

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.Т.03.04
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

РУЗИБАЕВ АЛИШЕР НАРКУЛОВИЧ

**БИР КОВШЛИ ЭКСКАВАТОРНИНГ ИШЧИ ОРГАНЛАРИ
ДЕТАЛЛАРИНИ, КОВШ ТИШЛАРИНИ ЕЙИЛИШГА
БАРДОШЛИЛИГИНИ ОШИРИШ**

**05.02.02 – Механизмлар ва машиналар назарияси. Машинашунослик ва
машина деталлари**

**техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

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

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

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

Рузибаев Алишер Наркулович

Бир ковшли экскаваторнинг ишчи органлари деталларини, ковш тишларини
ейилишга бардошлилигини ошириш 3

Рузибаев Алишер Наркулович

Повышение износостойкости зубьев ковша, деталей рабочих органов одно-
ковшового экскаватора 23

Ruzibayev Alisher Narkulovich

Increasing the wear resistance of bucket teeth, parts of working bodies of a single-
bucket excavator 43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works 47

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.Т.03.04
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

РУЗИБАЕВ АЛИШЕР НАРКУЛОВИЧ

**БИР КОВШЛИ ЭКСКАВАТОРНИНГ ИШЧИ ОРГАНЛАРИ
ДЕТАЛЛАРИНИ, КОВШ ТИШЛАРИНИ ЕЙИЛИШГА
БАРДОШЛИЛИГИНИ ОШИРИШ**

**05.02.02 – Механизмлар ва машиналар назарияси. Машинашунослик ва
машина деталлари**

**техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2020

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.3.PhD/T1813 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Навоий давлат кончилик институтида бажарилаган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tdtu.uz) ва «Ziynet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Шукуров Рустам Уткурович

техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Иргашев Амиркул Иргашевич

техника фанлари доктори, профессор

Ахмедов Азамат Хайитович

техника фанлари бўйича фалсафа доктори

Етакчи ташкилот:

Наманган маҳандислик-қурилиш институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.03.04 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «07» декабрь соат 12⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел./ факс:(99871)227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (184 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел.:(99871)227-10-32).

Диссертация автореферати 2020 йил «01» декабрь куни тарқатилди.
(2020 йил «01» декабрдаги 118 рақамли реестр баённомаси).

К.А.Каримов

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

Н.Д.Тураходжаев

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

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 машинасозлик оғир саноатининг ўсиш суръати ва сифатини такомиллаштириш; меҳнат унумдорлиги ҳамда шароитларини яхшилаш мақсадида муайян даражада механизация воситаларининг техник даражасини ошириш; оғир саноат ишлаб чиқаришининг рақобатбардош техника ва технологияларини яратиш; улар устида чуқур фундаментал тадқиқотлар олиб боришнинг илмий-амалий, техник масалаларни ҳал этиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шунингдек, қурилиш, кончилик ва ер ишларининг сифат кўрсаткичларини ошириш муҳим вазифалардан саналади. Бу борада ривожланган мамлакатлар, жумладан АҚШ, Япония, Германия, Хитой, Англия, Польша, Россия ва бошқа мамлакатларнинг илмий-тадқиқот марказларида ишлаб чиқаришда рақобатбардош техника ва технологияларни яратиш мақсади билан ер ва кончилик ишлари ҳажми салмоғининг ошиб боришини ҳисобга олиб, ер қазिश ва кончилик техникасини сифат жиҳатдан яхшилаш ва ундан фойдаланишнинг самарадорлигини оширишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Жаҳонда ер қазिश ва кон машиналаридан фойдаланишни такомиллаштириш учун экскаватор ковшининг кесувчи элементларининг деталларини оптимал геометрик ҳолатини шакллантириш, грунтга урилиш жараёнида ковшга тушадиган деформация босимини камайтириш, тошли грунтларда горизонтал ва қия ҳаракат траекториясини кесувчи зих шаклини рационал танлаш орқали бартараф этилмоқда. Ковш кесувчи элементларининг кучли даражада ўтмаслашувини, бунинг натижасида экскаватор ишчи ускуналарининг деформациясига олиб келишини бартараф этиш, ковшининг ишчи органлари кесувчи элементларининг чидамлигини ошириш бўйича тадқиқот ишлари натижаларининг таҳлили тадқиқ этиладиган табиий-иқлим ва грунт шароитларининг исботланган таъсирини ҳисобга олиш зарурлигини кўрсатади.

Республикамизда экскаватор тишларининг жадал равишда абразив ейилиши содир бўлишини камайтириш, бунинг эвазига энергетик ва моддий ҳаражатларни камайтиришга, ишчи орган деталларининг оптимал, геометрик шакллари танлашга эътибор қаратилмоқда. Амалиётда кесувчи элементларнинг ейилишини кесиш кучини камайтириш ҳисобига; кесиш жараёнида энергия сарфини қисқартиришга; экскаваторларнинг иш унумдорлигини оширишга; ёқилғи-мойлаш маҳсулотлари сарфини етарли даражада камайтиришга доир қатор тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... иқтисодиётда энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш»¹ вазифаси белгилаб берилган. Ушбу

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони

вазифани амалга ошириш, жумладан кончилик саноати ишлаб чиқариш жараёнларида қўлланиладиган экскаватор ковшининг кесувчи элементларининг ейилишга чидамлилиги юқори бўлган деталларини ишлаб чиқиш муҳим ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятларга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

Муаммони ўрганилганлик даражаси. Жаҳондаги кўплаб олимлар томонидан машина ва механизмлар деталларининг, ер қазувчи машиналарнинг кесувчи элементларининг мустаҳкамлиги, чидамлилиги ва ейилиш бардошлигини ошириш бўйича тадқиқотлар амалга оширилиб, бу йўналишда маълум натижаларга эришилган.

Жумладан, АҚШ олимлари Ж.Т.Барвел, К.Д.Стронг, А.Байер, Германия олимлари В.Н.Тонн и Р.А.Хольмлар ишчи орган деталларининг абразив ейилиши бўйича грунтларнинг физик-механик хусусиятларини ҳисобга олиб, ейилишни камайтириш учун тишларга қоплама ўрнатиш усуллари ишлаб чиқишган. Япония олими Ж.Иошимото, Хитой олимлари Sun Hong, Chang Xiaofang, Wang Shurenлар экскаватор ковш кесувчи элементларининг ейилишга бардошлилигини оширишда ишчи орган деталлари материалларини қаттиқлигини ошириш, машинани ишлаш режимларини оптималлаштириш услубларини ишлаб чиқишган. Англия олимлари В.П.Боуден, Р.Ричардсон, Польша олими М. Хебда ковш ва грунт ўзаро таъсирининг динамик моделларини ишлаб чиқишган. Россия олимлари П.Н.Львов, Ю.В.Ветров, И.В.Крагельский, Ю.И.Густовлар экскаватор ковш тишларининг ейилишга бардошлилигини ошириш учун ишчи орган деталлари кесувчи қисмларининг зарбга чидамли шаклини ишлаб чиқишган. Шунингдек, улар ўзаро динамик таъсирлашувларнинг математик моделларини тақдим этишган.

Ўзбекистон олимлари, жумладан профессор У.А.Икрамов ва унинг шогирдлари ейилиш турига ва материалнинг механик хоссалари жадаллиги ҳамда ейиладиган деталларнинг абразиви ва ишлатиш шароитларига боғлиқлиги даражасини аниқлашган.

С.М.Кадыров, О.В.Лебедев, А.И.Иргашев, Х.Б.Шарипов, Ш.Б.Саидов каби олимларнинг асарлари ейилиш ва ишқаланиш жараёнларини ўрганишга бағишланган бўлиб, улар томонидан ейилиш даврида бардошлиликни

баҳолаш методлари ишлаб чиқилган. В.В.Федоров, К.Х.Махкамов, В.В.Хачатурян, Р.У.Шукуровлар томонидан ишқаланиш жуфтликлари учун гадир-будир юзаларни танлашнинг ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган. Улар томонидан ейилиш жараёнини ҳисоблашнинг энергетик назарияси услубияти ҳам ишлаб чиқилган.

Кейинги йилларда мамлакатимиз ва хорижлик тадқиқотчиларининг назарий ишланмалари асосида тўпланган кенг миқёсдаги тажриба маълумотлари бўйича ишчи органларининг ишончлилиги ва чидамлиги муаммоларини ҳал қилиш соҳасида ривожланишга эришилди. Ушбу тадқиқотлар ишчи органининг турли категориядаги грунтлар билан ўзаро алоқаси жараёнини, ейилиш механизми ва табиатини чуқурроқ тушуниш имконини беради. Тадқиқотларда шу нарса аниқланганки, Ўзбекистон Республикасининг иқлим шароитларида ер қазувчи ва йўл машиналарининг ишлатишда машина ва механизмларнинг иш қобилиятини кескин (мўътадил зоналарга нисбатан 1,5-2 баравар) пасайишига олиб келади, уларнинг 80% абразив ейилиш натижасида сафдан чиқади.

Ҳозирги вақтда чет эл ва юртимиз олимлари томонидан ковш кесувчи элементларининг ўтмаслашуви, бунинг натижасида экскаватор ишчи ускуналарининг деформациясига олиб келишини бартараф этишнинг чоралари тақдим қилинган. Ковшнинг ишчи органлари кесувчи элементларининг чидамлилигини ошириш бўйича тадқиқ этиладиган объектларнинг ейилишга бардошлилигини оширишда табиий-иқлим ва грунт шароитларининг таъсири ҳисобга олинмаган. Грунтнинг юқори даражадаги абразивлиги шароитларида ишлайдиган экскаватор тишларининг ейилишга чидамлилигини ҳисоблаш методикаси ишлаб чиқилмаган. Ейилиш жадаллигига грунтнинг кимёвий таъсири ҳозирги вақтгача тўлақонли ўрганилган эмас.

Ушбу муаммолар ечимини топиш учун тадқиқот объектини ва ейилишга бардошлилик ҳамда ресурсга таъсир қилувчи омилларни асослаш методикасини ишлаб чиқиш; экскаваторларнинг ишлаш жараёни динамикаси даражасининг ишчи органларининг абразив ейилишга бардошлилигига таъсирини асослаб бериш; грунтнинг юқори даражадаги абразивлиги шароитларида ишлайдиган экскаватор тишларининг ейилишга чидамлилигини ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқиш устида назарий ва амалий тадқиқотлар ўтказиш муҳим ҳисобланади.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасидаги илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги.

Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик институтининг илмий тадқиқот ишлари режасига мувофиқ № АЗ-045-«Ишчи ускуналарининг динамик параметрларини тадқиқ қилиш ва карьер экскаваторлари ковши тишларининг конструкцияси ва ишлаб чиқиш технологиясини такомиллаштириш» мавзусидаги лойиҳалари доирасида амалга оширилди.

Тадқиқотнинг мақсади экскаватор ковш тишларини ейилишга бардошлилигини, ковш тишларининг геометрик параметрларини такомиллаштириш йўли орқали оширишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

- назарий тадқиқотлар асосида экскаватор ковши тишларининг уч қиррали пона шаклидаги конструкциясини ишлаб чиқиш;
- тадқиқот объектини ва ейилишга бардошлилик ҳамда ресурсга таъсир қилувчи омилларни асослаш методикасини ишлаб чиқиш;
- экскаваторларнинг ишлаш жараёни динамикаси даражасининг ишчи органларининг абразив ейилишга бардошлилигига таъсирини асослаб бериш;
- абразив ейилиш тўғрисидаги мавжуд назарияларни таҳлил қилиш асосида назариянинг математик моделини, экскаватор ковши тишларининг кесувчи элементлари деталларининг ишлаш жараёни формализациясини ишлаб чиқиш;
- грунтнинг юқори даражадаги абразивлиги шароитларида ишлайдиган экскаватор ковш тишларининг ейилишга бардошлилигини ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқиш;
- тадқиқот натижаларининг иқтисодий самарадорлигини баҳолаш.

Тадқиқот объектлари кесувчи элементларининг деталлари бўлиб, экскаватор ковши тишлари ҳисобланади.

Тадқиқот предмети экскаватор кесувчи органларнинг ейилишга бардошлигини ҳисоблашнинг назарий асосларини такомиллаштириш ва шулар асосида ковш тишларининг ейилишга чидамли бўлган мақбул конструкциясини яратишни ташкил қилади.

Тадқиқотнинг усуллари машина деталларининг ейилиши назариясининг классик услубларидан фойдаланган ҳолда амалга оширилди. Абразив ейилиш назарияси математик моделлаштиришдан фойдаланишга, ишчи органларининг муҳит билан ўзаро алоқасига асосланади. Тадқиқот усуллари шунингдек, тизимли ёндашувни, ҳисоблаш техникасини ва ҳисоблаш математикаси усулларини қўллашни ўз ичига қамраб олади.

Экспериментал тадқиқотлар стендларда ва ишлатиш шароитларида стандарт услубларни қўллаб замонавий метрологик асбоб-ускуналардан фойдаланиб ва тажрибани режалаштириш услубларини жорий этиш билан амалга оширилди.

Тадқиқотларнинг тажриба услуби, ишлатиш жараёнларида олинган натижаларнинг ишончлигини таъминлаб, ейилишга чидамлилик тўғрисида кўп сонли тажрибаларда кенг маълумотларни олиш имкониятини беради.

Қуйидагилар тадқиқотнинг илмий янгилиги ҳисобланади:

- ЭКГ-5А русумли экскаватор ковшининг тажриба нусха тишларини тайёрлаш технологияси грунт билан тиш орасидаги ҳосил бўладиган кучланиш асосида ишлаб чиқилган;
- ЭКГ-5А русумли экскаватор ковши тишларининг уч қиррали конструкцияси ҳосил бўладиган зўриқиш кучларини тенг тақсимланишини таъминлаш асосида ишлаб чиқилган;
- ковш тишларининг иш жараёни динамиклик даражаси инobatга олинган ҳолда ейилиш параметрларини ҳисоблашнинг математик модели ишлаб чиқилган;

- экскаватор тишларининг ейилишга бардошлилигини ҳисоблаш усуллари материалларнинг ейилиш назарияси асосида такомиллаштирилган;
- ковшининг кесувчи элементларининг конструкцияси ейилиш назарияси асосида ишлаб чиқилган;
- экскаватор ковш тишлари кесувчи қисмининг геометрик параметрлари ва шакллари зарбда ҳосил бўладиган уринма кучларнинг йўналиши асосида такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагиларда ифодаланеди:

- экскаватор ковши тишларининг рационал конструкцияси асослаб берилди ва ишлаб чиқилиб, у уч қиррали пона шаклида бажарилган. (Патент № FAP 01419).

- ишлаб чиқилган услуб ва алгоритмдан, моделлардан фойдаланиш натижасида ейилишга бардошликни лойиҳалаш босқичида прогноз қилишга, конструкторлик ечимларининг экскаватор ковши тишларининг ейилишга бардошликка таъсирини баҳолаш имкониятини беради. Тадқиқотлар асосида кесувчи элементларнинг юқори даражада ейилишга бардошлилиги ва унумдорлиги ҳамда кесиш учун энергия сарфининг пастлиги, ишлатиш доирасига боғлиқ ҳолда экскаватор ковши тишларининг рационал ейилишга чидамли шакллари танлаш учун тавсиялар берилади.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги, масалани математик жиҳатдан тўғри қўйиш экскаваторлар ишлайдиган грунт билан унинг тишларининг ўзаро алоқаси асосида, ишқаланиш ва ейилиш назариясининг замонавий услублари ва ЭҲМ дастурларини қўллаш, ейилишни сифатли тадқиқ қилиш услубларининг ривожланиши ва экскаватор тишларининг ишлаб чиқилган мақбул конструкциясининг синовида олинган ижобий натижалар билан асосланади. Қурилиш объектларида бевосита ўтказилган тадқиқот экспериментларининг зарурий ҳажми билан аниқланилади. Тизим элементлари параметрларининг тахминан 0,90 ва 0,95га ва нисбий оғиши 15... 20% аниқланилади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти:

Диссертацион ишнинг тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундан иборатки, тошли грунтларда кавлаш (кесиш) жараёнини формализацияси имкониятини берувчи назарий асосларини такомиллаштириш бўйича тадқиқотларни янада ривожлантириш тушунтирилган. Экскаватор ковш тишларининг ейилишга бардошлилигини ошириш муаммосини ҳал қилишга қаратилган. Услубий ёндашувни шакллантириш, турли ишлатиш шароитларида, тошли грунтларда кенг фойдаланиш учун ковш тишларининг мақбул бўлган уч қиррали янги конструкциясини ишлаб чиқиш имконини берди. Ишлаб чиқилган дастурий маҳсулотлар ва олинган патент (экскаватор ковшининг тиши)дан фойдаланиш ер қазувчи машиналарнинг кесувчи элементларини лойиҳалаштиришда ейилишга чидамликни ошириш ва харажатларнинг тежалиши асоси бўлиши мумкин.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши:

Бир ковшли экскаваторнинг ковш тишларини ейилишга бардошлилигини ошириш учун, экскаватор ковш тишларининг кесувчи қисмларини геометрик параметрларини ва шаклларини такомиллаштириш бўйича олинган натижалар асосида:

- ЭКГ-5А русумли экскаватор ковши тажриба нусха тишларини тайёрлаш технологияси “Навоий КМК” ДК “№1 гидрометаллургия заводининг кон бошқармаси”га жорий қилинган (“Навоий кон-металлургия комбинати” давлат корхонасининг 2020 йил 13 июлдаги 02-06-07/7686-сон маълумотномаси). Натижада, ковш тишларини ишлаб чиқаришда энергия сарфини 8-10% камайтириш имконини берган;

- ЭКГ-5А русумли экскаватор ковши тишларининг уч қиррали шакли конструкцияси “Навоий КМК” ДК “№1 гидрометаллургия заводининг кон бошқармаси”га жорий қилинган (“Навоий кон-металлургия комбинати” давлат корхонасининг 2020 йил 13 июлдаги 02-06-07/7686-сон маълумотномаси). Натижада, ковш иш ресурсини 1,2-1,25 баравар ошириш имконини берган;

- ковш тишларининг иш жараёни динамиклик даражаси инobatга олинган ҳолдаги уларнинг ейилиш параметрларини ҳисоблашнинг математик модели “Навоий КМК” ДК “№1 гидрометаллургия заводининг кон бошқармаси”га жорий қилинган (“Навоий кон-металлургия комбинати” давлаткорхонасининг 2020 йил 13 июлдаги 02-06-07/7686-сон маълумотномаси). Натижада, экскаватор ишчи органининг 18-20% абразив ейилишини келтириб чиқарадиган динамиклик даражасини ҳисобга олган ҳолда ишчи органнинг ейилишини башорат қилишни тезлаштириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси:

Диссертациянинг тадқиқот натижалари 9 та, жумладан 7 та халқаро ва 2 та Республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг чоп этилиши:

Диссертация мавзуси бўйича жами 20 та илмий иш чоп этилган, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 9 та мақола, жумладан, 5 таси Республика ва 5 таси хорижий журналларда ва 1 та Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал Мулк Агентлиги томонидан фойдали моделга патент олинган. (Патент № FAP 01419)

Тадқиқот натижалари ўқув жараёнида “Кон машиналарининг назарияси, ҳисоби ва лойиҳалаш”, “Кон машиналарининг ишончилиги” ўқув фани бўйича маъруза машғулотларини ўтишда фойдаланилади.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми: Диссертация иши кириш, тўрт боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 129 варақни ташкил қилади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзуси бўйича ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурияти асосланган, Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқот мақсади ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предметлари аниқланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, уларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга жорий қилинганлиги, ишнинг апробация натижалари, эълон қилинган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «Ўрганилаётган масала ҳолати ва тадқиқот вазифаларини формализовкаси» деб номланган биринчи бобда грунтнинг механик таркиби ва шағал-тош аралашмаларининг мавжудлиги ковш тишларининг жадал равишда ейилишининг асосий омиллари белгиланган. Республикамиздаги грунтлар таркиби таҳлили келтирилган.

Юқори абразив тошли грунтларда ишчи органларининг нотекис ҳолатда ишдан чиқиши ишчи жараёнининг динамикаси даражаси ва ишчи органининг юза қисмига грунтнинг турлича босими, шунингдек контактга киришувчи қисмларнинг сирпаниш тезлиги ва тезланиши таъсири билан белгиланади.

Ишчи органлари конструкциясини, уларнинг геометрик кўрсаткичларини, шунингдек иш режимларини танлаш фақат машинанинг бутун ишчи жараёнининг ва биринчи навбатда ишчи органлари зихи билан грунтларни бузиш вақтидаги жараённинг физик моҳияти ва механикасининг таҳлили асосида амалга оширилиши таъкидланган.

Ишчи органининг кесувчи зихининг ҳолати, унинг ўтмаслашуви натижасида ўтмаслашиш даражаси ва шакли билан белгиланади. Кесиш зихи ва тишларнинг ейилишини камайтириш учун, уларнинг ўткирлик бурчагини нам пластик грунтлар учун $20-22^\circ$ ва қаттиқ тошли грунтлар учун $22-25^\circ$ дан кам бўлмаслиги лозим. Айниқса ковшнинг горизонтал ва қиялама траекторияларида кесувчи зихи шакли кучли қазил қаршилиқ таъсирига грунтга урилиш зарби ва ковшга тушадиган грунт деформацияси жараёнида учраши мумкин.

Тиш ўлчами шаклининг ўзгаришида экскаватор ковши тишларининг ейилиши ковшнинг грунт билан меъёрий таъсирлашувини бузади. Ковш янги тишлар билан, ейилганига нисбатан тезроқ тўлдирилади, экскаватор эса бир маромда ишлайди. Ковшнинг ейилган ва ўтмаслашган тишлари билан ишлаши экскаваторнинг самарадорлигини пасайтиради ва экскавация учун энергия сарфи ортади.

Ковш тишларини танлашда катта аҳамият бериш лозим. Шакли, конструкцияси ва материални ҳисобга олиш шарт. Тишлар шакли танланган материалга мос бўлиши, конструкцияси эсаюклама динамикаси учун қулай шароитни таъминлаши, етарли даражада ейилишга бардошли бўлиши ва

ейилган деталларни тез алмаштириш имконини бериши ва экскавация жараёнининг энергия сарфи кам бўлишини таъминлаши лозим. Тишларнинг материали ишланадиган қоятош грунтларини қаттиқлиги ва абразив хоссаларига мос бўлиши шарт.

Диссертациянинг «Экскаватор ишчи органлари билан тошли грунтларни кесиш жараёнини назарий тадқиқ қилиш» деб номланган иккинчи бобида грунтларни қазиишнинг замонавий назариясининг негизи ҳисобланган асосий назарий қоидалар металлларни кесиш назариясидан олинган бўлиб, бунда кейинги ўн йилликларда фаннинг мазкур соҳаси кучли ривожланганлиги инобатга олинган. Металлар ва грунтлар орасида ўтказилган аналогия ўзининг чуқур назарий асосларига эга бўлиб кўп сонли экспериментал тадқиқотлар билан тасдиқланган.

Экскаватор тишлари билан грунтни ковлаш вақтида мураккаб жараёнлар кечишини ҳисобга олиб, узлуксиз бўлмаган динамик модел эмас балки ҳодисалар мантиқий изчиллигининг алоҳида фрагментларини формализация қилиш имконини берадиган дискрет фазали модель таклиф қилинади.

Тўкма грунтлар учун жараённи бундай формализация фақат биринчи яқинлашув сифатида қўллаш мумкин. Таклиф этилаётган жараённи схематизация қилишнинг асосий афзаллиги - грунтлар ва тоғ жинслари хоссаларининг турлича бўлсада, умумий принципга эга бўлишидир. Бундан бошқа у акс вазибаларни – экскаваторларнинг кесувчи асбобларининг ейилиш қонуниятларини ўрганиш ва асослаш вазибаларини ечиш имконини беради.

Экскаваторларнинг чидамлилиги ва самарадорлигини ошириш уларнинг ковши тишлари кўпроқ заиф ва кучсиз (ейилишига чалинувчан) элементлари эканини ҳисобга олиб, уларнинг функционал вазибаларини ажратиб олиш ёки формализация қилиш зарур ва белгиланган кўрсаткичларига етишини кўпроқ таъминлайдиган омилларни аниқлаб олиш зарур.

Тошли грунтларни (абразив зарралар) кўчириш қонуниятини ўрганиб ушбу шароитларда ишлатиш учун, экскаватор тишларининг ейилишга бардошли ва чидамлироқ бўлган ўлчами, шакли ва геометрик кўрсаткичларини танлаш мумкин.

Уч қиррали пона шаклидаги тиш жинсга фаол гўё унга катта солиштирма босим билан ботирилади, лекин кичик қаршилиқ билан киритилади ва яна кўчирилиш орқали кесувчи зихнинг узлуксиз кесиш ҳаракати билан жинсни парчалайди. Олдиндаги уч қирра ва ён қирралар тиш усти ва остида жинс зарраларини аралаштиради ёки тишлар ҳаракати доирасидан чиқариб юборади ёхуд уларни ишланадиган жинснинг камроқ зичликдаги қатламларига суриб босади. Жинсни парчалаш вақтида вертикал жойлашган учинчи қирра жинсни тўзғитувчи ролини бажаради, шунингдек абразив зарраларининг ҳаракат траекториясини ўзгартиради ва тишнинг ковш билан ҳаракати барқарорлигини таъминлайди.

Таклиф қилинаётган конструкцияда, зўриқиш ковш тишининг янада мустаҳкамроқ йўналиши бўлган бурилишида қабул қилиниши унинг ейилишга чидамлигини ошириш билан бирга грунтнинг массивдан

ажралишидаги қаршиликни камайтиради ва тошли грунтлар ҳамда, жинсларга жорий қилишда жараённинг энергия сарфини пасайтиради. Ишлаб чиқариш самарадорлиги ортади.

Ишчи органларининг ишлаш жараёнидаги динамикаси даражасининг уларнинг абразив ейилишига таъсирини баҳолаш бирқовшли экскаваторлар қовшлари ва тишлари мисолида кўриб чиқиш мақбул ҳисобланади.

Абразив ейилишга сабаб бўладиган юкламалар динамиклиги даражасини аниқлаш учун, эталон материал сифатида абразив ейилиш шароитларида ишлайдиган машиналар ишчи органларини ясашда кенг қўлланиладиган ва наклепни яхши қабул қиладиган 110Г13Л пўлатидан фойдаланилади. K_d абразив ейилишга олиб келувчи юкламаларнинг динамикаси коэффицентини аниқлаш учун, эталони сифатида ушбу материалнинг танланишига сабаб 110Г13Л юқори марганецли пўлатининг наклепи ўлчами унинг, абразив ейилишига олиб келувчи юкламаларнинг динамикаси даражасига боғлиқ бўлади.

Шундай қилиб абразив ейилишга сабаб бўладиган юкламаларнинг динамиклик даражасини биринчи яқинлашувда K_d коэффиценти билан баҳолаймиз, уни қуйидаги формула билан аниқланади.

$$K_d = \frac{H_1}{H_2}, \quad (1)$$

Бу ерда H_1 —ўрнатилган ейилиш жараёнида 110Г13Л пўлати қаттиқлиги, H_2 —ейилишгача 110Г13Л пўлати қаттиқлиги, H_2 Nm^2 ;

H_2 —ейилишгача 110Г13Л пўлати қаттиқлиги, Nm^2 .

K_d ёрдамида абразив ейилишни келтириб чиқарувчи юкламалар динамикасининг характеристикаси турли шароитларда ишлайдиган экскаваторлар тишларини тадқиқ қилиниши асосида 1-жадвал маълумотлари бўйича ўтказилиши мумкин.

1-жадвал

Юклама турлари	Юкламалар динамиклиги коэффиценти, K_d	Пўлат наклепи ўлчами 110Г13Л, NB
Енгил зарбсиз	1,0	190
Ўртача, заиф зарблар билан	1,0-1,5	190-350
Оғир, кучли зарблар билан	1,6-2,0	360-500
Жуда оғир жуда кучли зарблар билан	>2,1	>500

Абразив ейилиш жараёнини математик моделлаштириш ер қазий машиналарининг ишчи органлари кесувчи органларининг чидамлилигини прогнозлаштириш ва ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқиш мақсадида амалга оширилади. Бунда кесувчи элементларнинг ейилиши жараёни ўзгарувчан кўрсаткичлар ҳолати ва вақт давомида ташқи абразив муҳитнинг таъсири билан ўзгариб турувчи мураккаб динамик тизим сифатида кўрилади. Аввалдан маълум бўлган: $Z_{ij} = c_{ij} \cdot n$ кесувчи элемент шакли ва ўлчамлари, $\Psi_i = O(p)$, функция билан ифодаланади. Элемент материали ейилиши қонунияти

ва материалнинг энергетик ҳолатининг ишқаланиш коэффициентини ўзгаришига, шунингдек солиштирма юкламага боғлиқлиги.

Қўйилган масалани ечиш учун кесувчи элементни эгри, олдинги ва орқа юзаларини чекловчи, узел нуқталари бўлган координатали ихтиёрый танланган интервал орқали қатор бўлақларга бўламиз. (1-расм.):

$$\rho_j = j\Delta\rho; \quad z_{ij} = \psi_I = 0(\rho_j); \quad (2)$$

ёки
$$z_{ij} = c\rho_{ij}^n, \quad (3)$$

бу ерда c ва n - даража коэффициенти ва кўрсаткичи; (понасимон тишлар учун $c=3,5$ ва $n=1$; ковшининг уч қиррали тишлари учун $c=2,4$ ва $n=1,3$).

Ейилиш вектори нормал бўйича тиш юзасига йўналтирилган деб ҳисоблаймиз, солиштирма юклама қийматини топамиз

$$p_{ij} = p_i(\rho_j) = p_{zi}(\rho_i) \cos^2 \left(\arctg \frac{z_{ij} - z_{ij-1}}{\Delta\rho} \right) \quad (4)$$

ва тиш ейилиши j -нуқтадаги қадам δt :

$$\delta h_{ij} = J(p_{ij})V\rho_j\delta \cdot t, \quad (5)$$

бунда, j - нуқтадаги бир қадам учун i – профили учун ейилиш ўлчами ва йўналиши векторини координатасини бўлиб, $i+1$ чи ҳолати учун координаталарни белгилаш қийин эмас.

Бу ҳолда тенглама қуйидаги кўринишни олади (5):

$$\delta h_{ij} = J_{ij}L_jH_j\delta \cdot t, \quad (6)$$

Бу ерда δh_{ij} – ейилишнинг кичик ўлчами, мм;

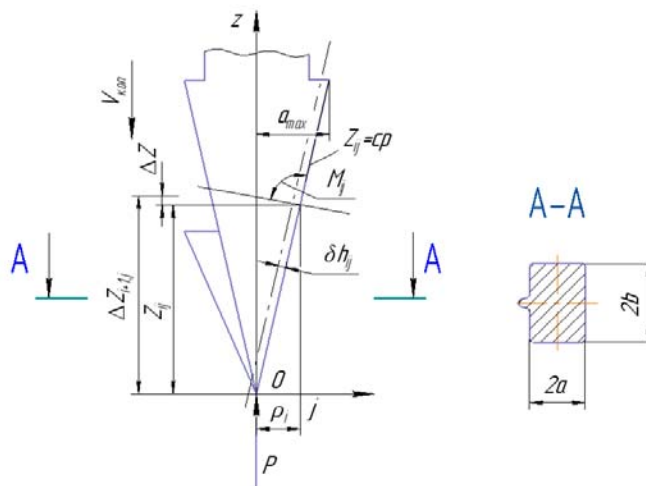
J_{ij} – ейилиш интенсивлиги;

L_j - ишқаланиш йўли (кесиш ёки қазилар йўли), мм;

H_j – туташган абразив зарраларининг вақт бирлигида кесувчи элемент билан ўзаро таъсири (грунтнинг турига боғлиқ ҳолда);

δt - охириги кичик вақт оралиғи, соат;

j – узел нуқтаси номери.



1-расм. Ейилишда тишнинг шакли ўзгаришини ҳисоблаш схемаси

Юклама сабабли ишқаланиш юзасидаги босимни ва кесувчи элемент шаклини аниқлаш бўйича масалани ечиш ҳар бир ҳолат учун ейилиш қонунияти асосида ва қуйидаги кўринишда бўлади:

$$q_{ij} = \frac{P}{4} a_{ij} b_{ij} \sum_{j=1}^{M_1} \cos\left(\arctg \frac{z_{ij}}{\rho_{ij}}\right), \quad (7)$$

бу ерда q_{ij} – ишқаланиш юзасидаги босим, Па;

P – тиш кесувчи зихига тушадиган зўриқиш, Па;

a_{ij} , b_{ij} – тишнинг геометрик параметрлари (кенглиги ва қалинлиги), мм;

i – ҳолатнинг тартиб рақами;

j – узел нуқтаси номери.

Ер қазииш машиналарининг кесувчи органлари шакли ҳар бир ҳолат учун дискрет нуқталари билан юзага ёзиб борилади (расм. 1).

Ишқаланиш юзаси бузилишининг толиқиш табиати асосида олинган абразив ейилиш жадаллиги қуйидаги формула бўйича ҳисобланиши мумкин:

$$J_{ij} = \frac{2h_{ij}^2 n_a \left(\frac{d}{2} - \frac{1}{3} h_{ij} \right)}{A_{ai} K_d K_T V_k \Delta t_k}, \quad (8)$$

A_{ai} – контактнинг номинал майдони, мм²;

K_T – материал ва абразив қаттиқлигининг нисбати коэффиценти;

K_d – динамика коэффиценти

Ишлаб чиқилган математик модель ер қазииш машиналарининг турли типлардаги кесувчи элементларининг (экскаватор ковши тишлари в.х.) геометрияси, конструктив хусусиятлари, материал турлари ва абразив муҳит, муайяништириш шароитлари учун юкламаларнинг кўрсаткичларига боғлиқ равишда ейилишга бардошлиликни ҳисоблаш имкониятини беради.

Диссертациянинг «Тажриба тадқиқотлари услубияти» деб номланган учинчи бобида тажриба тадқиқотлар дастури бўйича қуйидагилар кўрилади:

- экскаваторлар ковшининг ишчи қисмлари моделларининг грунтда ўзаро алоқасини стенд орқали ўрганиш; асосий конструктив кўрсаткичларнинг грунтни қатламлаб парчалашдаги зўриқиши ўзгаришининг тасодифий жараёни статистик характеристикасига таъсирини, парчаланиш изларининг кўндаланг кесишган майдонини, жараённинг энергия сарфини баҳолаш;

- ГОСТ-12910-79 га мувофиқ тўғри курак шаклидаги тажрибадаги тиш билан жиҳозланган бир ковшли ЭКГ-5А ва ЭКГ-8И экскаваторининг ишлаб чиқариш синовлари.

Стенда тажриба тадқиқотларни ўтказишда физик моделлаштириш усулини қўллаш, тадқиқот ўтказиш вақтини сезиларли даражада қисқартиришга имкон берди ва моддий харажатларни камайтирди.

Кесувчи элементларни тадқиқ қилишда физик моделлаштириш методи билан муҳитнинг мустаҳкамлиги хусусиятлари ва тажрибаларни режалаштиришни ўзгариши билан амалга оширилди.

Тадқиқотларни ўтказишда уч қиррали тишнинг 1:10 масштабда бажарилган модели натурадаги (ҳақиқий) тишнинг қуйидаги асосий геометрик кўрсаткичлари билан жорий қилинди:

тиш кенлиги – 15 мм;

кесиш бурчаги – 38° ;

ўткирлик бурчаги – 24° ;

тиш узунлиги – 90мм;

тиш оғирлиги – 320 г.

Ўзи ёзувчи асбоб тасмасида зарблар кўринишида олинган маълумот ва кесувчи элементлар моделлари билан, грунтни кўпориш изларини ўлчаш натижалари дискрет шаклни узлуксиз ёзиб олиш статистик усуллар ёрдамида ишлаб чиқилди.

Кесувчи элементлар моделлари билан, грунтни кўчириш жараёнининг тажриба тадқиқотлари бир неча босқичда ўтказилди.

Грунт каналида ўтказилган лаборатория тадқиқотлари турли масштабдаги ишчи органлари билан, грунтлар мустаҳкамлигини ўзгартирмасдан физик ҳолатга яқин шароитда ёки ускунанинг линия ўлчамлари геометриясига амал қилиб, грунтларни кесишда ўрганиладиган шароитларини таъминлаш вазифасини ҳал қилиш мақсади амалга оширилди.

Таркиби бузилмаган грунтларда ўтказилган тажрибалар моделлаштиришнинг турли шароитларида грунтларни ишчи органларининг моделлари билан кесиш жараёни боришини тавсифини белгилайдиган эталон боғлиқликни аниқлаш мақсадида ўтказилди.

Таққослаш учун ишлаб чиқаришда бўлган ЭКГ-5А ва ЭКГ-8И экскаваторлари модели ва ковши тишининг периметри уч қиррали шаклдаги кесувчи органлари моделидан фойдаланилди.

Экспериментал тадқиқотларда қўлланиладиган ускуналар ва аппаратуралар.

Натурал намуналарда ўтказилган тажриба тадқиқотларда датчик ва ўлчовлар тизимига эга бўлган ЭКГ-5А экскаваторининг ишчи органларидан фойдаланилди, ишлаб чиқилган методика бўйича синовлар ўтказилди. 2-расмда экскаватор ковши ишчи органининг уч қиррали тишини синов ускуналари комплекси тасвирланган. Ишчи тензометрик ускунаси сифатида стандарт сигналларни кучайтирувчи тензодатчик УТ4-1 ва Н-3020 ўзи ёзувчи асбобидан фойдаланилди. (3-расм)



2-расм. Физик моделлаштириши
стенди умумий кўриниши



3-расм. Ўлчов аппаратураси



4-расм. Эталон тишларининг
лаборатория модели



5-расм.. Уч қиррали тишларининг
лаборатория модели

Эталон сифатида понасимон профилдаги ва уч қиррали пона шаклидаги тишлардан фойдаланилди (4-расм, 5-расм.). Тишларнинг барча моделлари меъёрлаштирилган Пўлат 40дан тайёрланди.

Коррелция жадвалининг вертикал устунлари ва горизонтал қаторлари сонларини жамлаш тегишли равишда схемалаштирилган жараённинг максимум ва минимумларини тақсимлаш орқали олинди. Схемалаштирилган тебранишлар бўйича кучланиш амплитудаси тақсимоти жадвал диагонали бўйлаб жойлашган қаторлар сонларини қўшиш орқали олинди. (чапдан пастга, тўғрига). Иккинчи диагональ бўйича (чапдан юқори, ўнгга) яримциклларнинг ўртача кучланишлари тақсимотини олинди. (6-расм.)

Модел грунтини кесишдаги босимни тензометрлаштириш натижасида, понасимон кескич учун кесиш қаршилиги 62...65Н, “уч қиррали пона” типдаги кескич учун - 47...52Н ташкил қилди.

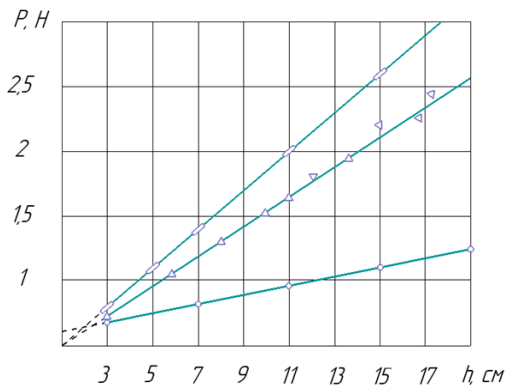
Олинган маълумотларни таққослаш эталон кескичга нисбатан, “уч қиррали понасимон” кескичда кесиш қаршилиги тегишли равишда 1,2... 1,26 мартага камаяди.



6-расм..Тишларнинг лаборатория моделлари учун кесии қаршилиги кучининг осциллограммаси.

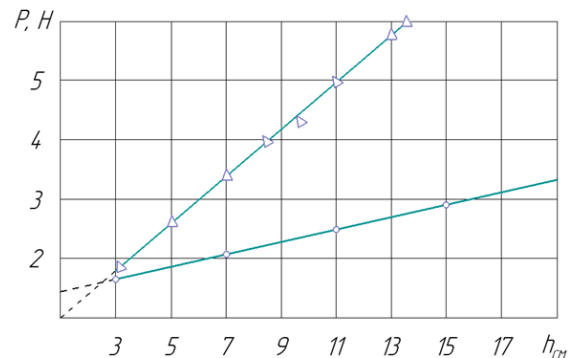
Тишларнинг грунт каналидаги синови натижалари 7- ва 8- расмларда келтирилган. Алоҳида ва жуфтлашган тишлар билан ишлаганда қазиишга нисбатан горизонтал қаршилиқ кучларининг қазииш чуқурлигига боғлиқлиги аниқланди.

Турли типлардаги тишларнинг ишлатилишида горизонтал бўлган қийматларни таққослашда, агар уч қиррали тиш билан қазииш амалга оширилса қазииш чуқурлигига боғлиқ равишда қазииш қаршилиги 1.2...1,8 мартага камаяди.



7-расм. Горизонтални ташкил қилувчи P нинг қазииш чуқурлиги h га боғлиқлиги (битта тиш билан):

- текис пичоқ
- понасимон тиш;
- уч қиррали тиш.



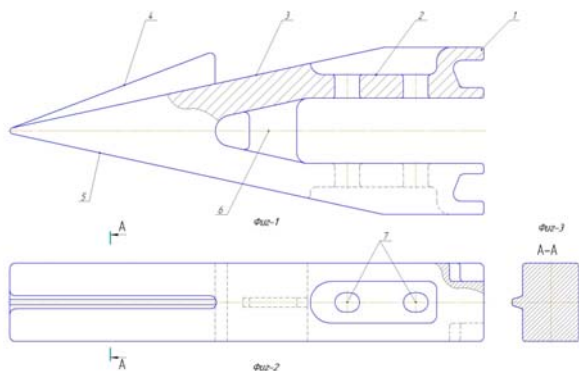
8-расм.. Горизонтални ташкил қилувчи P нинг қазииш чуқурлиги h га боғлиқлиги (иккита тиш билан):

- понасимон тиш;
- уч қиррали тиш.

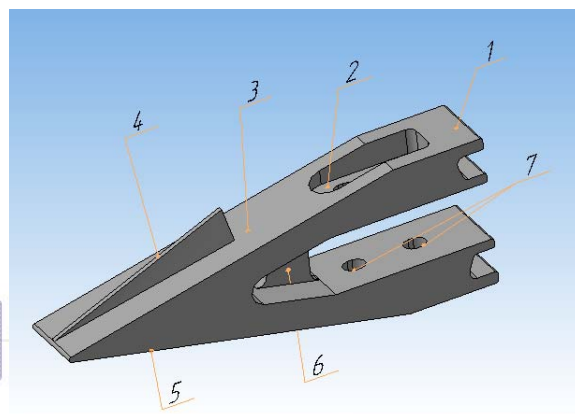
Диссертациянинг «Экскаватор ковш тишларининг ейилиш бардошлилиги ва ресурсини тадқиқ қилиш. Иқтисодий самарадорликни баҳолаш» деб номланган тўртинчи бобида: Таклиф қилинаётган уч қиррали тишнинг вазифаси бир ковшли экскаватор тишининг ейилишга чидамлилиги ва иш қобилиятини ошириш ҳисобланади.

Таклиф этилаётган конструкция дастлабки ҳисоб-китобларига кўра тишларнинг ейилишга бардошлилиги мақбул шакл туфайли 1,2.... 1,5 марта ортади, тошли грунтларни қазиишда кесувчи органи қаршилиги камаяди. Тоғ жинсларига киритиш 20-30% ортиши НКМК 1-ГМЗнинг «Аристантау» карьердаги эксплуатация синовлари ва жорий қилиш тўғрисида № 02-06-07/7686 маълумотнома билан тасдиқланади.

9, 10-расмларда экскаватор ковшининг яратилган уч қиррали тишининг ишчи чизмаси ва умумий кўриниши 3D форматда берилган.



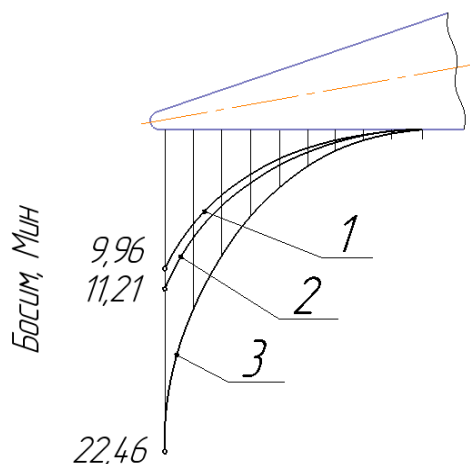
9-расм. Экскаватор ковшининг уч қиррали тиши.



10-расм. Экскаватор ковшининг ишлаб чиқилган уч қиррали тишининг 3D умумий кўриниши.

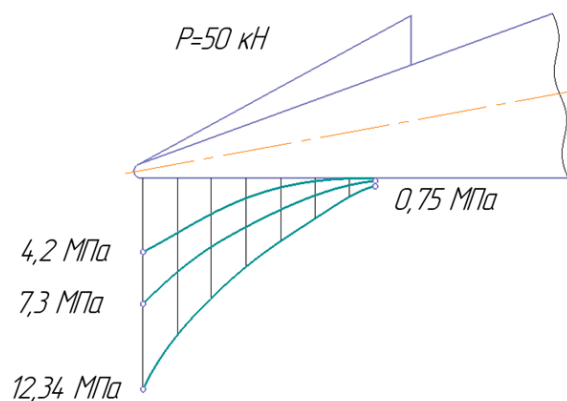
Ҳисоблашлар “уч қиррали пона” типдаги тишнинг кесувчи зихи яқинидаги босим понасимон тишга нисбатан 1,2...1,5 марта кам бўлишини кўрсатади (11-расм, 12-расм). Бу ҳолат мақбул геометрияга эга бўлган тишлар ейилиши жадаллигининг паст бўлишига хизмат қилади. Шундай қилиб “уч қиррали пона” типдаги тишнинг орқа юзасида босимнинг бир текис тақсимланиши ва паст бўлиши унинг понасимон тишга қиёслагандаиш қобиляти ва чидамлигини узоқроқ сақлаш шароитини яратади.

$$P=50\text{кН}$$



11-расм. Турли ҳолатлардаги понасимон тишнинг орқа ишқаланиш юзасидаги босимни ўзгариши:

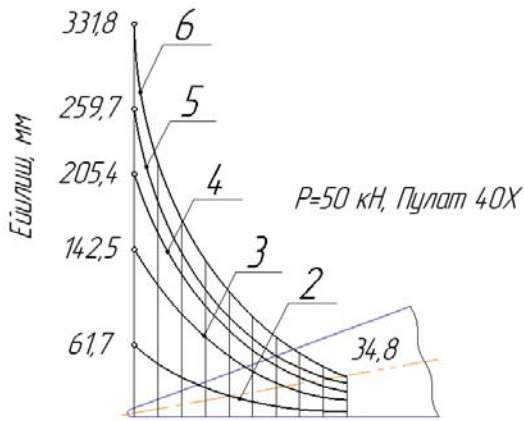
1-учун $i=61$; 2-учун $i=601$; 3-учун $i=1141$.



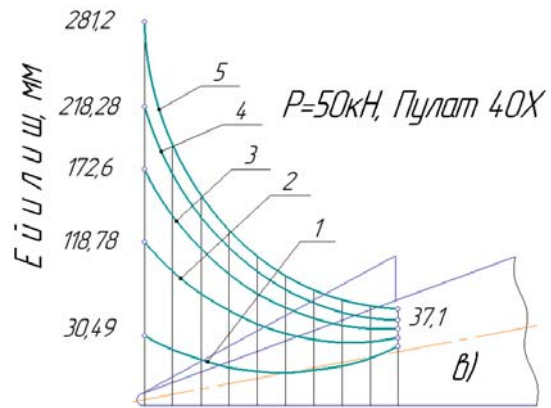
12-расм. Юкламага боғлиқ ҳолда уч қиррали тиш моделида ишқаланиш орқа юзасидаги босимнинг ўзгариши

Ейилиш жараёнида мақбул геометрияли шаклдаги тишларнинг ўзгариши (14-расм.), понасимон тишлар ҳолатига нисбатан ишқаланиш юзаси бўйлаб ейилишнинг бир текис тақсимланиши билан тавсифланади (13-

расм.). Тишнинг ейилиши кесувчи зихига тушадиган зўриқишга боғлиқ эканлиги 14- расмда берилган.



13-расм. Ишлаш вақтидаги ейилиш жараёнида понасимон тиш шаклининг ўзгариши:
1-120соат.; 2-360соат.; 3-600соат.;
4-840соат.; 5-1080соат. 6-1200соат.



14-расм.. Ишлаш вақтидаги ейилиш жараёнида уч қиррали модел кесувчи қисми шаклининг ўзгариши:
1- 120 соат.; 2-360 соат.; 3-600 соат.;
4-840 соат.; 5-1200 соат

“Уч қиррали пона”ли тишнинг ейилишини кесувчи зихнинг геометрик ўлчамлари ўзгариши бўйича баҳоланди.

Экскаватор ковши тишларининг синовини НКМК 1-ГМЗ “Аристантау” карьериди ўтказиш кўзда тутилди. Тишларнинг ейилиши ўлчаш, уларнинг қисқариши (Δl) бўйича нисбий ўзгармас база билан микрометрлаш методи билан $\pm 0,1$ мм оғиш билан амалга оширилди.

Ковшининг ҳажми $5,0 \text{ м}^3$ бўлган экскаваторларда синов вақтида ишнинг машина вақтини (T) қайд қилинди кейин тишнинг ейилиш тезлиги ҳисоблаб чиқилади.

$$V_c = \frac{\Delta l}{T} = \frac{170}{300} = 0,56 \text{ мм/с} \quad (9)$$

$$V_o = \frac{\Delta l}{T} = \frac{136}{300} = 0,45 \text{ мм/с} \quad (10)$$

Ковши ҳажми $5,0 \text{ м}^3$ экскаваторларда синов вақтида ишланган жинс миқдори назорат қилинди (W) ва ейилиш суръати ҳисоблаб чиқилади.

$$\tau_c = \frac{\Delta l}{W} = \frac{170}{52536} = 0,0032 \text{ мм/м}^3 \quad (11)$$

$$\tau_o = \frac{\Delta l}{W} = \frac{136}{53244} = 0,0025 \text{ мм/м}^3 \quad (12)$$

Тишларнинг конструкциявий ейилишга бардошлиги серияли ва тажриба тишларининг ейилишининг тезлиги ёки суръатининг нисбати сифатида ҳисоблаб чиқилади.

$$E_v = \frac{V_c}{V_o} = \frac{0,56}{0,45} = 1,24 \quad (13)$$

$$E_r = \frac{\tau_c}{\tau_o} = \frac{0,0032}{0,0025} = 1,28 \quad (14)$$



15-расм. Эскаватор ковшининг понасимон кўринишдаги тишини ишлатиш синовларидан кейинги ейилиши ўлчами ва характери.



16-расм. Эскаватор ковшининг уч қиррали кўринишдаги тишининг ишлатиш синовларидан кейинги ейилиши ўлчами ва характери.

Эскаваторнинг понасимон ва уч қиррали тишларининг ейилишга бардошлилигини ишлаб чиқариш синови натижалари 2-жадвалда берилган.

2-жадвал

Эскаватор ковши тишларининг ишлаб чиқариш синови натижалари

Ишининг машина вақти, (T), с	Серияли тишлар				Тажриба тишлари			
	Кесувчи қисмлар нинг одатий ейилиши и, (Δl), мм	Ишланг ан жинс, (W), м ³	Тиш ейилиши тезлиги, (V), мм/с	Ейилиш суръат и $\tau \times 10^3$, мм/м ³	Кесувчи қисмлар нинг одатий ейилиши, (Δl),	Ишланга н жинс, (W), м ³	Тиш ейилиши тезлиги, (V), мм/с	Ейилиш суръати $\tau \times 10^3$, мм/м ³
60	33	10546	0,55	3,1	24	11154	0,40	2,1
120	74	22028	0,62	3,4	52	21648	0,43	2,4
180	108	32552	0,60	3,3	78	33126	0,43	2,3
240	137	42014	0,57	3,3	106	42962	0,44	2,4
300	170	52536	0,56	3,2	136	53244	0,45	2,5

Эскаватор ковшининг уч қиррали тишларининг тошли грунтлар ва жинсларини қазиишда (кесиш) стандарт намунадаги понасимон кўринишли тишларга нисбатан ейилишга бардошлиги 1,2-1,25 бараварга ортганини аниқланди.

Тошли грунтлар ва жинсларни ишлашда эскаватор ковшининг уч қиррали тишларидан фойдаланилганда ейилишга чидамлилик 1,2-1,25 мартага ортди. Бунда, НКМК 1-ГМЗ “Аристантау” карьеридан учта ЭКГ-5А эскаваторига жорий этилишининг иқтисодий самарадорлиги 102756900 сўмни ташкил қилди.

ХУЛОСА

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация иши бўйича “Бир ковшли экскаваторнинг ишчи органлари деталларини, ковш тишларини ейилишга бардошлилигини ошириш” мавзусида олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар қилинди:

1. Ер қазувчи машиналарнинг кесувчи элементлари грунт хусусиятларини ҳисобга олмасдан конструкция қилинади, уларни эксплуатацияси натижасида мўътадил иқлим зоналари грунтларида ишчи органларининг ресурсларига нисбатан 1,2...2 марта пасайишига олиб келади.

2. Экскаватор ковши тишининг грунт билан ўзаро таъсири деформацион жараёнлар ва дислокация назарияси қонунларига асосланган дискрет фаза модели кўринишида амалга оширилди. У ягона жараённинг тўққизта, кет-кет рўй бўладиган элементар фазалари кўринишида намоён бўлади.

3. Экскаваторлар фаолият кўрсатиши шароитларининг назарий таҳлили натижасида ковш тишларининг икки асосий варианты шакли (понасимон, уч қиррали) таклиф қилинди, уларни қўллаш ишланадиган грунтнинг хусусиятлари, ейилишга бардошликни, кесиш қаршилигини камайишини таъминлаш билан белгиланади. Кесувчи зихининг ейилишга бардошлиги бўйича катта самара уч қиррали шаклидаги тишлардан олинди. У ёки бу геометрик шаклдаги тишлар грунтларнинг конкрет турларига қўлланилади.

4. Тишларнинг ишчи юзасида ейилишнинг етакчи тури абразив ейилишда металл зарраларининг ўйилиш излари билан макро ва микро тирналишлар намоён бўлиши билан кечади.

5. Экскаваторнинг ишчи органлари ишлаш жараёнининг динамикаси даражаси абразив ейилишга бардошлиликни етарли ҳолда тавсифлаши мумкин.

6. ЭКГ-5А русумли экскаватор ковши тажриба нусха тишларини тайёрлаш технологияси яратилди, натижада ковш тишларини ишлаб чиқишда энергия сарфини 8-10% камайтириш имконини берди;

7. ЭКГ-5А русумли экскаватор ковши тишларининг уч қиррали шакли конструкцияси ишлаб чиқилди, натижада ковш иш ресурсини 1,2-1,25 баравар ошириш имконини берди;

8. Ковш тишлари ейилиши кўрсаткичларини ҳисоблашнинг математик модели ишлаб чиқилди, натижада экскаватор ишчи органининг 18-20% абразив ейилишини келтириб чиқарадиган динамиклик даражасини ҳисобга олган ҳолда, ишчи органнинг ейилишини башорат қилишни тезлаштириш имконини берди;

9. Тадқиқот натижаларининг НКМК 1-ГМЗ “Аристантау” карьеридида учта ЭКГ-5А экскаваторига жорий этишнинг иқтисодий самараси 102756900 сўмни ташкил қилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.03.04
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УНИВЕРСИТЕТЕ**

НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

РУЗИБАЕВ АЛИШЕР НАРКУЛОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗУБЬЕВ КОВША, ДЕТАЛИ
РАБОЧИХ ОРГАНОВ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА**

05. 02. 02 – Теория механизмов и машин. Машиноведение и детали машин.

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Ташкент – 2020

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2020.3.PhD/T1813.

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горном институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице (www.tdtu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Шукуров Рустам Уткурович

доктори технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Иргашев Амиркул Иргашевич

доктори технических наук, профессор

Ахмедов Азамат Хайитович

доктор философии по техническим наукам

Ведущая организация:

Наманганский инженерно-строительный институт

Защита диссертации состоится «07» декабря 2020 года в 12⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.T.03.04 при Ташкентском государственном техническом университете. (Адрес: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел./факс:(+99871)227-10-32, e-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (зарегистрирована за №184). (Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.:(+99871)227-10-32.)

Автореферат диссертации разослан «01» декабря 2020 года.
(реестр протокола рассылки №118 от «01» декабря 2020 года).

К.А.Каримов

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

Н.Д.Тураходжаев

Ученый секретарь специализированного совета
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

А.А.Мухитдинов

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В современном мире важное значение приобретает решение научно-практических и технических проблем: совершенствование темпов и качества тяжелого машиностроения; повышение технического уровня механизации с целью улучшения производительности и условий труда; создание конкурентоспособной техники и технологий тяжелой промышленности; проведение глубоких фундаментальных исследований. В частности, проблема повышения качества строительных, горных и земляных работ является одной из важнейших задач. В связи с этим в ряде научно-исследовательских центрах ведущих стран мира, в том числе, в США, Японии, Германии, Китае, Англии, Польше, России и других странах мира, с увеличением объемов земляных и горных работ особое внимание уделяется повышению качества землеройной и горной техники и эффективности его использования с целью создания конкурентоспособной техники и технологий.

В настоящее время проблема повышения эффективности использования землеройных и горных машин связана с выбором оптимального геометрического положения деталей режущих элементов ковша экскаватора, со снижением деформационного давления на ковш при ударе на грунт. В каменистых грунтах выбирают форму кромки, которая пересекает траектории горизонтального и наклонного движения. Устранение сильного затупления режущих элементов ковша, приводящего к деформации рабочего оборудования экскаватора, анализ результатов исследований по повышению износостойкости режущих элементов рабочих органов ковша показывают необходимость учета в этих исследованиях воздействий природно-климатических и грунтовых условий.

В нашей республике уделяется должное внимание снижению возникновения интенсивного абразивного износа зубьев экскаватора, что, в свою очередь, уменьшает энергетические и материальные затраты при выборе оптимальных геометрических форм деталей рабочего органа. На практике проводится ряд мероприятий по уменьшению силы резания режущих элементов; по снижению энергозатрат в процессе резания; по повышению эффективности экскаваторов; по уменьшению расхода горюче-смазочных материалов. В Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017 – 2021 годах, определены задачи, в частности «...снижение энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий»¹¹. В связи с этим становится актуальной разработка износостойких деталей режущих элементов ковша экскаватора, используемых в производственных процессах горнодобывающей промышленности.

¹¹Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

Настоящее диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», в Постановлении №ПП-3682 от 27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Настоящая исследовательская работа выполнена в рамках приоритетного направления развития науки и технологий республики П. «Энергетика, энергия и энергосбережение».

Степень изученности проблемы. Учеными мира проведены исследования по повышению прочности, долговечности и износостойкости деталей машин и механизмов, режущих элементов землеройных машин. В этом направлении достигнуты определенные результаты.

В частности, ученые Ж.Т.Барвел, К.Д.Стронг, А.Байер (США), В.Н.Тонн и Р.А.Холм (Германия) для уменьшения износа, учитывая физико-механические свойства грунтов при абразивном изнашивании деталей рабочих органов, разработали методику установки покрытия на зубья. Ученые Ж.Йошимото (Япония), Sun Hong, Chang Xiaofang, Wang Shuren (Китай) для повышения износостойкости режущих элементов ковша экскаватора разработали методы повышения твердости материалов деталей рабочих органов, оптимизации режимов работы машин. Ученые В.П.Боуден, Р. Ричардсон (Англия), М. Хебда (Польша) разработали динамические модели взаимодействия ковша и грунта. Учеными П.Н.Львовым, Ю.В.Ветровым, И.В.Крагельским, Ю.И.Густовым (Россия) для повышения износостойкости зубьев ковша экскаватора разработали ударо-прочную форму режущих частей деталей рабочих органов. Они также разработали математические модели динамических взаимодействий.

Ученые Узбекистана, в частности профессор У.А. Икрамов и его ученики, определили степень зависимости от типа износа и интенсивности механических свойств материала, а также от истирания и условий эксплуатации изнашиваемых деталей.

Изучению процессов трения и износа посвящены работы следующих ученых: С.М.Кадырова, О.В.Лебедева, А.И.Иргашева, Х.Б.Шарипова, Ш.Б.Саидова. Ими разработан метод оценки износостойкости в период изнашивания. В.В.Федоров, К.Х.Махкамов, В.В.Хачатурян и Р.У.Шукуров произвели расчеты по выбору шероховатости поверхности для пар трения. Ими разработана методика энергетической теории расчета процесса изнашивания.

Наибольший прогресс при решении проблемы износостойкости и долговечности рабочих органов был достигнут за последние годы благодаря накопленным обширным экспериментальным данным по теоретическим разработкам отечественных и зарубежных исследователей, позволяющим

глубже понять процесс взаимодействия рабочего органа с грунтами различной категории, природу и механизм изнашивания. Проведенными исследованиями установлено, что эксплуатация землеройных и дорожных машин в климатических условиях Республики Узбекистан приводит к резкому (в 1,5 – 2 раза по сравнению с зоной умеренного климата) снижению работоспособности машин и механизмов, причем 80% из них выбывает из строя вследствие абразивного износа.

В настоящее время зарубежными и отечественными учеными предложены меры по устранению затупления режущих инструментов ковша, приводящего к деформации рабочих органов экскаватора. Природно-климатические и грунтовые условия не учтены при определении долговечности режущих элементов рабочих органов ковша в исследуемых объектах. Методика расчета износостойкости к изнашиванию зубьев экскаваторов, работающих в условиях повышенной абразивности грунта, не разработана. Химическое влияние грунта на интенсивность изнашивания до сих пор полностью не изучено.

Для решения этих проблем необходимо разработать объект исследования и методологию обоснования факторов, влияющих на изнашивание и ресурс; обосновать влияние уровня динамики процесса работы экскаватора на абразивную износостойкость рабочих органов; провести теоретические и практические исследования по разработке методики расчета износостойкости к изнашиванию зубьев ковша экскаваторов, работающих в условиях высокого истирания грунта.

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

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Навоийского государственного горного института в рамках проектов по теме № АЗ-045-«Исследование динамических параметров рабочего оборудования и совершенствование конструкции и технологии изготовления зубьев ковша карьерных экскаваторов»

Целью исследования является повышение износостойкости зубьев ковша, путем совершенствования геометрических параметров зубьев ковша экскаватора.

Задачи исследования:

- на основе теоретических исследований разработка конструкций с трех-граннным клином формы зубьев ковшей экскаваторов;
- разработка методики обоснования объекта исследования и факторов, влияющих на износостойкость и ресурс;
- определение влияния степени динамичности рабочего процесса рабочих органов экскаваторов на абразивную износостойкость;
- разработка математической модели теории, формализации рабочего процесса детали режущих элементов зубьев ковшей экскаваторов на основе анализа существующих теории абразивного износа;

- разработка методики расчета износостойкости зубьев ковша экскаватора, работающего при высокой степени абразивности грунтов;
- оценка экономической эффективности результатов исследования.

Объектами исследования являются детали режущих элементов зубьев ковша экскаваторов.

Предметом исследования являются совершенствование теоретических основ расчета износостойкости режущих органов и на их основе разработка рациональной износостойкой конструкции зубьев ковшей экскаваторов.

Методы исследований проведены с использованием классических методов теории изнашивания деталей машин. Теория абразивного изнашивания основывается на использовании математического моделирования, взаимодействия рабочих органов со средой. Методика исследований включает также применение системного подхода, вычислительной техники и методов вычислительной математики.

Экспериментальные исследования проводились на стендах и в натуральных условиях с применением современного метрологического оборудования по стандартным методикам и методов планирования эксперимента.

Экспериментальный метод исследований в период эксплуатации оборудования отличается наибольшей достоверностью полученных результатов, что позволяет получить обширную информацию о износостойкости при проведении испытаний.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- технология изготовления опытных зубьев ковша экскаватора ЭКГ-5А разработана на основе напряжения образовавшихся между грунтом и зубьями.
- конструкция трехгранной формы зубьев ковша экскаватора ЭКГ-5А разработана на основе обеспечения равномерного распределения возникающих усилий;
- разработана математическая модель для расчета параметров износа зубьев ковша с учетом степени динамики рабочего процесса;
- усовершенствованы методы расчета стойкости к износу зубьев экскаваторов на основе теории изнашивания материалов;
- конструкция режущих элементов ковша основана на теории износа;
- геометрические параметры и форма режущей части зубьев ковша экскаватора усовершенствованы на основе направления касательных сил возникающих при ударе.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

- обоснована и разработана рациональная конструкция зубьев ковша экскаватора, которая выполнена в форме трехгранного клина. (Патент № FAP 01419)
- использование разработанного метода и алгоритма моделей позволяет прогнозировать износостойкость на стадии проектирования, оценить влияние конструкторских решений на износостойкость зубьев ковшей экскаваторов. На основании исследований режущих элементов с повышенной

износостойкостью, производительностью и пониженной энергоемкостью резания даны рекомендации по выбору износостойких рациональных форм зубьев ковша экскаваторов в зависимости от различных условий эксплуатации.

Достоверность результатов исследований: Достоверность результатов исследований обосновывается математически корректной постановкой задач на основе взаимодействия зубьев ковшеи экскаваторов с обрабатываемым грунтом, современных методов теории трения и изнашивания и ЭВМ программ; развитием методов качественного исследования изнашивания и положительными результатами испытания разработанной рациональной конструкции зубьев ковшеи экскаваторов; необходимым объемом экспериментальных исследований, проведенных непосредственно на объектах строительства; определением параметров элементов системы с вероятностью 0,90 и 0,95 и относительной погрешностью не более 15...20%.

Научная и практическая значимость результатов исследования:

Научная значимость результатов исследования диссертационной работы объясняется дальнейшим развитием исследований по совершенствованию теоретических основ, позволяющих формализовать процессы копания (резания) каменистых грунтов. Разработка рациональной конструкции трехгранных зубьев ковша позволила создать новую конструкцию для обработки каменистых грунтов при различных условиях эксплуатации. Использование разработанных программ и патентов увеличат износостойкость и экономит средства при проектировании режущих элементов землеройных машин.

Внедрение результатов исследования:

На основе полученных результатов совершенствованы геометрические параметры и формы режущих частей зубьев ковша экскаватора для повышения износостойкости к изнашиванию зубьев ковша одноковшового экскаватора:

- технология изготовления опытных зубьев ковша экскаваторов марки ЭЖГ-5А внедрена на государственном предприятии Рудоуправление «1-гидрометаллургический завод» при ГП «НГМК» (Справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» № 02-06-07/7686 от 13 июля 2020 г.). Это позволило снизить энергоёмкость изготовления на 8-10 %;

- конструкция трехгранной формы зубьев ковша экскаватора марки ЭЖГ-5А внедрена на государственном предприятии Рудоуправление «1-гидрометаллургический завод» при ГП «НГМК» (Справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» № 02-06-07/7686 от 13 июля 2020 г.). Это позволило повысить ресурс работы ковша в 1,2-1,25 раза;

- в математической модели при расчете параметров изнашивания зубьев ковша учтена степень динамичности рабочего процесса зубьев ковша. Данная модель внедрена на государственном предприятии Рудоуправление «1-гидрометаллургический завод» при ГП «НГМК» (Справка ГП «Навоийский горно-металлургический комбинат» № 02-06-07 / 7686 от 13 июля 2020 г.). Это позволило ускорить прогноз изнашивания рабочего

органа с учетом степени динамичности, вызывающую абразивное изнашивание рабочего органа на 18-20 %.

Апробация результатов исследования:

Результаты исследования диссертации прошли апробацию на 9 научно - практических конференциях, в том числе 7 международных и 2 республиканских конференциях.

Опубликованность результатов исследования:

По материалам диссертации опубликованы 20 научных трудов: 1 патент, 9 научных статей, в том числе 5 в республиканских и 5 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD) по техническим наукам.

Получено свидетельство на полезную модель Агентством по интеллектуальной собственности при министерстве юстиции Республики Узбекистан (Патент № FAP 01419).

Результаты исследований используются в учебном процессе при чтении лекции по дисциплинам «Теория и проектирование горных машин» и «Надежность горных машин»

Структура и объем диссертации: Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 129 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

В первой главе диссертации, названной «Состояние вопроса и формулировка задач исследования» установлено, что основными факторами, определяющими интенсивность изнашивания ковшовых зубьев, являются механический состав грунта и содержание щебенисто-каменистых включений. Приведен анализ состава грунтов Республики.

Неравномерный износ рабочих органов в высокоабразивных каменных грунтах обусловлен влиянием степени динамичности рабочего процесса и разным давлением грунтов на поверхность рабочего органа, а также скоростью скольжения и ускорения контактирующих частиц.

Отмечается, правильный выбор конструкции рабочих органов, их геометрических параметров, а также режимов работы может быть осуществлен только на основе анализа всего рабочего процесса машины и, в первую оче-

редь, физической сущности и механики процессов, происходящих при разрушении грунтов режущими кромками рабочих органов.

Состояние режущей части исполнительного органа определяется степенью ее затупления и формой, которую она принимает в результате затупления. Для снижения износа кромки и зубьев угол их заострения не следует назначать менее 20-22° для влажных пластичных грунтов и менее 22-25° для крепких каменистых грунтов. Влияние формы режущей кромки на сопротивление копанию сильно сказывается в процессе врезания в грунт и деформации поступающего в ковш грунта, особенно при горизонтальных и наклонных траекториях движения ковша.

Износ зубьев экскаваторных ковшей изменением формы размеров зубьев нарушает нормальное взаимодействие ковша с грунтом. Ковш с новыми зубьями заполняется быстрее, чем с изношенными, а экскаватор в целом работает равномернее. При изношенных и затупленных зубьях ковша значительно возрастает усилие резания, снижается производительность экскаватора и возрастает расход энергии на экскавацию.

Зубья ковша следует выбирать тщательно. Необходимо учесть форму, конструкцию и материал. Форма зубьев должна соответствовать выбранному материалу, а конструкция должна быть такой, чтобы обеспечивались благоприятные условия по динамичности нагрузки, достаточная износостойкость и возможность быстрой замены изношенных деталей, невысокая энергоемкость процесса экскавации. Материал зубьев должен соответствовать твердости и абразивным свойствам разрабатываемого скального грунта.

Вторая глава диссертации, названной «Теоретические исследования процесса резания каменистых грунтов рабочими органами экскаваторов». Основные теоретические положения, на которых построена современная теория копания грунтов, заимствованы из теории резания металлов ввиду того, что эта отрасль науки получила сильное развитие в последние десятилетия. Аналогия, проводимая между металлами и грунтами, имеет под собой глубокие теоретические основания, подтвержденные многочисленными экспериментальными исследованиями.

Ввиду сложности процессов, протекающих при копании грунта зубьями экскаваторов, предлагается не непрерывная динамическая, а дискретная фазовая динамическая модель, позволяющая формализовать отдельные фрагменты в логической последовательности явлений.

Что для насыпного грунта такую схему формализации процесса следует признать допустимой только в качестве первого приближения. Тем не менее, предлагаемая схематизация процесса обладает главным достоинством – общностью принципа при всем многообразии свойств грунтов и горных пород. Более того, она позволяет решать и обратные задачи – задачи изучения и обоснования закономерностей изнашивания режущих инструментов экскаваторов.

Повышения долговечности и эффективности экскаваторов, у которых наиболее слабыми и критичными (чувствительными к износу) элементами являются зубья ковша, необходимо уяснить или формализовать их функцио-

нальное назначение и выделить факторы, обеспечивающие наибольший вклад в формирование выходных показателей.

Изучая закономерности перемещения каменистых грунтов (абразивных частиц), можно подобрать размеры, форму и геометрические параметры зубьев экскаваторов при данных условиях эксплуатации с наибольшей долговечностью и износостойкостью.

Зубья формы трехгранного клина активно внедряются в породу, как бы вкалываются в неё с большим удельным давлением, но с наименьшим сопротивлением и по мере дальнейшего перемещения разрушают породу путём непрерывного выкалывания режущей кромки. Передние три грани, задние и боковые грани смещают частицы породы над и под зубом, либо вытесняют их из зоны действия зубьев, либо вдавливают их в менее плотные слои разрабатываемой породы. Вертикально расположенный третий гран в процессе разрушения породы выполняет роль рассекателя породы, а также изменяет траекторию движения абразивных пород и способствует устойчивости хода зуба с ковшем.

В предлагаемой конструкции усилие воспринимается в направлении наибольшей прочности зуба ковша на изгиб, что увеличивает его долговечность, одновременно уменьшается сопротивление отделению от массива грунта и при внедрении в каменистые грунты и породу, что снижает энергоёмкость процесса. Увеличивается производительность разработки.

Оценку влияния степени динамичности рабочего процесса рабочих органов на их абразивное изнашивание наиболее рационально рассматривать на примере зубьев и ковшей одноковшовых экскаваторов.

В качестве эталонного материала для определения степени динамичности нагрузок, вызывающих абразивное изнашивание, используется сталь 110Г13Л, широко применяемая для изготовления рабочих органов машин, работающих в условиях абразивного изнашивания, и хорошо воспринимающая наклеп. Выбор этого материала в качестве эталона для определения коэффициента динамичности нагрузок, вызывающих абразивное изнашивание K_d , обусловлен тем, что величина наклепа высокомарганцевистой стали 110Г13Л зависит от степени динамичности нагрузок, вызывающих ее абразивное изнашивание.

Таким образом, степень динамичности нагрузок, вызывающих абразивное изнашивание, в первом приближении оцениваем по коэффициенту K_d , который определяют по формуле:

$$K_d = \frac{H_1}{H_2}, \quad (1)$$

где H_1 - твердость стали 110Г13Л при установившемся процессе изнашивания, Нм²;

H_2 - твердость стали 110Г13Л до изнашивания, Нм².

Характеристика динамичности нагрузок, вызывающих абразивное изнашивание при помощи K_d , может быть произведена по данным таблицы 2.1,

составленной на основе исследования зубьев и ковшей экскаваторов, работавших в различных условиях.

Таблица 1

Вид нагрузок	Коэффициент динамичности нагрузок, K_d	Величина наклепа стали 110Г13Л, НВ
Легкие без ударов	1,0	190
Средние с незначительными ударами	1,0-1,5	190-350
Тяжелые с сильными ударами	1,6-2,0	360-500
Очень тяжелые с очень сильными ударами	>2,1	>500

Математическое моделирование процесса абразивного изнашивания проводится с целью разработки методики прогнозирования и расчета долговечности режущих элементов рабочих органов землеройных машин. При этом процесс изнашивания режущих элементов рассматривается как сложная динамическая система с переменными параметрами состояния и изменяющаяся во времени внешними воздействиями абразивной среды.

Предварительно известными считаются: начальная форма и размеры режущего элемента $Z_{ij} = c\rho_{ij}^n$, описываемые функцией $\Psi_i = O(\rho)$, закономерности изнашивания материала элемента и зависимость изменения коэффициента трения от энергетического состояния материала, а также от удельной нагрузки.

Для решения поставленной задачи разобьем кривую, ограничивающую переднюю и заднюю поверхности режущего элемента, на ряд отрезков через произвольно выбранный интервал с координатами узловых точек (рис.1).

$$\rho_j = j\Delta\rho; \quad z_{ij} = \psi_i = O(\rho_j); \quad (2)$$

или
$$z_{ij} = c\rho_{ij}^n, \quad (3)$$

где c и n - коэффициент и показатель степени;

(для клиновидных зубьев $c=3,5$ и $n=1$; для трехгранных зубьев ковша $c=2,4$ и $n=1,3$).

Учитывая, что вектор износа направлен по нормали к поверхности зуба, находим значение удельной нагрузки

$$p_{ij} = p_i(\rho_j) = p_{zi}(\rho_i) \cos^2 \left(\arctg \frac{z_{ij} - z_{ij-1}}{\Delta\rho} \right) \quad (4)$$

и износ зуба в j -ой точке за шаг δt :

$$\delta h_{ij} = J(p_{ij})V\rho_j\delta \cdot t, \quad (5)$$

Зная координаты профиля i -го состояния, величину и направление вектора износа за один шаг в j -ой точке, нетрудно определить координаты профиля $i+1$ -го состояния. [66]

Тогда уравнение (2.15) примет вид:

$$\delta h_{ij} = J_{ij}L_jH_j\delta \cdot t, \quad (6)$$

где δh_{ij} – малая величина износа, мм;
 J_{ij} - интенсивность изнашивания;
 L_j - путь трения (путь резания или копания), мм;
 H_j - число взаимодействий сопряженных абразивных частиц с режущим элементом в единицу времени (в зависимости от типа грунта);
 δt - конечный малый промежуток времени, час;
 j - номер узловой точки.

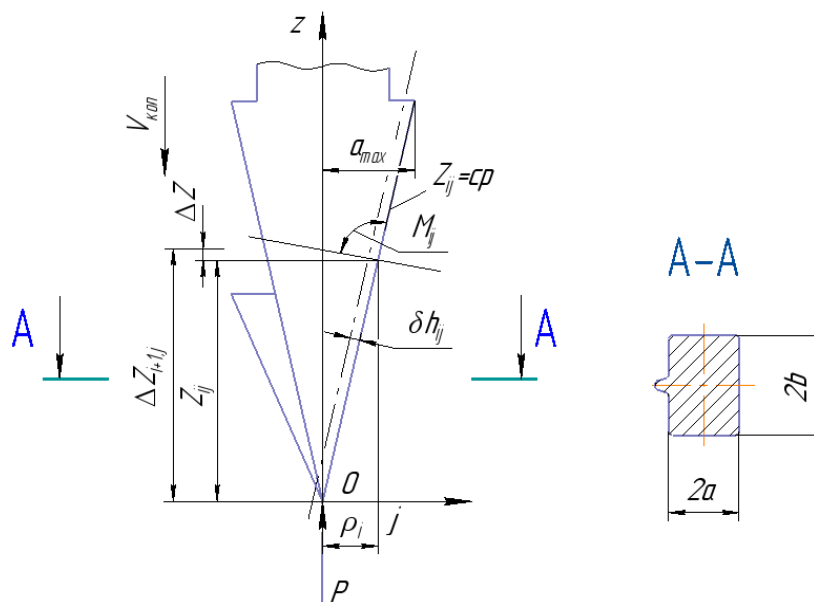


Рис. 2.5. Расчетная схема изменения формы зуба при изнашивании

Решение задачи по определению давления на поверхность трения от нагрузки и формы режущего элемента для каждого состояния осуществляется на основании закономерностей изнашивания и имеет вид:

$$q_{ij} = \frac{P}{4} a_{ij} b_{ij} \sum_{j=1}^{M_1} \cos \left(\arctg \frac{z_{ij}}{\rho_{ij}} \right), \quad (7)$$

где q_{ij} – давление на поверхность трения, Па;
 P - усилие на режущей кромке зуба, Па;
 a_{ij} , b_{ij} – геометрические параметры (ширина и толщина) зуба, мм;
 i - порядковый номер состояния;
 j - номер узловой точки.

Форма режущего органа землеройных машин при каждом состоянии описывается дискретными точками на поверхности (Рис. 1).

Интенсивность абразивного изнашивания, полученная на основе усталостной природы разрушения поверхности трения, может быть рассчитана по формуле:

$$J_{ij} = \frac{2h_{ij}^2 n_a \left(\frac{d}{2} - \frac{1}{3} h_{ij} \right)}{A_{ai} K_D K_T V_k \Delta t_k}, \quad (8)$$

A_{ai} - номинальная площадь контакта, мм²;

K_T - коэффициент соотношения твердости материала и абразива;

K_d – коэффициент динамичности

Разработанная математическая модель позволяет рассчитать износостойкость режущих элементов землеройных машин (зубьев ковшей экскаваторов и т.п.) различных типов в зависимости от геометрии, конструктивных особенностей, вида материалов и абразивных сред, параметров нагружения для конкретных условий эксплуатации.

В третьей главе диссертации, названной «Методика экспериментальных исследований» Программой экспериментальных исследований предусматривается:

- изучение на стенде взаимодействия модели рабочей части ковшей, принадлежащих экскаватору с грунтом; оценка влияния основных конструктивных параметров на статистические характеристики случайного процесса изменения усилия послойного разрушения грунта, площади поперечного сечения следа разрушения, энергоёмкости процесса;

- производственные испытания одноковшового экскаватора ЭКГ-5А и ЭКГ-8И, оборудованного экспериментальным зубом прямой лопаты согласно ГОСТ-12910-79.

Применение метода физического моделирования при проведении экспериментальных исследований на стенде позволило существенно сократить время исследований и снизить материальные затраты. Исследования режущих элементов проводились методами физического моделирования с изменением прочностных свойств среды и планирования экспериментов.

При проведении исследований применялись модели зубьев трехгранной формы, выполненные в масштабе 1:10 при следующих основных геометрических параметрах натурального зуба:

ширина зуба – 15 мм;

угол резания – 38°;

угол заострения – 24°;

длина зуба – 90 мм;

масса зуба – 320 г.

Информация, полученная в виде записи усилий на ленте самописца и результатов измерений следов разрушения грунта моделями режущих элементов, обрабатывалась статистическими методами с переводом непрерывной записи в дискретную форму.

Экспериментальные исследования процесса разрушения грунта моделями режущих элементов проводились в несколько этапов.

Лабораторные исследования в грунтовом канале ставились с целью решения задач по обеспечению полученных условий. Например, при изучении резания грунтов рабочими органами различного масштаба, при соблюдении приближенного физического подобия без изменения прочностных особенностей грунта, т.е. соблюдение только геометрического подобия линейных размеров оборудования.

Опыты на грунтах ненарушенной структуры проводились с целью получения эталонных зависимостей, определяющих характер протекания процесса резания грунтов моделями рабочих органов в различных условиях моделирования.

Для сравнения мы применили модели существующих экскаваторов, находящихся в производстве, а именно ЭКГ-5А и ЭКГ-8И, а также модели режущих органов и периметров трехгранной формы зуба ковша.

Оборудование и аппаратура, применяемые при экспериментальных исследованиях.

При экспериментальных исследованиях с натурными образцами использовались рабочие органы экскаватора ЭКГ-5А с системой датчиков и замеров, разработанных по методике, по которой проводились испытания. На рис. 2 изображен комплекс испытательного оборудования трехгранного зуба рабочего органа ковша экскаватора. В качестве рабочего тензометрического оборудования использовались стандартный усилитель сигналов тензодатчика УТ4-1 и самописец Н-3021-3, который производит запись. (рис. 3)



Рис. 2 Общий вид стэнда физического моделирования



Рис. 3 Измерительная аппаратура



Рис. 4. Лабораторные модели эталонных зубьев



Рис. 5. Лабораторные модели трехгранного зуба

В качестве эталона использовались зубья с клиновидным и трехгранным профилем (рис. 4, рис. 5). Все модели зубьев изготавливались из нормализованной стали 40.

Суммированием чисел вертикальных столбцов и горизонтальных строк корреляционной таблицы получали соответственно распределение максимумов и минимумов схематизированного процесса. Распределение амплитуд напряжений, схематизированных по размахам, получали путем суммирования чисел в клетках, расположенных по диагоналям таблицы (налево, вниз, направо). По второй диагонали (налево, вверх, направо) получали распределение средних напряжений полуциклов (рис. 6).

В результате тензометрирования усилий при резании модельного грунта установлено, что сила сопротивления резанию для клиновидного резца составляет 62...65Н, для резца типа “трехгранный клин” - 47...52Н.

Сопоставление полученных данных показывает, что по сравнению с эталонным резцом у резцов типа “трехгранный клин” сопротивление резанию снижается соответственно в 1,2...1,26 раза.



Рис. 6 Осциллограммы силы сопротивления резанию для лабораторных моделей зубьев.

При испытаниях зубьев в грунтовом канале были получены результаты, представленные на рис. 7 и 8. Установлено, что горизонтальная составляющая силы сопротивления копанию при работе отдельными и спаренными зубьями зависит от глубины копания линейно. При этом копание спаренными зубьями приводит к двукратному росту горизонтальной составляющей.

Сопоставление значений горизонтальной составляющей при работе с разнотипными зубьями показывает, что в случае копания трехгранными зубьями сопротивление копанию снижается в 1,2...1,8 раза в зависимости от глубины копания.

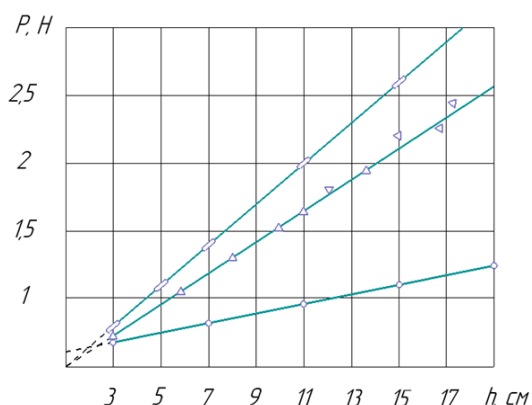


Рис. 7. Зависимость горизонтальной составляющей P от глубины резания h (с одним зубом):

- плоский нож;
- клиновидный зуб;
- трехгранный зуб.

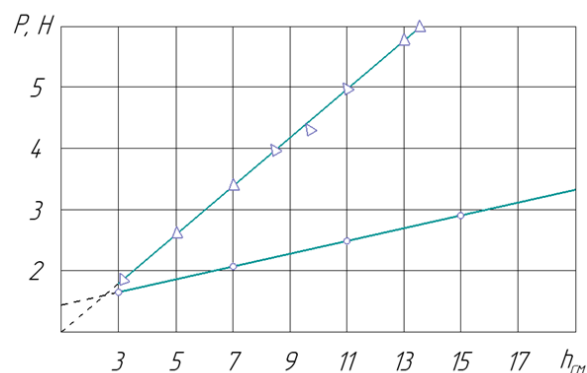


Рис. 8. Зависимость горизонтальной составляющей P от глубины резания h (с двумя зубьями):

- клиновидный зуб;
- трехгранный зуб.

В четвертой главе диссертации, названной «Исследование износостойкости и ресурса зубьев ковша экскаватора. Оценка экономической эффективности». Задачей трехгранного зуба является повышение износостойкости и работоспособности зуба одноковшового экскаватора.

Предлагаемая конструкция по предварительным расчётам увеличит износостойкость зубьев в 1,2...1,5 раза за счёт рациональной формы и уменьшит сопротивляемость режущего органа при копании каменистых грунтов. Внедрение в горную породу повышается на 20-30%, что подтверждается эксплуатационными испытаниями в карьере «Аристантау» ГМЗ-1 НГМК, актом внедрения и справкой № 02-06-07/7686.

Рабочий чертеж и общий вид разработанного трехгранного зуба ковша экскаватора в 3D приведены на рис. 9., рис. 10.

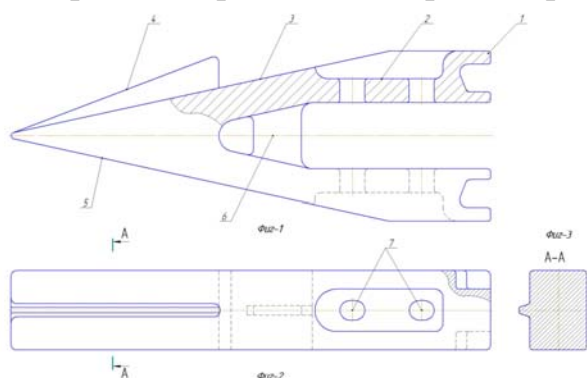


Рис.9 Трехгранный зуб ковша экскаватора

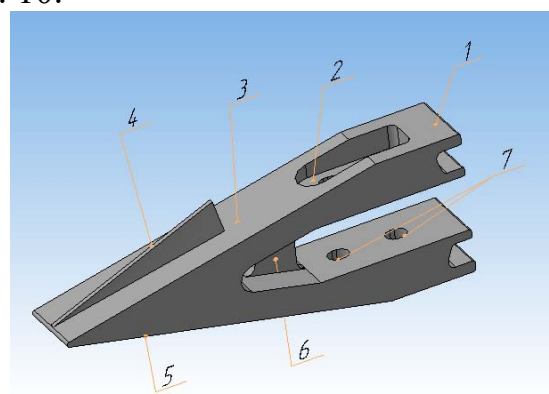


Рис. 10 Общий вид разработанного трехгранного зуба ковша экскаватора в 3D

Расчеты показывают, что давление вблизи режущей кромки зуба типа «трехгранный клин» в 1,2...1,5 раза ниже, чем у клиновидного. (рис.11, рис.12). Это обстоятельство способствует меньшей интенсивности изнашивания зуба с рациональной геометрией. Таким образом, более плавное распределение и меньший уровень давления на задней поверхности зуба типа

«трехгранный клин» обуславливают его более длительную работоспособность и долговечность по сравнению с клиновидным зубом.

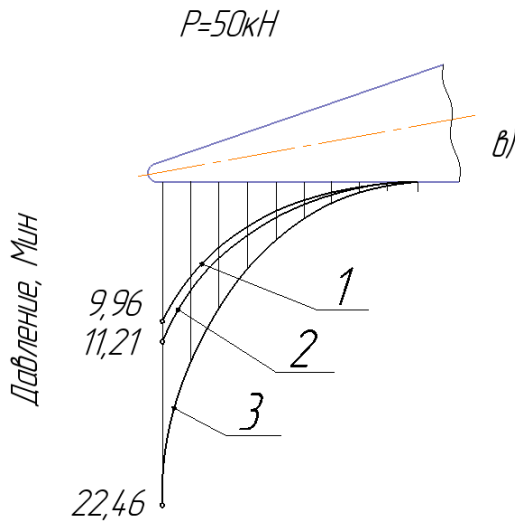


Рис. 11. Изменение давления на задней поверхности трения клиновидного зуба при различных состояниях: 1- для $i = 61$; 2 – для $i = 601$; 3 – для $i = 1141$.

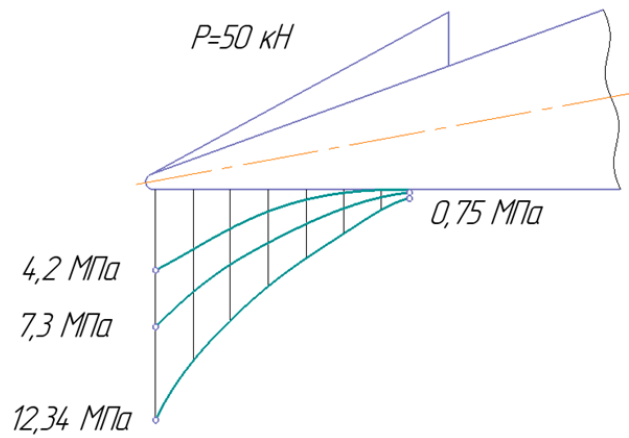


Рис. 12. Изменение давления на задней поверхности трения трехгранной модели зуба в зависимости от нагрузки.

Формоизменение зуба с оптимальной геометрией в процессе изнашивания (рис.14) характеризуется более равномерным распределением износа по поверхности трения, чем в случае с клиновидным зубом (рис.13). Следует отметить, что режущая часть трехгранной модели сохраняется практически неизменной при положительном заднем угле резания благодаря выбранной форме зуба. Зависимость износа зуба от усилия на режущей кромке представлена на рис. 14.

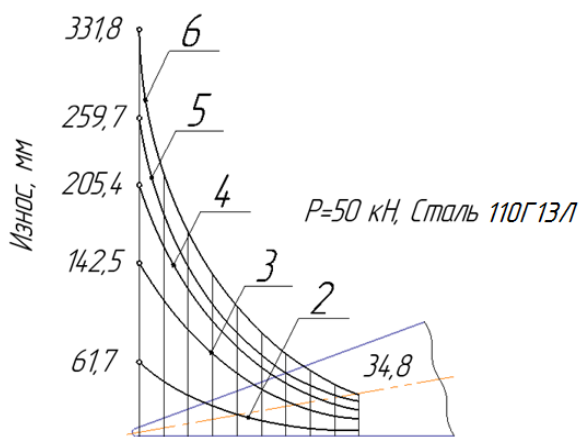


Рис.13.Изменение формы клиновидного зуба в процессе изнашивания при наработке: 1-120 час.; 2-360 час.; 3-600 час.; 4-840 час.; 5-1080 час. 6-1200 час.

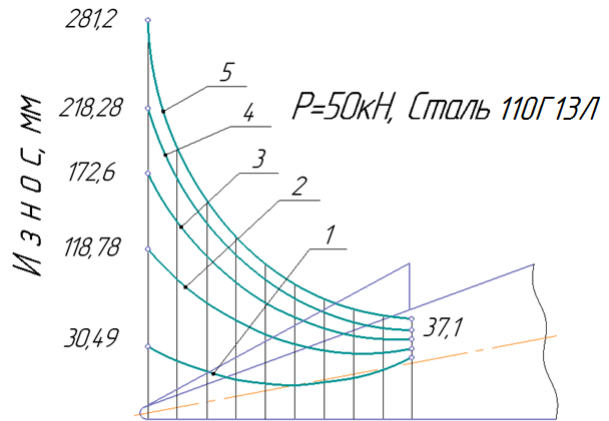


Рис. 14. Изменение формы режущей части трехгранной модели в процессе изнашивания при наработке: 1-120 час.; 2-360 час.; 3-600 час.; 4-840 час.; 5- 1200 час

Износ зуба «трехгранным клином» оценивали по изменению геометрических размеров от режущей кромки.

Испытание зубьев ковшей экскаваторов предусматривается провести на карьере «Аристантау» ГМЗ-1 НГМК. Износ зубьев измеряется по их укороч-

чению (Δl) относительно неизменной базы методом микрометрирования, с погрешностью $\pm 0,1$ мм.

При испытаниях на экскаваторах ковша емкостью $5,0 \text{ м}^3$ регистрировали машинное время работы (T) и затем вычисляли скорость изнашивания зуба.

$$V_c = \frac{\Delta l}{T} = \frac{170}{300} = 0,56 \text{ мм/ч.} \quad (9)$$

$$V_o = \frac{\Delta l}{T} = \frac{136}{300} = 0,45 \text{ мм/ч.} \quad (10)$$

При испытаниях на экскаваторах ковша емкостью $5,0 \text{ м}^3$ контролировали объём разработанной породы (W) и вычисляли темп изнашивания.

$$\tau_c = \frac{\Delta l}{W} = \frac{170}{52536} = 0,0032 \text{ мм/м}^3 \quad (11)$$

$$\tau_o = \frac{\Delta l}{W} = \frac{136}{53244} = 0,0025 \text{ мм/м}^3 \quad (12)$$

Относительная конструкционная износостойкость зубьев вычисляется, как отношение скоростей или темпов изнашивания серийных и опытных зубьев.

$$E_v = \frac{V_c}{V_o} = \frac{0,56}{0,45} = 1,24 \quad (13)$$

$$E_T = \frac{\tau_c}{\tau_o} = \frac{0,0032}{0,0025} = 1,28 \quad (14)$$



Рис. 15. Величина и характер износа клиновидного зуба ковша экскаватора после эксплуатационных испытаний.



Рис. 16. Величина и характер износа трехгранного зуба ковша экскаватора после эксплуатационных испытаний.

Результаты производственных испытаний на износостойкость клиновидных и трехгранных зубьев ковша экскаватора приведены в табл.2

**Результаты производственных испытаний на износостойкость
зубьев ковша экскаватора**

Ма- шинное время рабо- ты, (T), ч	Серийных зубьев				Опытных зубьев			
	Линей- ный износ режу- щей части, (Δl), мм	Разра- ботан- ная по- рода, (W), м ³	Ско- рость изнаши- вания зуба, (V), мм/ч	Темп изнаши- вания, $\tau \times 10^3$, мм/м ³	Линей- ный износ режу- щей ча- сти, (Δl), мм	Разра- ботан- ная по- рода, (W), м ³	Ско- рость изнаши- вания зуба, (V), мм/ч	Темп изнаши- вания, $\tau \times 10^3$, мм/м ³
60	33	10546	0,55	3,1	24	11154	0,40	2,1
120	74	22028	0,62	3,4	52	21648	0,43	2,4
180	108	32552	0,60	3,3	78	33126	0,43	2,3
240	137	42014	0,57	3,3	106	42962	0,44	2,4
300	170	52536	0,56	3,2	136	53244	0,45	2,5

Установлено, что копание (резание) в каменистых грунтах и породах трехгранными зубьями ковша экскаватора показало повышение износостойкости в 1,2-1,25 раза по сравнению с клиновидными зубьями стандартного образца.

В результате использования трехгранных зубьев ковша экскаватора при разработки каменистых грунтов и пород износостойкость повысилась в 1,2-1,25 раза. При этом экономический эффект от внедрения в карьере «Аристантау» ГМЗ-1 НГМК для трех экскаваторов ЭКГ-5А составил 102756900 сумов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования по диссертационной работе доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему «Повышение износостойкости зубьев ковша, детали рабочих органов одноковшового экскаватора» сделаны следующие выводы:

1. Режущие элементы рабочих органов землеройных машин конструируются без учета грунтовых особенностей. Их эксплуатация приводит к 1,5...2 кратному снижению ресурса рабочих органов по сравнению с ресурсом в грунтах умеренных климатических зон.

2. Взаимодействие зуба ковша экскаватора с грунтом произведено дискретной фазовой моделью, основанной на законах деформационных процессов и теории дислокаций. Он представляется в виде девяти последовательно протекающих элементарных фаз единого процесса.

3. В результате теоретического анализа условий функционирования экскаваторов предложены два основных варианта формы ковшовых зубьев (клиновидные, трехгранные), применение которых диктуется особенностями вырабатываемого грунта, обеспечением износостойкости, минимизацией сопротивления резанию. Наибольший эффект износостойкости режущей кром-

ки получен от зубьев с трехгранной формой. Зубья той или иной геометрической формы применяются к конкретным типам грунтов.

4. Ведущим видом изнашивания рабочих поверхностей зубьев является абразивный износ, сопровождающийся появлением макро- и микроцарапин со следами вырывов частиц металла.

5. Степень динамичности рабочего процесса рабочих органов экскаваторов может в достаточной степени характеризовать абразивную износостойкость.

6. Разработана технология изготовления опытных зубьев ковша экскаваторов марки ЭКГ-5А, что позволило снизить энергоёмкость изготовления на 8-10 %.

7. Разработана конструкция трехгранной формы зубьев ковша экскаватора марки ЭКГ-5А, что позволило повысить ресурс работы ковша в 1,2-1,25 раза.

8. Разработана математическая модель при расчете параметров изнашивания зубьев ковша, что позволило ускорить прогноз изнашивания рабочего органа с учетом степени динамичности, вызывающего абразивное изнашивание рабочего органа на 18-20 %.

9. Экономический эффект от внедрения результатов исследования составляет в карьере «Аристантау» ГМЗ-1 НГМК для трех экскаваторов ЭКГ-5А - 102756900 сумов.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.03.04 ON THE
ADMISSION OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

NAVOI STATE MINING INSTITUTE

RUZIBAYEV ALISHER NARKULOVICH

**INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF BUCKET TEETH, PARTS
OF WORKING BODIES OF A SINGLE-BUCKET EXCAVATOR**

05. 02. 02 - Theory of mechanisms and machines. Machine science and machine parts.

ABSTRACT

of dissertation of the doctor of philosophy (PhD) on technical sciences

Tashkent – 2020

The theme of doctoral dissertation (PhD) in technical sciences is registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2020.3.PhD/T1813.

The doctoral dissertation is made in the Navoi state mining institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (abstract)) on the website (www.tdtu.uz) and on the Information of the Educational Portal "Ziyo-Net" (www.ziyo.net).

Scientific supervisor:

Shukurov Rustam Utkurovich

doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Irgashev Amirqul Irgashevich

doctor of technical sciences, professor

Axmedov Azamat Xayitovich

doctor of philosophy on technical sciences

Leading organization:

Namangan engineering-construction institute

The defense will take place «07» december 2020y at 12⁰⁰ at the meeting of scientific council DSc.03/30.12.2019.T.03.04 at Tashkent State Technical University located at 2, University street, Tashkent, 100095. Tel/fax No (99871) 227-10-32, E-mail: tadqiqotchi@tdtu.uz.

The dissertation can be reviewed at the Information and Resource Center of Tashkent State University (registration number 184). (Address: 100095, st. University 2, Tashkent Tel/Fax: (99871) 246-46-00).

Abstract of dissertation sent out on «01» december 2020y.
(mailing report №118 on «01» december 2020y).

K.A.Karimov

Chairman of scientific council for
awarding degree,
doctor of technical sciences, professor

N.D.Turakhodjayev

Scientific secretary of scientific council
for awarding degree, doctor of technical sciences, professor

A.A.Muxitdinov

Chairman of scientific council seminar at the
Scientific Council for the awarding academic degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the study is to increase the wear resistance of the bucket teeth by improving the geometric parameters of the excavator bucket teeth.

Research objectives:

- on the basis of theoretical studies, the development of structures with a triangular wedge of the shape of excavator bucket teeth;
- development of a methodology for substantiating the research object and factors affecting wear resistance and resource;
- determination of the influence of the degree of dynamism of the working process of the working bodies of excavators on abrasive wear resistance;
- development of a mathematical model of the theory, formalization of the working process of details of cutting elements of excavator bucket teeth based on the analysis of the existing theory of abrasive wear;
- development of a methodology for calculating the wear resistance of the teeth of an excavator bucket operating at a high degree of abrasiveness of soils;
- assessment of the economic efficiency of research results.

Research objects are the details of the cutting elements of the excavator bucket teeth.

The scientific novelty of the research is as follows:

- the technology for manufacturing experimental bucket teeth of an EKG-5A excavator has been developed on the basis of the voltage formed between the soil and the teeth;
- the structure of the triangular shape of the bucket teeth of the EKG-5A excavator has been developed on the basis of ensuring a uniform distribution of the resulting forces
- a mathematical model was developed to calculate the parameters of the wear of the bucket teeth, taking into account the degree of dynamics of the working process;
- improved methods for calculating the wear resistance of excavator teeth based on the theory of material wear;
- theoretical foundations and rational design of the bucket cutting elements have been based on the theory of wear;
- the geometric parameters and the shape of the cutting part of the excavator bucket teeth were improved based on the direction of the tangential forces arising from the impact.

Scientific and practical significance of the research results:

The scientific significance of the research results of the dissertation work is explained by the further development of research to improve the theoretical foundations that allow formalizing the processes of digging (cutting) stony soils. The development of a rational design of triangular bucket teeth allowed for a new design for the treatment of stony soils under various operating conditions. The use of developed programs and patents will increase wear resistance and save money when designing cutting elements for earthmoving machines.

Implementation of research results:

Based on the results obtained, the geometric parameters and shapes of the cutting parts of the excavator bucket teeth were improved to increase the wear resistance to wear of the bucket teeth of a single-bucket excavator:

- manufacturing technology of experienced excavator bucket teeth ЭКГ-5А implemented at the state enterprise Ore Administration "1-Hydrometallurgical Plant" under SC NMMC (Reference from the State Enterprise "Navoi Mining and Metallurgical Combine" No. 02-06-07 / 7686 dated July 13, 2020). This made it possible to reduce the energy consumption of manufacturing by 8-10%;

- the design of the triangular shape of the bucket teeth of the brand excavator ЭКГ-5А introduced at the state enterprise Ore Administration "1-Hydrometallurgical Plant" under SC NMMC (Reference from the State Enterprise "Navoi Mining and Metallurgical Combine" No. 02-06-07 / 7686 dated July 13, 2020). This made it possible to increase the life of the bucket by 1.2-1.25 times;

- in the mathematical model, when calculating the wear parameters of the bucket teeth, the degree of dynamism of the working process of the bucket teeth is taken into account. This model has been implemented at the state enterprise Ore Administration "1-hydrometallurgical plant" under SC NMMC (Reference of the State Enterprise "Navoi Mining and Metallurgical Combine" No. 02-06-07 / 7686 dated July 13, 2020). This made it possible to accelerate the forecast of the wear of the working body, taking into account the degree of dynamism, which causes abrasive wear of the working body by 18-20%.

The structure and scope of the thesis: The dissertation work consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and annexes. The volume of the thesis is 129 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Р.У.Шукуров, А.Н.Рузибаев, И.Э.Турсуналиев Design and technological methods of increasing wear resistance of cutting elements of earth-moving machines // Blind Peer Review Referred Journal «Solid State Technology» (<https://www.scopus.com/sourceid/27209>), ISSN:0038-111X, Publication Year 2020, Volume 63, Issue 6, - P.518-533.
2. Shukurov R.U., Ruzibaev A.N. Increasing durability of teeth of buckle excavators // World Journal of Engineering Research and Technology WJRET. Wjret, 2019, Volume 5, Issue 4. - P.115-122. ((№5) Scientific Journal Impact Factor, Impact Factor, IF = 5,218). (05.00.00, №20).
3. Рузибаев А.Н., Обидов Н.Г., Отабоев Н.И., Тожибаев Ф.О. Объемное упрочнение зубьев ковшей экскаваторов // Научный журнал. Universum: технические науки, -М., 2020. -№ 7(76), -С.36÷40. (05.00.00, №17).
4. Шукуров Р.У., Рузибаев А.Н., Обидов Н.Ф. Исследование условий работы и характера изнашивание зубьев ковшей экскаваторов // Научно-технический журнал ФерПИ, -Фаргона, 2019.-№ 3, -С.134÷138. (05.00.00, №20).
5. Shukurov R.U., Ruzibaev A.N., Shukurov N.R., Umarov A.I. Increasing the capability of cutting elements of excavators under operation of NMMC // Журнал «European science», Издательство «Проблемы науки» - Российская Федерация, 2020.-№ 3, -С.20÷22.
6. Шукуров Р.У., Рузибаев А.Н., Таджиходжаева М.Р. Методика расчета ресурса режущих органов ковшей экскаваторов //Журнал «Вестник ТАДИ», -Ташкент, 2013.-№ 2-3, -С.12÷18. (05.00.00, №15).
7. Рузибаев А.Н. Методика проведения испытаний зубьев ковша экскаватора // Журнал «Горный Вестник Узбекистана», -Навои, 2012.-№ 1. - С.82÷84. (05.00.00, №7).
8. Шукуров Р.У., Рузибаев А.Н., Ражина М.А., Орзиев Ш.Ш. Повышение долговечности зубьев ковшей экскаваторов // Журнал «Вестник ТАДИ», -Ташкент, 2011.-№ 3-4, -С.53÷59. (05.00.00, №15).
9. Рузибаев А.Н. Исследование условий работы и характера изнашивание зубьев ковшей экскаваторов // Журнал «Горный Вестник Узбекистана», -Навои, 2010.-№ 3, -С.90÷92. (05.00.00, №7).
10. Шукуров.Р.У., Рузибаев А.Н. Эффективность методов поверхностного и объёмного упрочнения зубьев экскаватора // Журнал «Строительство: Новые технологии – новое оборудование», -М., 2010.-№ 5, -С.52÷54.

II бўлим (II часть; II part)

11. Рузибаев А.Н. Методы повышения износостойкости рабочих органов одноковшовых экскаваторов // Materials of the international scientific-online conference on “INNOVATIVE ACHIEVEMENTS IN SCIENCE – 2020” Ferghana, 2020. -С.646
12. Шукуров Р.У., Рузибаев А.Н., Обидов Н.М. Выбор зубьев ковшей одноковшовых экскаваторов в зависимости от условий эксплуатации // Материалы II Международной конференции “Комплексное инновационное развитие Зарафшанского региона: достижения, проблемы и перспективы” -Навои, 2019. -С.578.
13. Рузибаев А.Н., Жураев Д.Д., Хасанова Ш.И., Абдиев Б.К., Нажимов Ё.Э. Study of the wear of the teeth of buckets for mining excavators // LVI International correspondence scientific and practical conference «International scientific review of the problems and prospects of modern science and education» Boston. USA. 2019. -14.
14. Рузибаев А.Н., Одилов Д.Н., Саттаров Д.О., Мансуров М.Х. Интенсивность износа зубьев ковша экскаваторов на карьере «Мурунтау» // Сборник статей XXVI Международной научно-практической конференции, «WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS», Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2018. -С.91.
15. Рузибаев А.Н. Объёмное упрочнение зубьев ковшей экскаваторов. // Материалы Международной научно-технической конференции: «Перспективы инновационного развития Горно-металлургического комплекса».-Навои, 2018. -С.69.
16. Шукуров Р.У., Рузибаев А.Н. Выбор рациональной формы рабочих органов землеройных машин // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Перспективы развития дорожно-транспортных и инженерно-коммуникационных инфраструктур» -Ташкент, 2017. -С.423.
17. Рузибаев А.Н. Исследование по абразивному изнашиванию рабочих органов экскаваторов // Материалы IX Международной научно-технической конференции: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». -Навои, 2017. -С.159.
18. Шукуров Р.У., Рузибаев А.Н. Определение конструкционной износостойкости опытных рабочих органов и наплавочных материалов // Сборник материалов Республиканской научной и научно-технической конференции «Перспективы подготовки высококвалифицированных кадров для предприятий автомобильно-дорожного комплекса Республики Узбекистан» -Ташкент, 2016. -С.433.
19. Рузибаев А.Н. Методы повышения долговечности машин и оборудования. // Материалы Республиканской научно-технической конференции Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития. -Навои, 2016. -С.201.

20. А.Н.Рузибаев, Р.У.Шукуров, И.П.Эгамбердиев Зуб ковша экскаватора // Агентство по интеллектуальной собственности при министерстве юстиции Республики Узбекистан. Патент: № FAP 01419. 23.08.2019г.

Автореферат «ТДТУ ахборотномаси» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табоғи: 3. Адади 100. Буюртма № 252.

Гувоҳнома № 10-3719
“Тошкент кимё технология институти” босмаҳонасида чоп этилган.
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Навоий кўчаси, 32-уй.