двигатель и приводит к экономии топлива на 12.8%. Продление срока службы гидропривода после ремонта дало экономический эффект в размере 10375.26 сум на каждую многоцелевую машину, экономическая эффективность составила 16% за счет повышения эффективности гидропривода;

8. Мощность и параметры мощности экскаватора: ковша $\alpha_2=(47^0\dots53^0)$, рукояти $\alpha_3=(55^0\dots58^0)$, стрелы $\alpha_5=(22^0\dots27^0)$. Определенные зависимости позволили определить оптимальное расположение ковша: расположение значения эффективных действующих сил ($R_{кц}=341$ кН, $R_{рц}=380$ кН, $R_{сц}=236$ кН) на элементах рабочего оборудования при копании грунта и $\rho=(1.5-1.8)$ т/м³ обеспечивает максимальное заполнение грунтом III категории при объеме ковша 0.25 м³;

9. Использование результатов исследования позволило на 15% увеличить производительность Пэ одноковшового экскаватора, которая составляет 35 м³/час при значении минимального удельного расхода $Z_{уд}=48.5-50$ тыс.сум/час. Годовая экономическая эффективность $\mathcal{E}_{гп}$ составила 898219.63 сума на каждой машине.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
DSc.18/30.12.2019.T.09.01 AT TASHKENT STATE TRANSPORT
UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

RUSTAMOV KAMOLIDDIN JORABOEVICH

**IMPROVING OF THE METHODOLOGY FOR CALCULATING THE
PARAMETERS OF THE HYDRAULIC DRIVE OF A MULTIPURPOSE
MACHINE**

05.08.06 – Wheeled and tracked vehicles and their operation

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

Tashkent – 2021

The theme of doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number № B2021.2.PhD/T1752.

The dissertation has been prepared at the Tashkent State Transport University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website www.tstu.uz and on the website of "ZiyoNet" Information and educational portal www.ziynet.uz.

Scientific supervisor: Askarkhodjaev Tulkin Ishonovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: Inoyatxodjaev Jamshid Shuxratullaevich
doctor of technical sciences, professor

Akhmedov Doniyor Anvarjonovich
doctor of philosophy, docent

Leading organization: Andijan Machine-Building Institute

The defense of the dissertation will be held at the meeting of the Scientific Council under the Tashkent State Transport University DSc.18/30.12.2019.T.09.01 2021 "16" 10 hours 10⁰⁰
(Address: 100167, Tashkent, Odilkhojaev street 1, tel./fax : (998-71) -277-54-87,
e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

The dissertation is available at the Information Resource Center of the Tashkent State Transport University (registered under 037). (Address: 100167, Tashkent, Odilkhojaev street 1. Tel./fax: (998-71)-277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

Abstract of the dissertation sent out on "08" 10 2021,
(mailing report No 5 in "08" 10 2021).



A.A. Riskulov
Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

R.M. Khudaykulov
Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees,
doctor of philosophy, docent

A.A. Mukhitdinov
Chairman of the academic seminar under
the scientific council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of dissertation PhD)

The aim of the research is improving the methodology for calculating the workflow and substantiate the parameters of the hydraulic drive of a multipurpose machine.

To achieve the aim, the following **research objectives** are formulated:

theoretically analyze the operating conditions, methods for calculating the hydraulic system and theoretically investigate the hydraulic drive of the multipurpose machine MM-1;

substantiation of technological parameters (digging, drilling, pushing, lifting) of the design of a multipurpose machine;

obtaining final results using the MATLAB program to analyze the properties of the excavator hydraulic system and determine the optimal angular positions from the Simulink database;

determination of the parameters of the hydraulic drive of a multipurpose machine by conducting experimental experiments;

development of recommendations for the implementation of research results based on a comparative analysis of the results of theoretical and experimental research and assessment of the economic efficiency of MM.

The objects of research is a multipurpose machine tractor TTZ-80.10.

The subject of research is a hydraulic drive system of a multipurpose machine based on the TTZ-80.10 tractor.

Scientific novelty. The novelty of the study is as follows:

has been improved the formula for the productivity of technical work, which substantiates the technological parameters of a multi-purpose machine (digging, pushing, drilling, lifting and lowering) based on the input of the speed coefficient and the availability coefficient;

has been improved mathematical model for calculating the working process of the hydraulic system of a multipurpose machine with rapidly changing equipment (bucket, shovel, drilling rig, lifting and lowering) through the numerical solution of the equations of motion by the method of frozen Kutta-Merson and Taylor coefficients;

have been improved intermediate angular rational parameters of the dynamic model of the excavator hydraulic drive in the MATLAB / SIMULINK program using static, kinematic and dynamic parameters based on the development of equations in the form of a vector matrix by replacing the dissipative function with the Lagrange equation of the second type;

has been improved the method of complex calculation of the working process of the hydraulic drive of a multipurpose machine, taking into account the influence of the forces acting on the hydraulic system during digging, by guaranteeing the possibility of prospective forecasting of the technological process.

The practical results of the study are as follows:

have been improved the scientifically substantiated parameters of the hydraulic system that can withstand the load arising when digging the soil of the MM-1 multipurpose machine;

improved mechanical and mathematical model have been developed, which makes it possible to determine the parameters and operating modes of the hydraulic system of the multipurpose machine KM-1;

have been developed the features of experimental studies of earth-moving equipment of a multi-purpose machine.

Scientific and practical significance of the research results.

The scientific significance of the research results is explained by mathematical models, analytical relationships and calculation methods that allow determining the parameters of hydraulic systems that provide the required power during the drilling of a multi-purpose machine, with the possibility of using all processes (digging, pushing, drilling, lifting) to justify the parameters of the hydraulic system.

The practical significance of the research results is explained by the improvement in the design quality and the efficiency of the preparation of pilot versions of the hydraulic system of the machine being developed, reducing the cost of testing and contributing to a decrease in labor costs in production.

Implementation of research results.

The results of research and development to improve the methodology for calculating the working process of the hydraulic drive of a multipurpose machine are set out below:

improved technological parameters (digging, pushing, drilling, lifting and lowering) of the working performance of a multipurpose machine by introducing a scale factor of speed using the applied force and the force of soil resistance were introduced into the Research Institute of Agricultural Mechanization and scientific and production experimental unitary enterprises "Uzyulmashservice" (Reference No. 03-387 of the Committee for Roads under the Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan dated February 01, 2021). As a result, an opportunity was created to reduce energy consumption when digging the ground by 23% and the load on the engine when the energy-saving hydraulic system is operating;

an improved mathematical model designed to consider the working process of the hydraulic system of a universal machine with rapidly changing equipment (bucket, shovel, seeder, lifting and lowering) has been introduced into the scientific and production experimental unitary enterprise "Uzyulmashservice" (Reference No. 03-387 of the Committee on Roads under the Ministry transport of the Republic of Uzbekistan dated February 01, 2021). The result made it possible to determine the optimal location of the bucket in the ratio of the bucket $\alpha_2=47^0 \dots 53^0$, stick $\alpha_3=55^0 \dots 58^0$ and $\alpha_5=22^0 \dots 27^0$ depending on the power and power parameters of the excavator;

rational parameters of static, kinematic and dynamic models of the hydraulic drive of an excavator of the working cycle and performance, optimized in the MATLAB/Simulink program on the basis of determining the optimal range of angles, have been introduced in LLC "Design and Technology Center for Agricultural Engineering" (Reference No. 03-387 of the Committee on Roads under the Ministry transport of the Republic of Uzbekistan dated February 01, 2021). As a result, the structural elements of multipurpose machines have been improved, developed and applied in practice at the Design and Technology Center for Agricultural Engineering.

the developed method of complex calculation of the working process of the hydraulic system of a multipurpose machine was introduced in the scientific and production experimental unitary enterprise "Uzyulmashservice" (Reference No. 03-387 of the Committee for Roads under the Ministry of Transport of the Republic of Uzbekistan dated February 01, 2021). As a result, the productivity of the single-bucket excavator increased by 15%.

Approbation of work results.

The results of this dissertation were discussed at 3 international and 4 republican scientific conferences.

Dissertation structure and volume.

The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 116 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Асқархўжаев Т.Э., Рустамов К.Ж., Раимқулов А. Кўп функцияли машинанинг гидротизимини оддий машина гидротизимидан афзаллиги // Журнал “ТАЙИ Хабарномаси”, 2012. №1-2. – 5-11 б. (05.00.00; №15).
2. Рустамов К.Ж. ТТЗ-80.10ВК трактори базасидаги ЭО-2621 экскаваторининг тескари курак ускунаси элементларини ҳисоблаш // Журнал “ТАЙИ Хабарномаси”, 2010. №1. – 23-30 б. (05.00.00; №15).
3. Рустамов К.Ж. ТТЗ-100-10К трактори асосидаги ЭО-2621 экскаваторининг стрелага таъсир этувчи кучларни аниқлаш // Журнал “ТАЙИ Хабарномаси”, 2012. №1-2. – 38-46 б. (05.00.00; №15).
4. Рустамов К.Ж. Matlab/Simulinkда экскаватор гидроюритмасининг статик, кинематик ва динамик хусусиятларини таҳлил қилиш усули // Темир йўл транспортида ресурс тежамкор технологиялар. Хорижий олимлар иштирокидаги республика илмий-техника анжумани мақолалар тўплами. Тошкент – 2020. 3-4 декабрь. – 346-349 б. (05.00.00; №11, 15).
5. Askarhodjaev, T., Rustamov, K., Aymatova, F., & Husenova, G. Justification of the hydraulic system parameters of the excavation body of a multi-purpose road construction vehicle based on the TTZ tractor // Journal of Critical Reviews, 2020. Vol.7, Issue 5 – pp. 229-234 (№3. Scopus IF=8.0)
6. K.J. Rustamov, S.I. Komilov, Kh.Dj. Djumaev, M.R.Tadjikhodjayeva, Sh.Abdukarimova. Innovative Approaches and Methods in Teaching Technical Subjects // Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, 2021. Vol. 12, Issue 5 – pp. 1861-1866 (№3. IF=9)
7. Rustamov K.J. Experimental Work of the Hydraulic Equipment of the Multi-Purpose Machine Mm-1 // International Journal of Recent Technology and Engineering, 2019. Vol. 8 Issue 4 – pp. 12032- 12036. (№41, SCimago; №35, CrossRef; №15, Directory of Research Journals Indexing IF=18.0)
8. Rustamov K.J. Technical solutions and experiment to create a multipurpose machine // International Journal of Scientific and Technology Research, 2020. Vol. 9, Issue 3– pp. 2007–2013. (№3. Scopus IF=9).
9. Rustamov Kamoliddin Juraboevich // Development of a Dynamic Model and Equations of Motion for Hydraulics of Multipurpose Machine MM-1 // Electronic Journal of Actual Problems of Modern Science, Education and Training. 2021. №8, – pp. 75-86. (05.00.00; №26).

II бўлим (II часть; part II)

10. Аскарходжаев Т.И., Рустамов К.Ж. Обоснование выбора рабочего оборудования и анализ рабочего процесса многоцелевой машины ММ-1. // Автомобил-йўл комплексида замонавий технологиялар, Республика илмий-амалий анжуман дастури, 2006. – С. 107-109.

11. Аскарходжаев Т.И., Рустамов К.Ж. Обоснование выбора гидросистемы многоцелевой машины ММ-1 на базе трактора ТТЗ-80.10ВК // Халқаро илмий-амалий анжумани, ТАЙИ (35 йиллик), II қисм, 8-9 ноябр 2007. – С. 165-167.
12. Аскарходжаев Т.И., Рустамов К.Ж. Определение сопротивления при копании грунта экскавационным оборудованием машины ММ-1 // «Инновацион ғоя, технология ва лойиҳаларни ишлаб чиқаришга тадбиқ этиш муаммолари» мавзуидаги II Республика илмий-техник конференцияси. 14-15 май 2010. – Жиззах. – С. 54-56.
13. Рустамов К.Ж. Особенности гидросистемы многоцелевой машины ММ-1 // Ер усти транспорт тизимлари муаммоларига бағишланган илмий-техник конференция. 17-19 май 2007. – Тошкент. – С. 107-112.
14. Рустамов К.Ж., Кучкаров И.И. Особенности гидропривода строительных и дорожных машин. // ТАЙИ, ЎзР автомобил йўллар комплексини ривожлантириш самарадорлиги., 11-12 феврал 2005. – С. 101-104.
15. Рустамов К.Ж., Кучкаров И.И. Техничко-экономическая эффективность машин многоцелевого назначения // Техника юлдузлари ТГТУ 2004г № 4. – С. 83-89.
16. Рустамов К.Ж., Соатов М.М. Инженерний расчёт механизм поворота экскаватора (например ЭО-2621) // Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалиётга тадбиқ этиш муаммолари Республика илмий техник конференцияси Жиззах-2014. – С. 289-291.
17. Рустамов К.Ж., Соатов М.М. Турлича жихозланган ММ-1 машинасининг куч мувозанатини тадқиқ этиш // Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалиётга тадбиқ этиш муаммолари Республика илмий техник конференцияси Жиззах-2014. – 13-15 б.
18. Рустамов К.Ж., Халилов Д.А. Иш ҳолатидаги экскаватор машинасининг қазииш ускунасини кучлар мувозанатини тадқиқ этиш // Республика илмий-амалий анжумани, ТАЙИ (40 йиллик), I-қисм, 8-9 сентябр 2012. – Тошкент. – 211-215 б.
19. K.J. Rustamov, S.I. Komilov, M.S. Kudaybergenov, Sh.X.Shermatov, Sh.Sh. Xudoyqulov. Experimental Study of Hydraulic Equipment Operation Process // E3S Web of Conferences «Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering» (CONMECHYDRO – 2021), Tashkent, Uzbekistan, April 1-3, 2021 y. (№3. Scopus).
20. Рустамов К.Ж., Хусенова Г.Ю. Первичный обзор многоцелевой машины // ECLSS Online 2020с 3rd ECLSS International Online Conference on Economics and Social Sciences Kielce. POLAND July 28- 29, 2020. – С. 332-336.
21. Рустамов К.Ж., Хусенова Г.Ю. Йўл қурилиш машиналари ишлаш самарадорлигида сифат кўрсаткичларини роли // Халқаро конференция. 28-29 июн 2020. – Туркия. – 424-426 б.

«ТДТУ Хабарномаси» илмий-техник журнали таҳририятида таҳрирдан
ўтказилди.

Бичими 21x30^{1/2}. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи: 3,5 Адади 100. Буюртма № 037.

ТДТУ нусха кўпайтириш бўлимида чоп этилган.
Босмахона манзили: Адрес: Тошкент ш., Фарафон 4-тор кўча, 35