

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА  
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ  
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSC.28.02.2018.Т.03.04 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**МИРЗАЕВ НАЖМИДДИН НОРМАТОВИЧ**

**ТРАКТОР ТРАНСМИССИЯ АГРЕГАТЛАРИ ДЕТАЛЛАРИГА БЎЛГАН  
ТАЛАБНИ МОЙДАГИ ЕЙИЛИШ МАҲСУЛОТЛАРИ БЎЙИЧА  
АНИҚЛАШ УСЛУБИЯТИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

**Тошкент – 2019**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
автореферати мундарижаси  
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)  
по техническим наукам  
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Мирзаев Нажмиддин Норматович**

Трактор трансмиссия агрегатлари деталларига бўлган талабни мойдаги ейилиш маҳсулотлари бўйича аниқлаш услубиятини ишлаб чиқиш.....3

**Мирзаев Нажмиддин Норматович**

Разработка методики определения потребности в деталях трансмиссии тракторов по продуктам износа в масле .....23

**Mirzaev Najmiddin Normatovich**

Development of methods for determining the need for details of the transmission of tractors for wear products in oil .....43

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works.....46

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА  
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ  
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSC.28.02.2018.Т.03.04 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**МИРЗАЕВ НАЖМИДДИН НОРМАТОВИЧ**

**ТРАКТОР ТРАНСМИССИЯ АГРЕГАТЛАРИ ДЕТАЛЛАРИГА БЎЛГАН  
ТАЛАБНИ МОЙДАГИ ЕЙИЛИШ МАҲСУЛОТЛАРИ БЎЙИЧА  
АНИҚЛАШ УСЛУБИЯТИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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

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

**Тошкент – 2019**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида № В2019.3.PhD/Т1311. рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Ислон Каримов номидаги Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифада ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) ва «Ziyonet» ахборот-таълим порталида ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) жойлаштирилган.

<b>Илмий раҳбар:</b>	<b>Иргашев Амирқул</b> техника фанлари доктори, профессор
<b>Расмий оппонентлар:</b>	<b>Шукуров Рустам Уткурович</b> техника фанлари доктори, профессор <b>Бабашев Қутлимурад Айтмуратович</b> техника фанлари номзоди, доцент
<b>Етакчи ташкилот:</b>	<b>Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти</b>

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги DSc.28.02.2018.Т.03.04 рақамли Илмий кенгашнинг «6» декабр 2019 йил соат 15<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўч., 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz)).

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 117 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси., 2. Тел.: (99871) 246-03-41).

Диссертация автореферати 2019 йил «22» ноябр куни тарқатилди.  
(2019 йил «22» ноябрдаги №117 - рақамли реестр баённомаси)

**К.А.Каримов**

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

**Н.Дж.Тураходжаев**

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

**Р.И.Каримов**

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

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

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Жаҳонда машина ва механизмларнинг агрегат ва узелларини интенсив диагностикалаш усулларидан фойдаланиб, энергия ва ресурс тежамкорлигини таъминлаш муаммосини ҳал қилиш алоҳида аҳамият касб этмоқда. Шу билан бир қаторда сўнгги йилларда машина трансмиссия агрегатларининг деталларига бўлган талабни мойдаги ейилиш маҳсулотлари бўйича аниқлаш масалалари, уларнинг техник ҳолатини қисқа муддатда ташхислаш ва эҳтиёт қисм деталларига бўлган талабни аниқлаш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Бу борада қатор мамлакатлар, жумладан АҚШ, Германия, Англия, Япония, Россия, Хитой, Ҳиндистон ва бошқа мамлакатларнинг илмий-тадқиқот марказларида трансмиссия агрегатларининг деталларга бўлган талабни қисқа муддат ичида аниқлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳон амалиётида трансмиссия агрегатларининг деталларга бўлган талабини, ресурс тежамкорлик бўйича таъминлашга қаратилган илмий-тадқиқот ишлари кенг қўламда олиб борилмоқда. Ушбу йўналишда агрегат мойи таркибидаги ифлослантирувчиларнинг миқдор ва сифат жиҳатларини аниқлаш, агрегат қартерларига даврий равишда мой қуйилганда ейилиш маҳсулотлари миқдорининг ўзгариши, эҳтиёт қисмларга бўлган талабни аниқлаш, агрегат мойининг таркибида шестерня тишлари ейилиш маҳсулотларининг жамланиши, агрегат мойининг думалаш подшипниклари элементларининг ейилиш маҳсулотлари билан ифлосланиши, агрегатларнинг мойида шлицали бирикмалар ейилишидан ҳосил бўлган ейилиш маҳсулотларини аниқлаш услубиятларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Шу билан бирга трансмиссия агрегатларини деталларга бўлган талабда энергия ва ресурстежамкор усул қўллаш орқали трансмиссия агрегатларининг ташхислаш жараёнини такомиллаштириш технологиясини ишлаб чиқиш зарур ҳисобланади.

Республикамизда ғилдиракли тракторлардан фойдаланиш кенг йўлга қўйилган бўлиб, уларнинг асосий қисмини транспортда, қишлоқ ва сув хўжалигида, қурилишда ҳамда йўл қурилишида фойдаланилиб, уларнинг эҳтиёт қисм деталларига бўлган талабининг ресурстежамкорлигини таъминлаш бўйича муайян натижаларга эришилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «... макроиқтисодий барқарорликни мустаҳкамлаш ва юқори иқтисодий ўсиш суръатларини сақлаб қолиш, миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ... иқтисодиётда энергия ва ресурс сарфини камайтириш, ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг жорий этиш»<sup>1</sup> вазифаси белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан ейилиш эпораси ва мойдаги ейилиш маҳсулотларининг миқдори бўйича машина агрегатлари деталларининг эҳтиёт қисмларга бўлган талабини аниқлашни тако-

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

миллаштириш муҳим вазифалардан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги Фармони ва 2017 йил 7 июлдаги ПҚ-3117-сон “Қишлоқ хўжалик машинасозлиги соҳасида илмий-техника базани янада ривожлантириш чора тадбирлари тўғрисида”ги Қарори, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682 – сон “Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

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

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунё олимлари томонидан трактор трансмиссия агрегатлари деталларига бўлган талабни аниқлаш услубиятини ишлаб чиқиш бўйича кўплаб илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган. Дунёнинг етакчи мамалакатлари олимлари, жумладан С.Р.Anand, К.Gupta, F.Saeidi, B.Y.Wei, J.H.Shaikh, F.K.Choy, D.Walton, H.Brendan, Y.Naruse, X.B. Tan, C.H.Ratsimba, S.Kucharski, Z.Mròz ва бошқалар, ушбу муаммони тадқиқ қилишда ўзларининг улкан ҳиссаларини кўшганлар. Хорижлик олимлардан жумладан Ҳиндистонлик тадқиқотчилар К.П.Ананд ва К.Дж. Нилешлар томонидан тўғри конусли тишли узатмаларга абразив ишлов бериш жараёни ёрдамида сиртнинг тозалигини ва микрогеометрик характеристикаларини оптималлаштириш усули ишлаб чиқилган. Шунингдек Р. Прабху Секар ва Р Сатишкумарлар томонидан нормал туташув коэффициентига эга бўлган агрегат тишли ғилдирак жуфтликларининг ейилиш-бардошлилигини ошириш моделлари ишлаб чиқилган.

МДҲ олими Д.А. Едуков томонидан, ўсимлик минерал мойига магнит гидродинамик ишлов бериш йўли билан трактор трансмиссияларининг тишли узатмаларининг ейилиш тезлигини пасайтириш услуби ишлаб чиқилган. А.А.Орехов трансмиссия мойининг мақбул ҳароратидан фойдаланиш йўли билан трактор трансмиссиясининг тишли узатмаларининг ейилиш жадаллигини камайтириш услубини ишлаб чиққан. Ўзбек олимларидан У.А.Икрамов, А.Иргашев ва Қ.Х.Маҳкамолар трактор трансмиссия агрегатлари деталларининг абразив муҳитда ейилишбардошлилиги назариясини ва ишлатиш шароитида ушбу деталларнинг ейилишбардошлилигини ошириш бўйича услубиятларини яратишган. Ш.А.Шообидов, А.А.Тожибоев ва Қ.А.Шариповлар машина деталларининг коррозия барқарорлигини ошириш, машина ва механизмларнинг трансмиссия агрегатларининг эҳтиёт қисмга бўлган талабини аниқлаш ҳамда ишлатилган мотор ва трансмиссия мойларининг регенерациялаш усулларини ишлаб чиқишган.

Бироқ трактор трансмиссия агрегатлари деталларига бўлган талабни мойдаги ейилиш маҳсулотлари бўйича аниқлаш услубиятини ишлаб чиқиш ва

унинг самарадорлигини баҳолашни такомиллаштириш масалалари ўрганилмаган.

**Диссертация тадқиқотининг бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.**

Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университетининг илмий-тадқиқот ишлари режасининг № 15-004 – “Машина ва механизмларнинг куч узатиш агрегатларининг деталларини техник ҳолатини ишлатиш даврида бўлакларга ажратмасдан зудлик билан ташхислаш” (2009-2011) ва № Ф-2-27 – “Мобил машина ва саноат ускуналари агрегатларининг тишли узатмалари ейилишбардошлилигини оширишнинг илмий асосларини яратиш” (2012-2016) лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** машина агрегатлари деталларининг мойдаги ейилиш маҳсулотларининг миқдори асосида, эҳтиёт қисмларга бўлган талабини аниқлаш услубиятини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

тишли ғилдиракларнинг, думалаш подшипникларининг ва шлицали бирикмаларнинг ейилишбардошлилиги ва хизмат муддатига таъсир этувчи омиллар таъсирини тадқиқ қилиш;

машина деталларининг эҳтиёт қисмларга бўлган талабини аниқлашнинг мавжуд усулларини ўрганиш асосида, ушбу муаммонинг ечимини ишлаб чиқиш;

тадқиқот объекти ва эҳтиёт қисмларга бўлган талабга таъсир этувчи омилларни асослаш услубиятларини ишлаб чиқиш;

трактор кўшимча охириги узатмасининг эҳтиёт қисмга бўлган талабини мойда ейилиш маҳсулотларининг тўпланиши асосида назарий тадқиқ қилиш;

тадқиқот натижаларининг иқтисодий самарадорлигини баҳолаш;

машина агрегати деталларининг ейилишбардошлилиги асосида эҳтиёт қисмга бўлган талабини аниқлаш натижалари бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш ва уларни ушбу муаммо долзарб бўлган соҳа корхоналарига жорий этиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида АЖ “Тошкент қишлоқ хўжалик техникаси заводи” (Тошкент трактор заводи) тракторларининг трансмиссия агрегатлари тишли ғилдираклари, думалаш подшипниклари ва шлицали бирикмалари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети**ни тракторларнинг трансмиссия агрегатларида ейилиш натижасида содир бўладиган тўхтовлар, ҳамда тишли ғилдираклар, валлар, думалаш подшипниклари, шлицали бирикмаларнинг мойдаги ейилиш маҳсулотлари ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлил, математик статистика қонун ва қоидалари ҳамда мавжуд меъёрий ҳужжатларда келтирилган усуллардан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

тишли ғилдираклар, думалаш подшипниклари ва шлицали бирикмаларнинг агрегат мойи таркибидаги ейилиш маҳсулотларининг миқдори бўйича эҳтиёт қисмларга бўлган талабини аниқлаш услубияти ишлаб чиқилган;

агрегатга даврий равишда мой куйиб борилганда ейилиш маҳсулотларининг миқдори ўзгаришини баҳолаш услубияти ишлаб чиқилган;

абразив муҳитда ишловчи ғилдирак тишларидан, думалаш подшипниклари ва шлицали бирикма қисмларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг миқдорини баҳолаш имконини берувчи назарий боғланишлар аниқланган;

шестерня тишларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг миқдорини аниқлаш мақсадида ғилдирак тишининг профили бўйича унинг ейилиш эпюрасини қуриш услубияти яратилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

мойдаги ейилиш маҳсулотлари миқдори бўйича тишли ғилдиракларга, думалаш подшипникларига ва шлицали бирикмаларга эҳтиёт қисм сифатида ишлатиладиган деталларга бўлган талабни бартараф этиш услубиятини ишлаб чиқиш орқали тракторни техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлашда туриб қолиш муддатини 2-3 мартта қисқартириш имконини берган;

агрегатга даврий равишда мой куйиб бориш билан мойдаги ейилиш маҳсулотларининг миқдорини зудлик билан баҳолаш имконини берувчи услубият ишлаб чиқиш орқали тракторга техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлашда туриш вақти 20-30% га камайишига олиб келган;

абразив муҳитда ишловчи шлицали бирикмалардан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотлари миқдорини аниқлаш имконини берувчи назарий жиҳатдан асосланган усул тракторни техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлашда туриб қолишини 25-30% га қисқартириш имконини берган;

шестерня тишларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг миқдорини аниқлаш мақсадида тиш профилининг эпюрасини қуриш услубияти тишли ғилдиракнинг техник ҳолатини диагностика қилиш вақтини 40-50% га қисқартириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги аниқ қўйилган вазифа изланишларнинг замонавий услуб ва ўлчаш воситаларидан фойдаланган ҳолда ўтказилганлиги, олинган ўлчаш ва экспериментал тадқиқот натижалари математик статистика усуллари билан қайта ишланганлиги, назарий тадқиқотларнинг экспериментал тадқиқотлар натижаларига мослиги, бажарилган тадқиқотлар асосида ишлаб чиқилган тавсиялар ва техник ечимларни қўллаш орқали тракторларнинг дала синовларида ижобий натижалари ва амалиётга жорий этилганлиги билан таққослаш орқали изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти трактор агрегатлари тишли узатмаларини, думалаш подшипникларини ва шлицали бирикмаларининг ейилиш-бардошлилигини ва мойдаги ейилиш миқдори бўйича эҳтиёт қисмларга бўлган талабини куч узатиш агрегатларини лойиҳалаш ва уларнинг ишлаб чиқиш жараёнларида фойдаланиш даражалари аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти мойдаги ейилиш маҳсулотларининг миқдори бўйича эҳтиёт қисмларга бўлган талабни аниқ-

лашда, тракторлар трансмиссия агрегатларига техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлаш жараёнида фойдаланиш учун хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Трактор трансмиссия агрегатлари мойидаги ейилиш маҳсулотларининг миқдори бўйича эҳтиёт қисмларга бўлган талабни аниқлаш жараёнида олинган илмий натижалар асосида:

агрегатга даврий равишда мой қуйиб бориш билан ундаги ейилиш маҳсулотларининг миқдорини зудлик билан баҳолаш имконини берувчи услубият “Сурхондарёагросервис” МЧЖ МТПда жорий этилган (“Ўзагросервис” АЖнинг 2019 йил 14 июндаги 09-03/03-818-сон маълумотномаси). Натижада тракторга техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлашни кутиш вақти 20–30% га камайишига эришилган;

абразив муҳитда ишловчи шлицали бирикмалардан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотлари миқдорини аниқлаш имконини берувчи услубият “Сурхондарёагросервис” МЧЖ МТПда жорий этилган (“Ўзагросервис” АЖнинг 2019 йил 14 июндаги 09-03/03-818-сон маълумотномаси). Натижада тракторга техник хизмат кўрсатиш ва таъмирлашда туриб қолиш вақтини 25–30% га қисқартириш имкони яратилган;

шестерня тишларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг миқдорини аниқлашда тиш профилининг эпюрасини куриш услубияти “Сурхондарёагросервис” МЧЖ МТПда жорий этилган (“Ўзагросервис” АЖнинг 2019 йил 14 июндаги 09-03/03-818-сон маълумотномаси). Натижада тишли ғилдиракнинг, думалаш подшипникларининг ва шлицали бирикмаларнинг техник ҳолатини ташхислаш вақти 40–50% га қисқариши таъминланган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертациянинг тадқиқот натижалари 6 та, жумладан 2 та халқаро ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида ва симпозиумларида муҳокамадан ўтган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича 20 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестация Комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этишга тавсия этилган илмий нашрларда 10 та мақола, жумладан, 3 та халқаро ва 7 та республика журналларида нашр этилган. 1 та монография чоп этилган ва 1 та дастурий маҳсулотга гувоҳнома олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация иши кириш, тўртта боб, хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил қилади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ ТАРКИБИ

**Кириш** қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари, объекти ҳамда предмети ифодаланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг

илмий янгилиги ва асосий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, олинган назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Куч узатиш агрегатлари деталларининг ейилишбардошлилиги ва хизмат муддатига таъсир этувчи омиллар тафсилоти»** деб номланган биринчи бобида муаммонинг бугунги кундаги ҳолати ўрганилган. Тишли ғилдиракларнинг, думалаш подшипникларининг, цлицали бирикмаларнинг ейилишбардошлилиги ва хизмат муддатига таъсир этувчи омиллар ва машина деталларининг эҳтиёт қисмларга бўлган талабни аниқлашнинг мавжуд усуллари таҳлил қилинган.

Эҳтиёт қисмларга бўлган талабни аниқлашга қаратилган тадқиқотларнинг таҳлили шуни кўрсатадики тишли узатмаларнинг, думалаш подшипникларининг ва шлицали бирикмаларнинг геометрик, кинематик ва динамик кўрсаткичларини уларнинг ейилишбардошлилигига ва хизмат муддатига таъсирини белгиловчи ушбу жиҳатларнинг эҳтиёт қисмларга бўлган талаби ўрганилаётган деталлар учун етарли даражада ўрганилмаган ва шу асосида тадқиқот вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг **«Тадқиқот объектини танлаш ва эҳтиёт қисмларга бўлган талабга таъсир этувчи омилларни асослаш услубиятлари»** деб номланган иккинчи бобида Т28Х4М ва МТЗ-80 русумдаги тракторларни ишлатиш шароитида кузатиб борилганда 655 та тўхтовлар содир бўлиши аниқланди. Тўхтовларнинг катта қисми трактор ва автомобилларнинг трансмиссия агрегатларига тўғри келади, унинг натижасида, яроқсиз ҳолатдаги деталларнинг сони тишли ғилдиракларда -34,2%, валларда -31,4% ва думалаш подшипникларида -79,4% ни ташкил қилди.

Аксарият ҳолларда тўхтовлар асосан шестерня ва шлицали бирикма тишларининг ейилишбардошлилигининг таъминланмаслиги; шарикли ва роликли подшипниклардаги радиал ва ўқ бўйича йўналган тирқишларнинг ошиб кетиши натижасида уларни тез-тез белгиланган ресурснинг таъминланмаслиги натижасида алмаштириб турилиши талаб этилади. Шундай қилиб трактор трансмиссия агрегатларида содир бўладиган ушбу ҳолатлар диссертация мавзусининг долзарб масалага бағишланганлигини кўрсатади.

Трансмиссия мойида тўпланиб борадиган ифлослантирувчиларнинг умумий миқдори ТТ3100 К.11 тракторининг ишлаш муддатига боғлиқ бўлган ҳолда аниқланди, бунинг учун синов қишлоқ хўжалигини механизациялаш илмий-тадқиқот институтининг дала полигониди тракторларнинг қўшимча охирги узатмасида ўтказилди. Аниқланадиган ифлослантирувчиларнинг миқдори илмий автотранспорт институти (НАТИ) методикаси асосида олиб борилди. Ифлослантирувчиларнинг 4 мкм ва ундан катта бўлган ўлчамлари гуруҳларига ажратилди ва МБР-3 русумдаги биологик микроскопда олиб борилди.

Ифлослантирувчиларнинг кимёвий таркиби МФС-7 қурилмасида айланма ҳаракат қилувчи дискли электрод ёрдамида эмиссион-спектрал усулда аниқланди. Агрегат мойидаги темирнинг миқдори деталларнинг ейилиш маҳсулотларининг миқдорини характерлайди, кремний ва алюминий эса

мойдаги тупроқ характерига эга бўлган абразив заррачаларнинг асосини ташкил этувчилари кварц ва гелинозем ҳисобланади, уларнинг қиймати қиёслаш графиги асосида аниқланади. Қиёслаш графиги бўйича ўлчов натижаларининг ўртача арифметик қиймати милливольтларда бўлиб, мой таркибида ўлчаниши лозим бўлган элементнинг миқдори бир тонна мойга тўғри келувчи граммларда ҳисобланган заррачалар миқёсида олиб борилади.

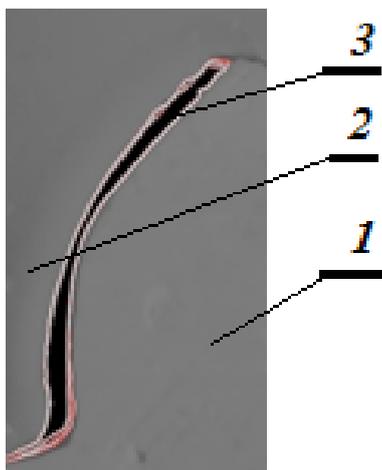
Тракторлардан фойдаланиш даврида деталларнинг меъёр даражасида нормал мойланишини таъминлаш мақсадида агрегат картерига даврий равишда тоза мой қуйиб турилади, бунда ҳар бир қўшимча мой қуйилишидан сўнг мойдаги умумий ейилиш маҳсулотларининг миқдори пасаяди, ушбу ҳолат кўриб чиқилаётган агрегат учун эҳтиёт қисм сифатида фойдаланиладиган деталларнинг сонини аниқлаш бўйича олиб борилган ҳисоб натижаларига таъсир кўрсатади.

Агрегат картерига даврий равишда мой қуйиб борилганда, ундаги ейилиш маҳсулотларининг миқдорини ҳисоблаш ифодаси қуйидаги кўринишда ифодланади,

$$\varepsilon_{uz} = a \cdot t(1 - k)(1 - (1 - k)^n) \frac{1}{k}, \quad (1)$$

бунда  $a$ -мойдаги ейилиш маҳсулотларининг бир соат давомида ортиши;  $t$ -мойни алмаштириш муддати;  $k$ - мойни алмаштириш муддатидаги агрегат картерига мой қуйишлар сони.

Шундай қилиб, атроф-муҳитнинг юқори чанглилик шароитида ишловчи агрегат картери мойида тўпланиб борувчи ейилиш маҳсулотларининг миқдори, агрегат картерининг герметиклигига ва янги мойни қуйиш даврийлигига боғлиқ.



**1-расм. Шестерня тишининг чизикли ейилишини қолип олиш услубида аниқлаш схемаси: 1 – шестерня тиши; 2 – қолип; 3 - ейилиш миқдори.**



**2-расм. Ёпик контурли куч узатма деталларининг ейилиш бардошлигини синаш стенди.**

Тишли ғилдирак ва шлицали бирикма тишларининг чизикли ейилиш миқдорини аниқлашнинг қолип олиш услуби яратилди. Бу услубнинг моҳияти шундан иборатки, номинал ўлчамга эга бўлган шестерня ёки шлица тишини

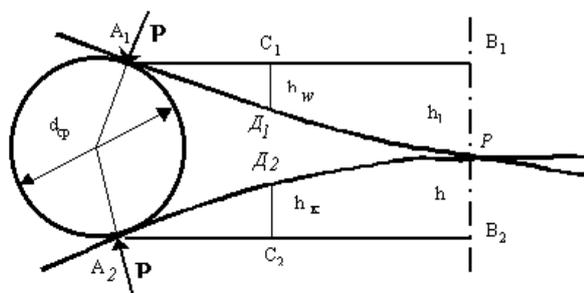
асбестдан тайёрланган қолип материалга тиш баландлиги бўйича жойлаштирилиб, ейилиши ўлчанадиган тишнинг профили қолип олиш учун тайёрланган материал билан қопланади ва у тиш сиртига зичланади.

Қолип олинадиган ғилдирак ва шлица тишини қолип материалдан осон ажратиб олиш мақсадида, тишнинг сирти қовушқоқлиги паст бўлган ўсимлик мойи билан юпқа қатламда мойланади (1-расм).

Қолип материали қотгандан сўнг у тиш сиртидан оҳиста ажратиб олинади ва олинган қолип горизонтал плитага жойлаштирилади.

Қўшимча охирги узатма деталларининг ейилиш миқдорини тадқиқ қилиш учун ёпиқ контурли шароитда ишловчи, ишлатиш талабларига тўлиқ жавоб берувчи шароитда 1000 мото-соат давомидаги фойдаланиш даврига тўғри келувчи 72 соат давомида 2-расмда келтирилган стенда синаш йўли билан, агрегатдаги деталларнинг ейилиш қонуниятлари синашни тезлаштириш йўли билан (синаш жараёни агрегат деталларини ишлатиш шаротига нисбатан бурчак тезлигини тезлаштириш коэффициенти 16,6 ни ташкил қилади. Бунинг учун трактор ғилдирагининг ўртача бурчак тезлиги  $0,5 \text{ с}^{-1}$  да, стенда трактор қўшимча охирги узатмасининг етакланувчи шестернясининг бурчак тезлиги  $8,3 \text{ с}^{-1}$ ) амалга оширилди. Агрегатни синаш, натижаларини олиш ва уларни таҳлил қилиш 12 соат даврийликда олиб борилди.

Синашнинг ҳар бир даврийлигидан сўнг агрегатни ташкил этувчи деталларнинг ейилишни ўлчаш, қонуниятларини вақт бўйича ўзгаришини аниқлаш ва уларни тадқиқ қилиш мақсадида агрегат деталлари кесимида бўлақларга ажратилди ва деталларининг чизикли ейилиш миқдорини аниқлаш мақсадида уларда микрометраж ўтказилди. Эҳтиёт қисмларга бўлган талабни аниқлаш учун тадқиқ қилинган қўшимча охирги узатманинг 3 та тишли (етақловчи, оралик ва етакланувчи) ғилдираклари; 6 та думалаш подшипниклари, улардан 4 таси ГОСТ 8328-75 талабларига жавоб берувчи цилиндрлик роликли подшипниклар, ушбу подшипниклардан биттаси №12218 етакловчи шестернянинг валига, иккитаси №12609 оралик шестернянинг ўқиға ва биттаси №2313 етакланувчи шестерня валига ўрнатилган; иккитаси ГОСТ 83333-75 талабларига жавоб берувчи шарикли подшипниклардан иборат бўлди, улардан бири № 216 подшипник етакловчи валга, иккинчи №315 подшипник эса етакланувчи валга ўрнатилган. Тадқиқ қилинадиган деталлар гуруҳига



3-расм. Шестерня тишларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш махсулотларининг тўпланиш тезлигини ҳисоблаш схемаси.

етақловчи ва етакланувчи шестерняларнинг шлицали валлари, етакловчи ва етакланувчи шестерняларнинг шлицали гупчакларида ҳам микрометраж ўтказилди. Ушбу деталлар учун дастлаб мойни бир маротаба алмаштириш муддатига тўғри келувчи ейилиш миқдори, ундан сўнг эса рухсат этилган чегаравий ейилиш миқдори бўйича 100 та трактор учун талаб этилган эҳтиёт қисмлари сони аниқланди.

Диссертациянинг «Эҳтиёт қисмга талабни агрегат мойида ейилиш маҳсулотларининг тўпланиши асосида тадқиқ қилиш» деб номланган учинчи бобида трактордан фойдаланиш жараёнида куч узатиш агрегатлари мойида шестерня тишларидан, думалаш подшипниклари элементларидан, шлицали бирикма тишларидан ейилиш маҳсулотлари тўпланишининг назарий ва амалий тадқиқотлари натижалари келтирилган.

Тишли узатмаларда ғилдираклар тишларининг баландлиги бўйича сирпаниши чизиқли қонуниятга тўғри келганлиги сабабли унинг баландлиги бўйича ейилиш миқдорининг ўзгариши ҳам чизиқли қонуниятга риоя қилади. Ғилдиракларда тишнинг каллаги унинг тубига нисбатан 8-9% кўпроқ ейилади. Илашиш қутбининг ейилиш миқдори тиш каллаги ейилишининг 6-7% ни ташкил қилади.

Тишли узатмада илашиш модули 1 ммдан 10 мм гача катталашиб, узатишлар нисбати 2 га тенг бўлганда, тишли узатмадаги ҳар бир подшипникка тўғри келувчи ейилиш маҳсулотларининг ҳиссаси 5% дан 3% гача пасайиши аниқланган. Думалаш подшипникларидан мойга тушувчи ейилиш маҳсулотлари асосий қисми ички ва ташқи ҳалқадан, думалаш жисмлари (шариклар ва роликлар) дан ва сепаратордан тушади. Улардан ҳосил бўлган ейилиш маҳсулотларининг 32-34% ички ҳалқага, 24-26% ташқи ҳалқа ва думалаш жисмларига, 16-18 % сепараторга тўғри келади.

Шлицали бирикмалар тишларининг ён томонларидан зарбали урилиш натижасида эзилиши ҳисобига ишдан чиқади. Бунда шлицанинг ҳар 10 мм узунлигига, тишли ғилдиракларнинг умумий ейилишининг 0,05-0,08% мос келади.

Агрегат мойидаги абразив заррачалар мавжуд бўлганда шестерня тишларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг тўпланиш тезлигини ҳисоблаш 3 – расмда келтирилган схема асосида амалга оширилади,

$$\gamma_{aw,k} = \frac{1,78 \cdot \sigma_a \cdot S^2 \cdot d_{cp} \cdot \varepsilon_k^{3/2} \cdot \Gamma_{w,k} \cdot n_{w,k} \cdot \psi \cdot \gamma_m^{1/2} \cdot \gamma}{H_{w,k} \cdot \gamma_a^{1/2} \cdot i \cdot n_{pw,k}}, \quad (2)$$

бунда  $\sigma_a$ - абразив заррачанинг сиқишга мустаҳкамлиги;  $S$  -сирпаниш йўли;  $d_{cp}$ - мойдаги абразив заррачанинг ўртача ўлчами;  $\varepsilon_k$ - мойдаги абразив заррачаларнинг миқдори;  $\Gamma_{w,k}$ - абразив заррачанинг мустаҳкамлигини ишқаланиш сиртининг қаттиқлигига нисбатини ҳисобга олувчи коэффициент;  $n_{w,k}$ - тишли ғилдиракларнинг айланишлар частотаси;  $\psi$  -ғилдирак тишларининг нисбий сирпаниш коэффициенти;  $\gamma_m$ -агрегат мойининг зичлиги;  $\gamma$ -ейилиш маҳсулотларининг зичлиги;  $H_{w,k}$ -тишли ғилдирак материалининг қаттиқлиги;  $\gamma_a$ -абразив заррача материалининг зичлиги;  $i$ -узатишлар нисбати;  $n_{pw,k}$ - тишли ғилдирак ишқаланиш материални бузилишга олиб келувчи цикллар сони.

Тишнинг қалинлиги бўйича чегаравий ейилиш қиймати  $U_{\pi}=0,2m$  га тенг бўлса, унда шестерняни тўлиқ яроқсиз ҳолатга ўтишдаги хизмат муддати,

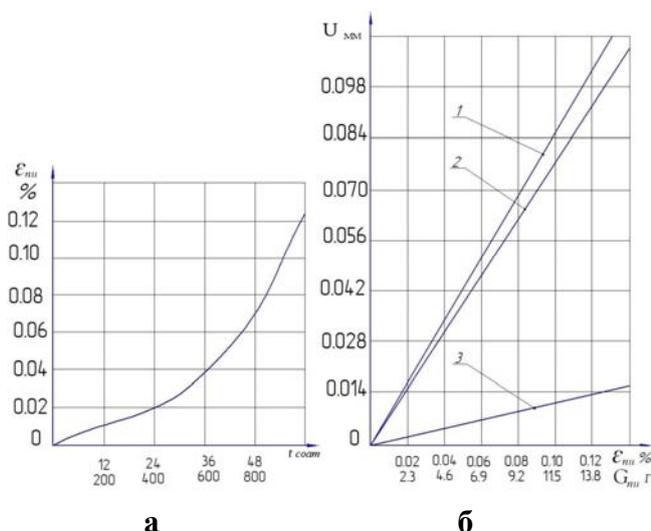
$$T_n = \frac{0,2 \cdot m \cdot H_{w,k} \cdot \gamma_a^{1/2} \cdot i \cdot n_{pw,k}}{1,78 \cdot \sigma_a \cdot S^2 \cdot d_{cp} \cdot \varepsilon_k^{3/2} \cdot \Gamma_{w,k} \cdot n_{w,k} \cdot \psi \cdot \gamma_m^{1/2} \cdot \gamma}, \quad (3)$$

бунда  $m$ -илашиш модули.

Тишли узатманинг хизмат муддати  $T_{с.с.}$  га тенг бўлса, у ҳолда талаб этиладиган эҳтиёт қисмларнинг сони:

$$N_{з.ч.} = \frac{1,78\sigma_a S^2 d_{cp} \varepsilon_k^{3/2} \Gamma_{w,k} n_{pw,k} \psi \gamma_m^{1/2} \gamma T_{с.с.}}{0,2m H_{w,k} \gamma_a^{1/2} i \psi_{w,k}^t} \quad (4)$$

Ҳисоб натижаларига мувофиқ, қўшимча охирги узатма шестерня тишларининг ейилиш маҳсулотларининг умумий миқдорининг - 30,61% етакловчи, - 38,80% оралиқ ва - 30,59% етакланувчи шестерня тишларига тўғри келади.



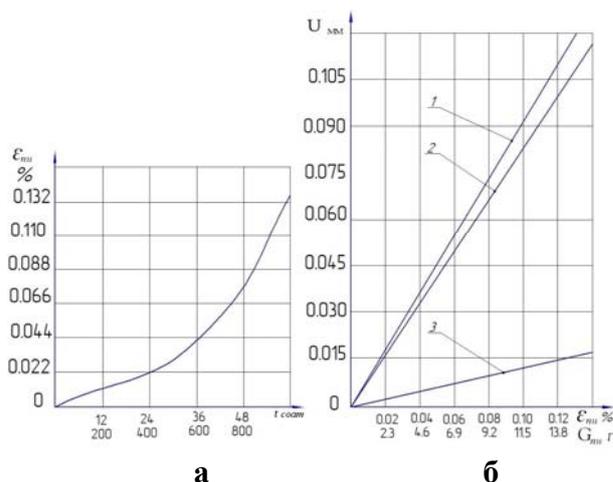
**4-расм.** Етакловчи шестерня тишларининг ейилиши: а-ейилиш маҳсулотларининг тўпланишини синаш вақтига нисбатан ўзгариши; б-чизиқли ейилиш миқдорининг ейилиш маҳсулотларининг тўпланишга нисбатан ўзгариши: 1-тишнинг каллаг; 2-тишнинг туби; 3-тишли узатманинг илашиш қутби.

синалганда агрегат мойига даврий равишда қўшиб борилаётган абразив заррачалар ҳисобига фаол абразив заррачаларнинг миқдорининг ортиб бориши билан тушунтириш мумкин. Тракторлардан фойдаланиш даврида эса, улар 400 соат ишлагандан сўнг агрегат картерининг герметиклигининг 3,5 маротаба ёмонлашганлиги натижа-сида, агрегат картерига кирувчи абразив заррачалар миқдорининг ошганлигини кўрсатади.

4,б- 5,б- ва 6,б-расмларда шестернялар тишларининг чизиқли ейилиш миқдорининг ейилиш маҳсулотлари

Қўшимча охирги узатма етакловчи, оралиқ ва етакланувчи шестернялар тишларининг ейилиш маҳсулотлари ва чизиқли ейилиш миқдорини синаш муддатига ва абразив заррачаларнинг миқдорига нисбатан ўзгариши 4, 5 ва 6-расмларда келтирилган. Синов натижаларининг таҳлили шуни кўрсатадики, кейинги 24 соат синов муддатида ейилиш маҳсулотларининг тўпланиши биринчи 24 соат синов муддатига нисбатан, ейилиш маҳсулотларининг тўпланишига нисбатан 2,4–2,5 марта ошганини кўрсатди.

Бундай ҳолатни стенда



**5-расм.** Оралиқ шестерня тишларининг ейилиши: а-ейилиш маҳсулотларининг тўпланишини синаш вақтига нисбатан ўзгариши; б-чизиқли ейилиш миқдорининг ейилиш маҳсулотларининг тўпланишга нисбатан ўзгариши: 1-тишнинг каллаг; 2-тишнинг туби; 3-тишли узатманинг қутби.

микдорининг (мойдаги ейилиш маҳсулотларининг массасини) тўпланишига нисбатан ўзгариши келтирилган. Ушбу боғланишларда ейилиш маҳсулотлари микдорининг ортиб бориши шестерня тишларининг чизикли ейилиш микдорининг ҳам ўсишига олиб келди. Бу ҳолат келтирилган икки кўрсаткич ўртасида тўғри пропорционаллик қонунияти мавжудлигини кўрсатади. Тиш каллаги, туби ва илашиш кутби ўртасида ҳам юқорида келтирилган нисбат сақланиб қолганлигини тасдиқлайди.

Дастлабки 400 соат давомида мойдаги ейилиш маҳсулотларининг ўзгариши чизикли қонуниятга мос келиши, кейинги 400-1000 соат оралиғида агрегат картери зичлигининг бир хил даражада ушлаб турилиши, агрегат мойидаги абразив заррачалар фаоллигининг пасайиши билан боғлиқ. Шунинг учун ҳам сўнгги 400 соат давомида мойдаги ейилиш маҳсулотларининг микдори 6,60 мартадан 3,07 мартагача пасайди.

Подшипник элементларининг сиртидан мойга тушувчи ейилиш маҳсулотлари унинг туташув соҳасида жойлашган абразив заррачалар билан ишқаланиш сиртларининг кўп маротаба қайта деформацияланиши натижасида ажралиб чиқади. Думалаш подшипниклари элементларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг тўпланиш тезлиги:

ички (ташқи) ҳалқа тарнови учун

$$\gamma_{в,н} = \frac{259,44\sigma_a^3 d_u^2 \Gamma(i_{1,2} \pm 1)^2 (1 - \cos \beta_i)^2 d_{cp} \varepsilon_\kappa^{1/2} n n_u \gamma}{n_p i_{1,2} H (H + H_u)^2}, \quad (5)$$

шарчалар учун

$$\gamma_u = \frac{259,44\sigma_a^3 d_u^2 \Gamma(i_1 - 1)^2 (1 - \cos \beta_i)^2 (i_2 + 1) d_{cp} \varepsilon_\kappa^{1/2} n \gamma}{n_p i_{1,2} H (H + H_u)^2}, \quad (6)$$

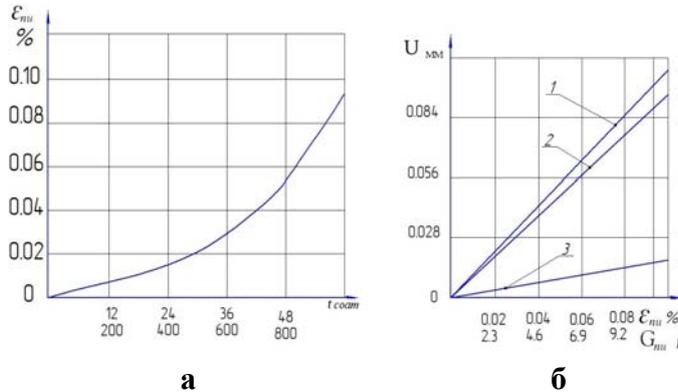
бунда  $d_u$ - подшипник шарчасининг диаметри;  $i_{1,2}$ -ички (ташқи) ҳалқа диаметрининг шарча диаметрига нисбати;  $\beta_i$ -подшипник шарчасини ташқи ҳалқа тарнови билан қоплаш коэффиценти;  $n$  – подшипникдаги ҳалқалар сони.

Подшипникнинг чегаравий радиал тирқишининг қиймати  $U_n$  га тенг бўлса, подшипникнинг тўлиқ ишдан чиқиш вақти:

$$T_{nv} = \frac{U_n n_p i_2 H (H + H_u)^2}{259,44 \sigma_a^3 d_u^2 \Gamma(i_2 - 1)^2 (1 - \cos \beta_i)^2} \cdot \frac{1}{d_{cp} \varepsilon_\kappa^{1/2} n \gamma (n_u + i_2 + 1)(i_1 + i_2)}. \quad (7)$$

Подшипникнинг белгиланган хизмат муддати  $T_{с.с.}$  ни ташкил қилса, эҳтиёт қисм сифатида фойдаланиладиган подшипниклар сони:

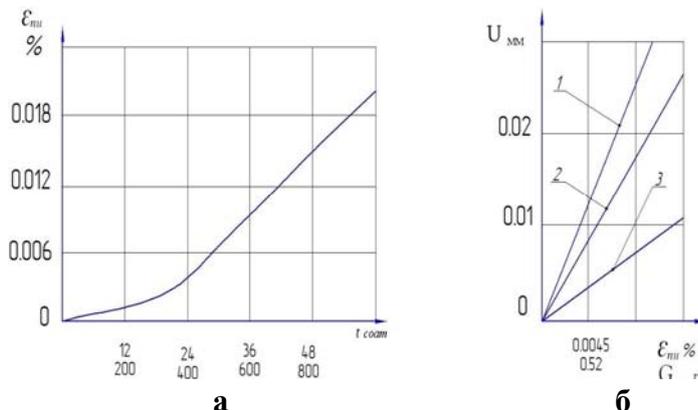
$$N_{з.ч.} = \frac{259,44 \sigma_a^3 d_u^2 \Gamma(i_2 - 1)^2 (1 - \cos \beta_i)^2}{U_n \psi^i i_2 H (H + H_u)^2} \cdot d_{cp} \varepsilon_k^{1/2} n \gamma (n_u + i_2 + 1) (i_1 + i_2) T_{c.c.} \quad (8)$$



**6-расм.** Етакланувчи шестерня тишларининг ейилиши: а-ейилиш маҳсулотларининг тўпланишининг синаш вақтига нисбатан ўзгариши; б-чизикли ейилиш миқдорининг ейилиш маҳсулотларини тўпланишга нисбатан ўзгариши: 1-тишнинг каллаги; 2-тишнинг туби; 3-тишли ўзатманинг қутби.

ҳалқанинг сирпаниш йўли ички ҳалқанинг сирпаниш йўлига нисбатан ҳар доим каттароқ бўлади.

Роликлар ейилиш маҳсулотининг миқдори бўйича аниқланган чизикли тезлиги ташқи ҳалқа чизикли тезлигининг 28,57 % ни, ички ҳалқа чизикли тезлигининг 41,18 % ни ташкил қилади. Роликли подшипникларда келтирилган қонуниятлар шарикли подшипникларда ҳам содир бўлади, лекин мойга тушувчи ейилиш маҳсулотларининг ҳиссаси роликларга қараганда 3-4 маротабага кам. Шарикли подшипниклардаги бундай ҳолат роликларнинг



**7-расм.** №2313 роликли подшипникнинг ейилиши: а-ейилиш маҳсулотларининг тўпланишини синаш вақтига нисбатан ўзгариши; б-чизикли ейилиш миқдорининг ейилиш маҳсулотларини тўпланишнинг ўзгариши: 1-ички ҳалқа; 2-ташқи ҳалқа; 3-роликлар.

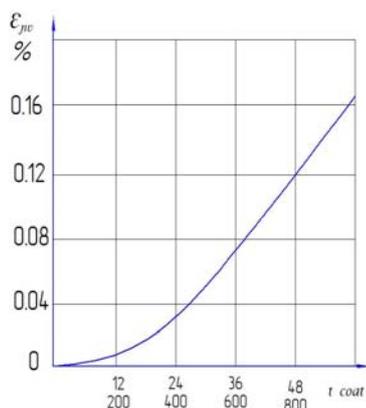
Подшипникдан фойдаланишнинг биринчи 400 соатида ейилиш маҳсулотларининг миқдори, дастлаб нисбатан кичикроқ тезликда, сўнг эса агрегат картери герметиклигининг нисбатан пасайиши натижасида мойдаги абразив заррачаларнинг миқдори ортиши ҳисобига мойдаги ейилиш маҳсулотларининг миқдори ҳам ортиб боради. Ейилишдаги бундай ҳолатни подшипник узелларидаги ташқи ҳалқанинг сирпаниш йўли билан боғлиқ деб тушунтириш мумкин, чунки подшипник ишлаганда ташқи ейилишбардошлилигига нисбатан янада юқорироқ талаб қўйилиши лозим эканлигини кўрсатади.

Вал ва шестерня гупчаги шлицаларидан иборат бўлган бирикма тирқишида қўшимча охириги узатма мойдаги абразив заррачаларнинг ўртача ўлчамига тенг бўлган қалинликдаги мой билан мойланиб туради ва шлицали бирикма тирқишидаги абразив заррачаларнинг миқдори, агрегат мойи таркибидаги абразив заррачаларнинг миқдorigа тенг бўлган ҳолат

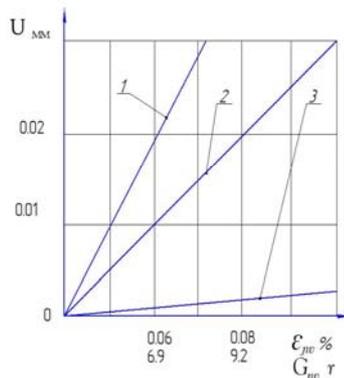
учун мой таркибидаги абразив заррачалар таъсирида шлицали бирикма деталларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулот-ларининг тўпланиш тезлиги,

$$\gamma_{em} = \frac{20,35 \cdot \varepsilon_{\kappa}^2 \cdot L \cdot h \cdot Z \cdot v_{1a} \cdot \gamma \cdot n_{ш}}{d_{yp}^2 n_{p(ш)}}, \quad (9)$$

бунда  $L$  – шлицанинг узунлиги;  $h$  – шлица тишининг баландлиги;  $Z$  – шлица тишларининг сони;  $v_{1a}$  – сферик шаклдаги биргина абразив заррачанинг ҳажми



а



б

**8-расм. 315 шарикли подшипнигнинг ейилиши: а – ейилиш маҳсулотлари тўпланишининг синаш вақтига нисбатан ўзгариши; б – чизиқли ейилиш микдорининг ейилиш маҳсулотларининг тўпланишига нисбатан ўзгариши. 1-ички халқа; 2-ташқи халқа; 3-шариклар**

Шлицали бирикмадан хизмат муддати оралиғида агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг массаси,

$$G_{em} = L \cdot ([S] - S_6) \cdot \frac{D - d}{2} \cdot Z \cdot \gamma, \quad (10)$$

бунда  $S_6$  – шлица тишлари орасидаги бошланғич ёнбош тирқиш;  $[S]$  – ёнбош тирқишнинг рухсат этилган қиймати;  $D$  ва  $d$  – шлица тишининг ички ва ташқи диаметрлари.

Шлицали бирикманинг ресурсига тенг бўлган вақт давомида агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг миқдори:

$$G_{emp} = \frac{20,35 \cdot \varepsilon_{\kappa}^2 \cdot L \cdot h \cdot Z \cdot v_{1a} \cdot \gamma \cdot n_{ш} \cdot R}{d_{yp}^2 n_{p(ш)}}, \quad (11)$$

бунда  $R$  – шлицали бирикманинг ресурси.

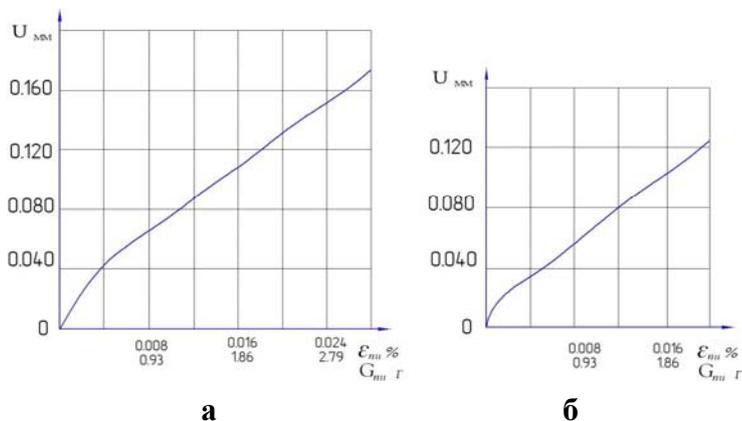
Шлицали бирикма тўлиқ ресурсига тенг вақт давомида ишлаганда 100 та тракторнинг қўшимча охириги узатмасини эҳтиёт қисмга бўлган талаби,

$$N = \frac{100 \cdot G_{emp}}{G_{em}}. \quad (12)$$

Илашмадаги етакловчи вал шлицасидан 12 соат давомида стендда (200 соат ишлатиш шароитида) ажралиб чиқадиган ейилиш маҳсулотларининг миқдори, етакловчи шестерня шлицасига қараганда 1,4 маротаба, етакланувчи вал шлицасидан ажралиб чиқадиган ейилиш маҳсулотлари эса етакланувчи шестерня шлицасига қараганда 1,7 маротабага кўпроқ эканлиги аниқланди (9-расм). Бундай ҳолатни шестерня тишларининг қаттиқлигини вал шлицаси тишларининг қаттиқлигидан юқори эканлиги билан тушунтириш мумкин.

**Диссертациянинг «Қўшимча охириги узатманинг эҳтиёт қисмга бўлган талабини мойдаги ейилиш маҳсулотларининг миқдори бўйича аниқлаш ва унинг иқтисодий самарадорлигини баҳолаш» деб номланган тўртинчи**

бобида куч узатиш агрегатларнинг тишли ғилдиракларини, думалаш подшипникларни ва шлицали бирикмаларни эҳтиёт қисмларга талаби ейилиш маҳсулотлари миқдори бўйича аниқлаш жараёни кўриб чиқилган. Ейилиш эпюраси асосида агрегат деталларининг ейилиш маҳсулотларининг миқдори аниқланди.



9-расм. Етакловчи вал ва етакловчи шестерня шлицаларининг қўшимча охири узатма мойидаги ейилиш маҳсулотлари миқдори бўйича аниқланган шлица чизикли ейилишининг ўзгариши: а) етакловчи вал учун; б) етакловчи шестерня учун.

Қўшимча охири узатма шестерняларига эҳтиёт қисм сифатида бўлган талаб ғилдирак тишларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг миқдори асосида 10-расмда келтирилган қўшимча охири узатма ғилдирак тишининг ейилиш маҳсулотлари миқдорини аниқлашда ейилган сиртларининг ўзаро жойлашиш тархидан фойдаланилди.

Етакловчи шестерня тишларининг умумий ейилиш ҳажми: трактор олдинга ҳаракатланганда,

$$V_{вед} = 1,024 \cdot a_1 \cdot m \cdot L_{вед} \quad (13)$$

бунда  $a_1$  - етакловчи шестерня тиши каллагининг ейилиши;  $L_{вед}$  - етакловчи шестерня тишининг узунлиги.

Трактор орқага ҳаракатланганда:

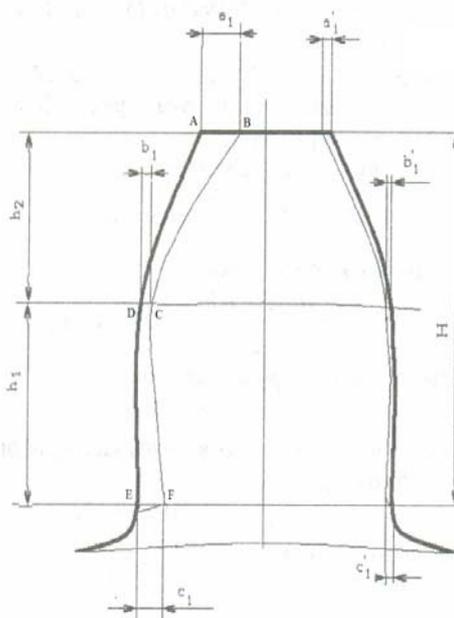
$$V_{оз} = 0,04 \cdot 1,024 \cdot L_{вед} \cdot a_1 \cdot m \quad (14)$$

Шестернянинг барча тишларини умумий ейилиш маҳсулотларининг ҳажми трактор олдинга ва орқага ҳаракатланганда ушбу шестерня тишларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг йиғиндисидан иборат:

$$V_{овш} = 1,065 \cdot L_{вед} \cdot a_1 \cdot m \cdot Z_1, \quad (15)$$

бунда  $Z_1$  - етакловчи шестерня тишларининг сони

Оралик шестерня тишларининг умумий ейилиш ҳажми: Оралик шестерня тиши каллагининг ейилишини, етакловчи шестерня тиши каллагининг ейилиши орқали аниқланган қиймати



10-расм. Қўшимча охири узатманин шестернялари тишларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотлар миқдорини ҳисоблаш учун ейилган сиртларнинг жойлашиш тархи.

$a_{1n} = 0,937 \cdot a_1$  га тенг, унда трактор олдинга ҳаракатланганда:

$$V_{нзн} = 0,958 \cdot a_1 \cdot m \cdot L_n \quad (16)$$

бунда  $L_n$ - оралик шестерня тишининг узунлиги.

Трактор орқага ҳаракатланганда:

$$V_{озн} = 0,038 \cdot a_1 \cdot m \cdot L_n \quad (17)$$

Оралик шестернянинг барча тишларининг умумий ейилиш ҳажми трактор олдинга ва орқага ҳаракатланганда ушбу шестерня тишларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг йиғиндисидан иборат:

$$V_{ошу} = 0,996 \cdot L_n \cdot a_1 \cdot m \cdot Z_2 \quad (18)$$

бунда  $Z_2$ - етакланувчи шестерня тишларининг сони.

Етакланувчи шестерня тишларининг умумий ейилиш ҳажми:

Етакланувчи шестерня тиши каллагининг ейилишини, етакловчи шестерня тиши каллагининг ейилиши орқали аниқланган қиймати  $a_{1e} = 0,577 \cdot a_1$

га тенг, унда трактор олдинга ҳаракатланганда:

$$V_{нзе} = 0,591 \cdot a_1 \cdot m \cdot L_e \quad (19)$$

бунда  $L_e$ - етакловчи шестерня тишининг узунлиги.

Трактор орқага ҳаракатланганда:

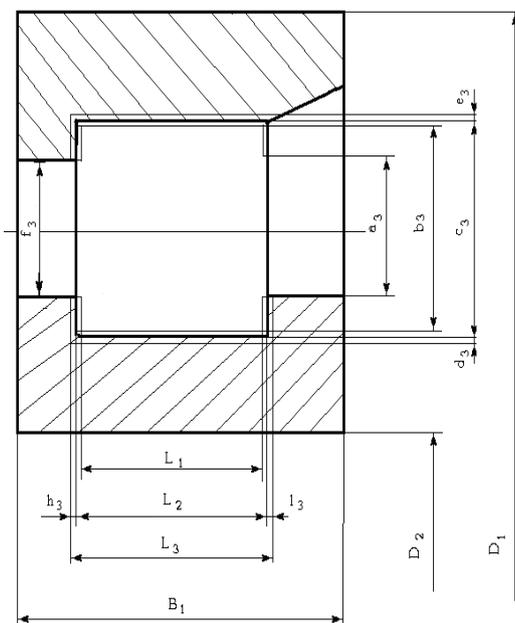
$$V_{озе} = 0,024 \cdot a_1 \cdot m \cdot L_e \quad (20)$$

Етакланувчи шестернянинг барча тишларининг умумий ейилиш ҳажми трактор олдинга ва орқага ҳаракатланганда ушбу шестерня тишларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг йиғиндисидан иборат:

$$V_{ову} = 0,615 \cdot L_e \cdot a_1 \cdot m \cdot Z_3 \quad (21)$$

бунда  $Z_3$ - етакланувчи шестерня тишларининг сони.

Трактор қўшимча охири узатмасининг барча шестернялари тишларидан агрегат мойига тушувчи



**11-расм.** Ейилиш маҳсулотларининг миқдорини ҳисоблаш мақсадида фойдаланиладиган роликли подшипникларининг ейилган сиртларининг жойлашиш эпюраси.

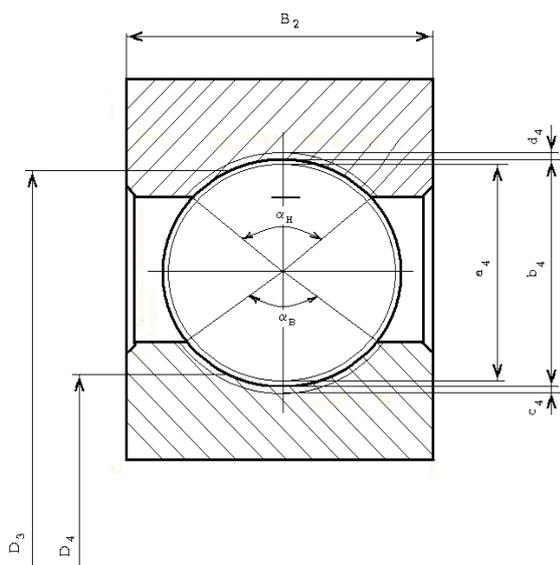
умумий ейилиш маҳсулотларининг ҳажми:

Қўшимча охири узатмадаги барча шестерняларнинг тишлари узунлиги ( $L$ ) га тенг бўлса,

$$V_{обзн} = L \cdot m \cdot a_1 \cdot (1,065 \cdot Z_1 + 0,963 \cdot Z_2 + 0,615 \cdot Z_3) . \quad (22)$$

Қўшимча охири узатмаларнинг шестерняларига эҳтиёт қисм сифатида талаб:

$$N_i = \frac{100 \cdot T_e \cdot V_i}{K_i \cdot [U] \cdot T_{см} \cdot L \cdot m \cdot Z_i} , \quad (23)$$



12-расм. Кўшимча охири узатма шарчали подшипниклари элементларининг ишқаланиш сиртидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг миқдорини ҳисоблашда фойдаланиш учун ейилган сиртларнинг жойлашиш тарҳи.

қуйидагича тақсимланади: ташқи халқага 41 - 45%, ички халқага 53,2 - 57,2% ва роликларга 1,6 - 2,0%.

Подшипник элементлари ейилишларининг йиғиндисини  $U$  орқали белгилаб, мойни бир марта алмаштириш муддатидаги радиал ейилишнинг ўртача қиймати аниқланди.

Мойни бир марта алмаштириш даврида №12218 цилиндрлик роликли думалаш подшипникларининг ейилиш маҳсулотлари ҳажмини радиал ейилиш натижасида ҳосил бўлган ички, ташқи халқалар ва роликлар ейилишларининг йиғиндисини сифатида қараш мумкин:

$$V_1 = 0,239 \cdot U^2 \cdot L_2 + 0,145 \cdot U^2 \cdot L_2 + 0,00025 \cdot U^2 \cdot L_2 \cdot Z_p \quad (24)$$

бунда  $L_2$  - роликлар тарновининг узунлиги;  $Z_p$  - подшипникдаги роликлар сони.

Шу муддат ичида ички, ташқи халқалар ва роликларнинг ейилиш эпюрасидан аниқланган №12218 подшипник элементларининг умумий ҳажмий радиал ейилишининг қиймати қуйидаги (22) ифодадан аниқланади:

$$U_e = \sqrt{\frac{V_1}{L_2(0,384 + 0,00025 \cdot Z_p)}} \quad (25)$$

Мойни бир марта алмаштириш муддатидаги эҳтиёт қисм сифатида фойдаланиладиган №12218 подшипниклар сони уни радиал ейилишини ҳисобга олувчи қуйидаги (26) ифода ҳосил қилинган:

$$N_e = \frac{100 \cdot T_e}{[U_n] \cdot T_{cm}} \sqrt{\frac{V_1}{L_2(0,384 + 0,00025 \cdot Z_p)}}; \quad (26)$$

бунда  $T_e$  - тракторнинг йил давомида бажарган иш ҳажми;  $K_f$  - ейилиш маҳсулотлари коэффиценти;  $[U]$  - шестерня тиши каллагининг рухсат этилган ейилиш миқдори;  $T_{cm}$  - агрегат мойини алмаштириш муддати.

Куч узатиш агрегатларининг роликли подшипникларга эҳтиёт қисм сифатида талаби подшипник элементларининг ейилиш миқдори-га боғлиқ.

Бунинг учун 11-расмдаги келтирилган подшипникнинг ейилиш эпюрасидан фойдаланилди.

Ишлатиш шароитида мойни бир марта алмаштириш муддати (1000 мото-соат) давомида ишлаган цилиндрлик роликли подшипник элементларида радиал ейилиш

Агрегатдаги шарчали подшипникларнинг (12-расм) эҳтиёт қисмга талаби №216 шарчали подшипник элементларининг ейилиш маҳсулотлари миқдори асосида аниқланган.

Подшипник элементларининг радиал ейилиши натижасида агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг умумий ҳажми ҳисоблаш мақсадида (27) ушбу ифода келтирилган:

$$V_{216} = 0,00415 \cdot \alpha \cdot U_{ш} \cdot (4 \cdot d_{ш} \cdot D_4 - 0,816d_{ш}^2 + 2,364 \cdot d_{ш} \cdot D_3); \quad (27)$$

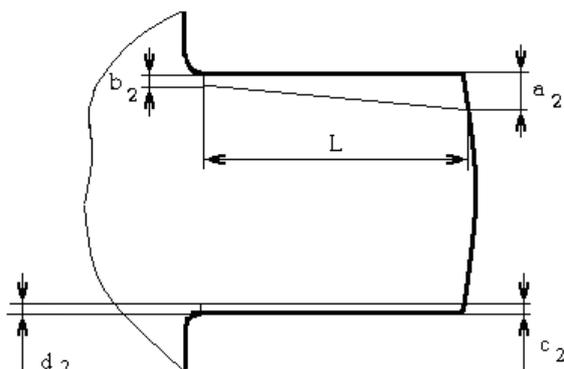
№216 подшипникнинг умумий ейилишини ( $U_{ш}$ ) га нисбатан ечиб, қуйидаги ифода ҳосил қилинган:

$$U_{ш} = \frac{60,25 \cdot V_{216}}{\alpha \cdot (d_{ш} \cdot D_4 - 0,203d_{ш}^2 + 0,591 \cdot d_{ш} \cdot D_3)}; \quad (28)$$

Йил давомида  $T_6$  га тенг вақт давомида ишлаган агрегатга эҳтиёт қисм сифатида фойдаланиладиган шарчали подшипникларга талаби қуйидаги (29) ифодадан аниқланади:

$$N_6 = \frac{6025 \cdot T_6 \cdot V_{216}}{[U_{ш}] \cdot T_{см} \alpha \cdot (d_{ш} \cdot D_4 - 0,203d_{ш}^2 + 0,591 \cdot d_{ш} \cdot D_3)}; \quad (29)$$

бунда  $\alpha$  - шарчаларни подшипникнинг ички ва ташқи ҳалқалари билан қамраш бурчаги.



13-расм. Қўшимча охирги узатма вал ва шестернялар шлицаларининг ейилиш маҳсулотларининг миқдорини ҳисоблаш учун қурилган ейилиш эпюраси

Агрегатдаги шлицали бирикмаларининг эҳтиёт қисмга талабини бирикма элементларининг мойидаги ейилиш маҳсулотлари миқдори асосида эҳтиёт қисм сифатида талаб этиладиган етакловчи вал ва етакловчи шестернядан иборат бўлган шлицали бирикмани мойидаги ейилиш маҳсулотлари бўйича аниқланди.

Етакловчи шестерня ва шлицаларининг барча тишларидан агрегат мойига тушувчи ейиш маҳсулотларининг умумий ҳажми:

$$V_{овш} = \frac{1,04 \cdot a_2}{2} \left(1 + \frac{R_6 - L}{R_6}\right) \cdot L \cdot L_{ш6} \cdot Z_{ш6}, \quad (30)$$

бунда  $R_6$  - шлицали валнинг ташқи радиуси;  $L_{ш6}$  - етакловчи вал шлицали гупчагининг узунлиги;  $Z_{ш6}$  - валдаги шлицалар сони.

Етакловчи шестерня шлицаси барча тишларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг умумий ҳажми:

$$V_{овш} = \frac{1,04 \cdot a_2}{2} \left(\frac{HB_{к}}{HB_{ш}} + \frac{R_6 - L}{R_6}\right) \cdot L \cdot L_{ш6} \cdot Z_{ш6}, \quad (31)$$

бунда  $HB_x$  ва  $HB_u$ - вал (13-расм) ва шестерня шлицаларининг қаттиқлиги.

Тракторнинг йиллик иш ҳажми  $T_e$  га, етакловчи вал ва етакловчи шестерня шлицасининг мойни бир марта алмаштириш муддатига тўғри келувчи рухсат этилган ҳажмий ёнбош ейилиши мос равишда ёнбош тирқиш  $[U_B]$  ва  $[U_{ш}]$ га боғланган бўлса, у ҳолда эҳтиёт қисм сифатида талаб этиладиган шлицали вал ва шестернялар сони 100 трактор учун қуйидагича аниқланади:

етақловчи вал учун,

$$N_e = \frac{100 \cdot T_e \cdot a_{2e}}{[U_B] \cdot T_{cm}}; \quad (32)$$

етақловчи шестерня учун,

$$N_{en} = \frac{100 \cdot T_e \cdot a_{2u}}{[U_u] \cdot T_{cm}}; \quad (33)$$

«Спектрометр» аппаратини қўллаш натижасида меҳнат унумдорлигининг 7-8 мартаба ортиши ҳисобига олинган йиллик иқтисодий самарадорлик 100 трактор учун 136.241.300 сўмни тежаш имкониятини берди.

## ХУЛОСА

«Трактор трансмиссия агрегатларининг деталларга бўлган талабини мойдаги ейилиш маҳсулотлари бўйича аниқлаш услубиятини ишлаб чиқиш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) илмий даражасини олиш учун тайёрланган диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Агрегат мойи таркибидаги ейилиш маҳсулотларининг миқдори асосида тишли ғилдиракларнинг чизиқли ейилиш даражасини аниқлаш услубияти ишлаб чиқилди. Бу услубият тишли ғилдиракларнинг ишдан чиқиши ва таъмир талаблик даражасини аниқлашда муҳим аҳамият касб этади.

2. Тракторнинг қўшимча охириги узатмаси қартердаги мой таркибида тўпланадиган ейилиш маҳсулотларининг манбаларини улуши аниқланди. Бу маълумотлар қўшимча охириги узатмадан фойдаланиш даврида мойдаги ейилиш маҳсулотлари асосида эҳтиёт қисм сифатида фойдаланиладиган тишли ғилдиракларнинг сонини аниқлашда муҳим аҳамият касб этади.

3. Агрегат мойи таркибидаги ейилиш маҳсулотларининг миқдорини баҳолаш услубияти ишлаб чиқилди. Бу услубият агрегатга даврий равишда мой қуйиш миқдорини аниқлаш имконини беради.

4. Абразив муҳитда ишловчи ғилдирак тишларидан, думалаш подшипниклари ва шлицали бирикма қисмларидан агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотларининг миқдорини баҳолаш имконини берувчи назарий боғланишлар келтириб чиқарилган. Бу назарий боғланишлар агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотлари миқдори асосида эҳтиёт қисмларга бўлган талабни аниқлаш учун хизмат қилади.

5. Ғилдирак тишининг профили бўйича унинг ейилиш эпюрасини қуриш услубияти яратилди. Бу услубият агрегат мойига тушувчи ейилиш маҳсулотлари миқдорини аниқлашда хизмат қилади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.28.02.2018.Т.03.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И НАЦИОНАЛЬНОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**МИРЗАЕВ НАЖМИДДИН НОРМАТОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ  
В ДЕТАЛЯХ ТРАНСМИССИИ ТРАКТОРОВ ПО ПРОДУКТАМ  
ИЗНОСА В МАСЛЕ**

**05.02.02 – Теория механизмов и машин. Машиноведение и детали машин**

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

**Ташкент – 2019**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2019.3.PhD/Т1311.**

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

Автореферат диссертации размещен на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу [www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz) Информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Иргашев Амиркул</b> доктор технических наук, профессор
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Шукуров Рустам Уткурович</b> доктор технических наук, профессор <b>Бабашев Кутлимурат Айтмуратович</b> кандидат технических наук, доцент
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Каршинский инженерно-экономический институт</b>

Защита диссертации состоится «6» декабрь 2019 г. в «15<sup>00</sup>» часов на заседании научного совета DSc.28.02.2018.Т.03.04 при Ташкентском государственном техническом университете и Национальном университете Узбекистана. Адрес: 100095, г.Ташкент, ул.Университетская, 2. Тел.: (99871)246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета за № 117, Адрес: 100095, г.Ташкент, ул.Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-03-41.

Автореферат диссертации разослан «22» ноября 2019 года.  
(протокол рассылки № 117 от «22» ноября 2019 г.).

**К.А.Каримов**

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

**Н.Дж.Тураходжаев**

Учёный секретарь научного совета по  
присуждению учёных степеней д.т.н., профессор

**Р.И.Каримов**

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

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире использование методов интенсивного диагностирования агрегатов и узлов машин и механизмов имеет важнейшую роль в обеспечении решения проблемы энерго-и ресурсосбережения. В то же время в последние годы определение потребности по продуктом износа, в деталях запасных частей для агрегатов трансмиссии, диагностирование их технического состояния и определение потребности к деталям-запасным частям считаются одними из важнейших задач. В связи с этим научно-исследовательские центры ряде стран, в том числе США, Германии, Англии, Японии, России, Китая, Индии и других стран, уделяют особое внимание вопросам определения за короткое время потребности агрегатов трансмиссии в деталях.

В мировой практике ведутся масштабные научно-исследовательские работы в плане ресурсосбережения направленные на обеспечение запасными частями деталей агрегатов трансмиссии. В этом направлении важное значение имеют: определение количественных и качественных характеристик загрязнителей в масле агрегатов, изменение количества продуктов износа при периодической доливке масла в агрегат, определение потребности на запасные части по продуктом износа в масле агрегата, разработка методов определения накапливающихся в масле агрегатов продуктов износа зубчатых передач, элементов подшипников качения и шлицовых соединений. В этой связи, необходимо разработать технологию, позволяющую усовершенствовать диагностику агрегатов трансмиссии через использование энергосберегающих методов трансмиссии.

В республике широко используются колесные тракторы, большинство из которых эксплуатируются на транспорте, в сельском хозяйстве, водном хозяйстве, в строительстве и дорожном строительстве, при этом достигаются определенные результаты в обеспечении ресурсосбережения в плане потребности на запасные части. В Стратегии развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годы, отмечаются задачи, в частности «... укрепление стабильности макроэкономики и удержание высоких темпов развития экономики, повышение конкурентоспособности национальной экономики, ... снижение ресурсо-и энергозатрат в экономике, широкое внедрение в производство технологий, обеспечивающих энергосбережение»<sup>1</sup>. Следование этим задачам, в том числе усовершенствование определения потребности в запасных частях деталей агрегатов машин по эпюре износа и по концентрации продуктов в масле являются важнейшими.

Постановления Призедента Республики Узбекистан УП №4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», ПП №3117 от 7 июля 2017 года «О мерах по дальнейшему развитию научно-технической базы в сфере сельскохозяйственного машиностроения» и ПП №3682 от 27 апреля 2018 года

---

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

«О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также другие задачи, обозначенные в нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере, легли в основу исследований, проведенных в этой диссертации, и служат в определенной степени для решения поставленных задач.

**Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

**Степень изученности проблемы.** Учеными ведущих стран мира проводились научно-исследовательские работы по разработке методики определения потребности агрегатов трансмиссии тракторов в деталях. Так, С.Р.Anand, К.Gupta, F.Saeidi, B.Y.Wei, J.H.Shaikh, F.K.Choy, D.Walton, H.Brendan, Y.Naruse, X.B. Tan, C.H.Ratsimba, S.Kucharski, Z.Mròz и другие внесли большую лепту в исследования данной проблемы. Среди зарубежных ученых, таких как Индийские исследователи К.П. Ананд и К.Дж.Нилеш, которые разработали метод оптимизации чистоты поверхности и микрогеометрических характеристик с помощью процесса абразивной обработки прямой конической передачи. А также Р. Прабху Секар и Р Сатишкумар разработали модели, повышающие износостойкость пар зубчатых колес, имеющих контакт в агрегате при нормальном коэффициенте.

Ученым из России Д.А. Едуковым разработан метод снижения скорости изнашивания зубчатых передач трансмиссии трактора, с использованием растительного минерального масла, подверженной магнитной гидродинамической обработки. А. А. Ореховым при использовании оптимальной температуры масла разработан метод снижения интенсивности изнашивания зубчатых передач трансмиссии трактора. Узбекскими учеными У.А. Икрамовым, А. Иргашевым и К.Х.Махкамовым создана теория износа деталей и методики повышения износостойкости этих же деталей агрегатов трансмиссии тракторов, работающих в абразивной среде. Ш.А. Шообидов, А.А.Тожибоев и К.А. Шарипов разработали методику повышения коррозионной стойкости деталей машин, определение потребности в запасных частях агрегатов трансмиссии машин и механизмов, а также регенерацию отработанных моторных и трансмиссионных масел .

Однако не изучены методики определения потребности в деталях трансмиссии тракторов по продуктам износа в масле и не исследованы задачи совершенствования оценки их эффективности.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения или научно-исследовательскими институтами, где выполнена диссертация.** Исследования по диссертационной работе выполнены в соответствии с планами научно-исследовательских работ Ташкентского государственного технического университета в рамках проектов: прикладного 15-004 «Экстренная диагностика технического состояния деталей агрегатов силовых передач машин и механизмов без их разборки в период эксплуатации» (2009-2012) и

фундаментального Ф-2-27 «Разработка научных основ повышения износостойкости зубчатых передач агрегатов мобильных машин и промышленного оборудования» (2012-2016).

**Цель исследования** состоит в разработке методики определения потребности в запасных частях, на основе изучения концентрации продуктов износа деталей в масле агрегатов машин.

**Задачи исследования:**

исследование влияния факторов, влияющих на износостойкость и срок службы зубчатых колес, подшипников качения и шлицевых соединений;

на основе изучения существующих методов в определении потребности в запасных частях, разработаны решения данной проблемы;

разработка методики обоснования объекта исследования и факторов, влияющих на потребность запасных частей;

теоретическое исследование потребности в запасных частях дополнительной конечной передачи трактора на основе накопления продуктов износа в масле;

оценка экономической эффективности результатов исследования;

разработка рекомендаций по определению потребности в запасных частях на основе износостойкости деталей агрегатов машин и внедрения этих рекомендаций в предприятия отрасли, где данная проблема актуальна.

**Объектом исследования** являются зубчатые колеса, подшипники качения и шлицевые соединения трансмиссии тракторов АО «Ташкентский завод сельскохозяйственной техники» (Ташкентский тракторный завод).

**Предмет исследования** составляют отказы, возникающие в результате износа деталей агрегатов трансмиссии тракторов, а также зубчатых колес, валов, подшипников качения, шлицевых соединений, а также продукты износа в масле.

**Методы исследований.** Использованы методика системного анализа, законы и правила математической статистики, а также использованы методы исследования, приведенные в существующих нормативных документах.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработана методика определения потребности в запасных частях зубчатых колес, подшипников качения и шлицевых соединений по концентрациям продуктов износа в масле агрегата;

разработана методика, оценки изменение концентрации продуктов износа при периодической доливке масла в агрегат;

определены теоретические зависимости, позволяющие оценить концентрации продуктов износа, выпадающих в масло агрегата из зубьев шестерен, подшипников качения и шлицевых соединений, работающих в абразивной среде;

разработаны методики для определения продуктов износа, выпадающих в масло агрегата из зубчатых колес по профилю зуба, и построения эпюры износа.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработка методики определения потребности в деталях, используемых в качестве запасных частей; зубчатые колеса, подшипники качения и шлицевые соединения по концентрациям продуктов износа в масле; методика позволяет

сократить время ожидания тракторов на техническое обслуживание и ремонте в 2-3 раза;

разработка методики, позволяющей экстренно оценить количество продуктов износа в масле при периодической доливке масла в агрегат, и снизить время ожидания трактора на техническом обслуживании и ремонте на 20-30%;

разработанный теоретически обоснованный метод позволяет определять количество продуктов износа, выпадающих в масло агрегата из шлицевых соединений, работающих в абразивной среде, и сокращает простой тракторов на техническом обслуживании и ремонте на 25-30%;

разработанная методика для определения продуктов износа в масле агрегата из зубьев шестерен в целях построения эпюры профиля зуба позволяет сократить время диагностики технического состояния зубчатых колес на 40-50%.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования основана на использовании современных методов, в том числе измерения; результаты измерений и экспериментальных исследований обрабатывались методами математической статистики, соответствие результатов теоретических и экспериментальных исследований, подтверждалась выполненными рекомендациями и полевыми испытаниями тракторов, с использованием сравнительных разработок и рекомендаций и технических решений объясняется внедрением положительных результатов и реализацией их на практике.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научное значение результатов исследования объясняется определением потребности в запасных частях по концентрациям продуктов износа в масле, износостойкости зубчатых передач подшипников качения, шлицевых соединений, в процессе проектирования и производстве силовых передач тракторных агрегатов.

Практическая значимость исследования заключается в определении потребности в запасных частях по концентрациям продуктов износа в масле, служит для использования в процессе технического обслуживания и ремонта агрегатов трансмиссии тракторов.

**Внедрение результатов исследования.** На основе научных результатов, полученных в процессе определения потребности в запасных частях по концентрациям продуктов износа в масле агрегатов трансмиссии тракторов:

методика позволяющая произвести экстренную оценку продуктов износа при периодической доливке масла внедрена на МТП ООО “Сурхондарё-агросервис” (справка № 09-03/03-818 АО “Узагросервис” от 14 июня 2019 года). В результате достигнуто сокращение времени ожидания трактора на техническом обслуживании и ремонте на 20-30 %.

методика позволяющая произвести определение концентрации продуктов износа, выпадающих в масло агрегата из шлицевых соединений, работающих в абразивной среде, внедрена на МТП ООО “Сурхондарёагросервис” (справка № 09-03/03-818 АО “Узагросервис” от 14 июня 2019 года). В результате созданы

условия сокращения времени простоя трактора на техническом обслуживании и ремонте на 25-30 %.

методики построения эпюры профиля зуба при определении концентрации продуктов износа, выпадающих в масло агрегата из шестерен, внедрена на МТП ООО “Сурхондарёагросервис” (справка № 09-03/03-818 АО “Узагросервис” от 14 июня 2019 года). В результате обеспечено сокращение времени диагностирования технического состояния зубчатых колёс подшипников качения и шлицевых соединений на 40-50%.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования диссертации были обсуждены на 6 научно-практических конференциях, в том числе на 2-х международных и 4-х республиканских конференциях и симпозиумах.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 20 научных работ. Из них 10 статей, в том числе 7 в республиканских и 3-в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций. Издана 1 монография и получено 1 свидетельство на программный продукт.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель, объект и задачи исследования, а также показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан, изложены научная новизна, практические результаты работы, обоснована надежность полученных результатов, раскрыта научная и практическая ценность, приведены сведения о внедрении результатов исследования в производство.

В первой главе диссертации **«Анализ факторов, влияющих на износостойкость и срок службы деталей агрегатов силовых передач»** изучено состояние проблемы в настоящее время. Исследованы факторы, влияющие на износостойкость и срок службы зубчатых колес, подшипников качения, шлицевых соединений. Проанализированы существующие методы определения потребностей на запасные части деталей машин.

Анализ результатов исследования, посвященный определению потребностей в запасных частях, показывает, что геометрические, кинематические и динамические показатели, определяющие износостойкость и срок службы зубчатых передач, подшипников качения и шлицевых соединений для этих деталей, достаточно не изучены, в результате чего сформулированы задачи исследования.

Во второй главе диссертации **«Методики выбора объекта исследования и обоснование факторов, влияющих на потребность в запасных частях»** в

процессе наблюдения тракторов Т28Х4М и МТЗ-80 в эксплуатационных условиях установлены 655 отказов. Большая часть отказов относится к агрегатам трансмиссии тракторов и автомобилей, в том числе детали, переходящие в негодное состояние, составляют: зубчатые колеса -34,2%, валы - 31,4% и подшипники качения -79,4%.

В большинстве случаев отказы или замена деталей возникают из-за недостаточной износостойкости зубьев шестерен и шлицевых соединений; в результате повышения радиального и осевого зазоров шариковых и роликовых подшипников и необеспечения установленного ресурса. Таким образом, рассматриваемые ситуации, возникающие в агрегатах трансмиссии тракторов, свидетельствуют об актуальности и практической ценности диссертации.

Общее количество загрязнителей, накапливающихся в масле трансмиссии, определялось в зависимости от продолжительности эксплуатации трактора ТТЗ100 К.11, для чего испытания проводились на дополнительной конечной передаче на полевом полигоне научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. Количество загрязнителей определялось на основе методики научный автотранспортный институт (НАМИ). Загрязнители размером 4 мкм и более разбивались на размерные группы, исследование проводилось с помощью биологического микроскопа марки МБР-3.

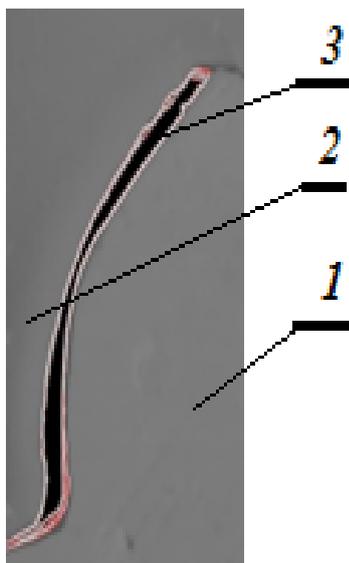
Химический состав загрязнителей определялся на установке МФС-7 эмиссионно - спектральным методом с помощью дискового электрода, выполняющего вращательное движение. Концентрация железа в масле агрегата характеризует концентрацию продуктов износа деталей, а кремний и алюминий являются основными составляющими абразивных частиц почвенного происхождения - кварца и гелинозема, значение которых определяется на основе сравнительного графика. Среднее арифметическое значение результатов замера по сравнительному графику измеряется в милливольтгах. Количество измеряемых элементов, приходящихся на одну тонну масла, ведется в граммах в пределах определяемых элементов.

В период эксплуатации тракторов в целях нормальной смазки деталей в картере агрегатов периодически доливаются чистое масло, при этом после каждой доливки дополнительного масла снижается общая концентрация продуктов износа, данное положение влияет на результаты произведенного расчета по определению количества деталей, используемых в качестве запасных частей.

При периодической доливке масла в картер агрегата расчет концентрации продуктов износа обозначается в следующем виде:

$$\varepsilon_{из} = a \cdot t(1 - k)(1 - (1 - k)^n) \frac{1}{k}, \quad (1)$$

где  $a$ -повышение продуктов износа в масле в течение одного часа;  $t$ -срок замены масла;  $k$ - количество доливок масла в картер агрегата в течение срока замены масла.



**Рис.1.** Схема определения линейного износа зуба шестерни методом получения формы зуба: 1 – зуб шестерни; 2 – форма для зуба; 3 – величина износа.



**Рис.2.** Стенд с замкнутым силовым контуром для испытания на износостойкость деталей силовых передач.

Таким образом, количество продуктов износа, накапливающихся в масле картера агрегата, работающего в условиях высокой запыленности окружающей среды, зависит от герметичности картера и периодичности доливки дополнительного масла.

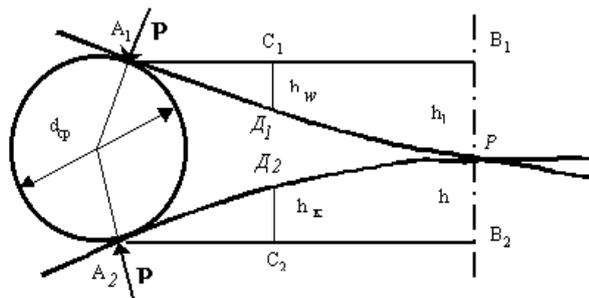
Разработана методика определения линейного износа зубьев зубчатых колес шлицевых соединений со снятием формы. Сущность этой методики заключается в том, что зуб шестерни или шлицы размещается по высоте зуба на материал на заранее подготовленную подставку. Для получения формы профиль зуба для измерения покрывается материалом для снятия формы, который в процессе получения формы уплотняется к поверхности зуба. В целях удобства и облегчения снятия формы с зуба колеса или шлицы поверхность зуба смазывается растительным маслом с низкой плотностью (рис. 1).

После затвердевания материала форма зуба плавно снимается с его поверхности и устанавливается на горизонтальной плите.

Ускоренные стендовые испытания проводились целью определения величины износа деталей дополнительной конечной передачи, для получения закономерности износа в течение 72 часов, соответствующих 1000 мото-часам времени эксплуатации, и отвечающим требованиям условий работы трактора.

Испытания проводились на стенде с замкнутым силовым контуром, представленным на рис.2, при этом коэффициент ускорения испытания был равен 16,6. Для чего средняя угловая скорость колеса трактора составила  $0,5 \text{ с}^{-1}$ , угловая скорость ведомой шестерни дополнительной конечной передачи  $8,3 \text{ с}^{-1}$ . В целях получения результатов испытания агрегатов проводились по программе 12- часовой периодичности.

После каждого периода испытания в целях измерения износа составляющих деталей агрегата, определения закономерности их изменения по



**Рис.3. Схема расчета скорости накопления продуктов износа, выпадающих в масло агрегата из зубьев шестерен.**

чающие требованиям ГОСТ 8328-75, один из этих подшипников №12218 установлен на вал ведущей шестерни, два подшипника №12609 на ось промежуточной шестерни и один подшипник №2313 установлен на вал ведущей шестерни; два шариковых подшипника, отвечающих требованиям ГОСТ 83333-75, один из них, подшипник №216, установлен на ведущий вал, а второй подшипник №315 установлен на ведомый вал. Для групп исследуемых деталей, состоящих из шлицевых валов, относящихся к шлицевым ступицам ведущих и ведомых шестерен, также проводился микрометраж. Для этих деталей сначала определяли величину износа за один срок замены масла, а затем, по допустимой величине износа определяли требуемое количество запасных частей для 100 тракторов.

В третьей главе диссертации «Исследование потребности на запасные части на основе концентрации продуктов износа в масле агрегата» приведены результаты теоретического и экспериментального исследования накопления продуктов износа, выпадающих в масло агрегата из зубьев шестерен, из элементов подшипников качения, из зубьев шлицевых соединений в масло силовых передач в процессе эксплуатации тракторов.

По линейной закономерности изменения скольжения по высоте зубьев колес зубчатых передач также соблюдается линейная закономерность изменения величины износа по его высоте. Износ головки зуба колес больше, чем ножки зуба на 8,6-8,8%. Износ полюса зацепления составляет 6,3-7,0% от головки зуба.

Увеличение модуля зацепления с 1 мм до 10 мм при передаточном отношении равно 2, доля продуктов износа, приходящаяся на каждый подшипник зубчатой передачи, снижается с 5 до 3%. Основная часть продуктов износа, выпадающих в масло, из подшипников качения попадает из внутреннего и наружного колец, из тел качения (шариков и роликов) и сепаратора. Из продуктов, поступающих в масло износа, приходится 32-34% на внутреннее кольцо, 24-26% на наружное кольцо и 16-18% на сепаратор.

Шлицевые соединения выходят из строя в результате смятия боковых сторон из-за резкого удара. При этом на каждые 10 мм длины шлицы приходится 0,05-0,08% общего износа зубчатых колес с одинаковой высотой зубьев.

При наличии абразивных частиц в масле агрегата расчет скорости накопления продуктов износа, выпадающих в масло агрегатов, производится

времени проводилась разборка деталей в целях определения линейного износа и проведения микрометража.

При определении потребности в запасных частях деталей для дополнительной конечной передачи необходимы: 3 зубчатых колеса (ведущее, промежуточное и ведомое); 6 подшипников качения, 4 из них цилиндрические роликовые подшипники, отвечающие требованиям ГОСТ 8328-75, один из этих подшипников №12218 установлен на вал ведущей шестерни, два подшипника №12609 на ось промежуточной шестерни и один подшипник №2313 установлен на вал ведущей шестерни; два шариковых подшипника, отвечающих требованиям ГОСТ 83333-75, один из них, подшипник №216, установлен на ведущий вал, а второй подшипник №315 установлен на ведомый вал.

согласно схеме, представленной на рис.3 а также по формуле:

$$\gamma_{aw,k} = \frac{1,78 \cdot \sigma_a \cdot S^2 \cdot d_{cp} \cdot \varepsilon_k^{3/2} \cdot \Gamma_{w,k} \cdot n_{w,k} \cdot \Psi \cdot \gamma_m^{1/2} \cdot \gamma}{H_{w,k} \cdot \gamma_a^{1/2} \cdot i \cdot n_{pw,k}}, \quad (2)$$

где  $\sigma_a$  - прочность абразивной частицы на сжатие;  $S$  - путь скольжения;  $d_{cp}$  - средний размер абразивной частицы;  $\varepsilon_k$  - концентрация абразивных частиц в масле;  $\Gamma_{w,k}$  - коэффициент, учитывающий соотношение прочности абразивных частиц и твердости поверхности трения;  $n_{w,k}$  - частота вращения зубчатого колеса;  $\Psi$  - коэффициент относительного проскальзывания зубьев шестерен;  $\gamma_m$  - плотность масла в агрегате;  $\gamma$  - плотность продуктов износа;  $H_{w,k}$  - твердость материала зубчатых колес;  $\gamma_a$  - плотность материала абразивных частиц;  $i$  - передаточное отношение;  $n_{pw,k}$  - количества циклов, приводящих к разрушению материала зубчатого колеса.

Если значение предельного износа по толщине зуба равно  $U_{п}=0,2m$ , тогда срок службы полного прехода в негодное состояние шестерни определяется как:

$$T_n = \frac{0,2 \cdot m \cdot H_{w,k} \cdot \gamma_a^{1/2} \cdot i \cdot n_{pw,k}}{1,78 \cdot \sigma_a \cdot S^2 \cdot d_{cp} \cdot \varepsilon_k^{3/2} \cdot \Gamma_{w,k} \cdot n_{w,k} \cdot \Psi \cdot \gamma_m^{1/2} \cdot \gamma}, \quad (3)$$

где  $m$  - модуль зацепления.

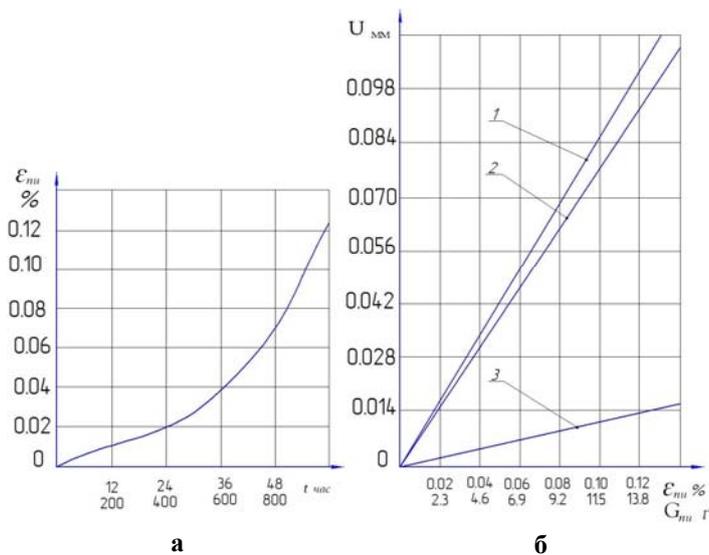
Если срок службы зубчатой передачи равен  $T_{с.с.}$ , тогда необходимое количество запасных частей составляет

$$N_{з.ч.} = \frac{1,78 \sigma_a S^2 d_{cp} \varepsilon_k^{3/2} \Gamma_{w,k} n_{pw,k} \Psi \gamma_m^{1/2} \gamma T_{с.с.}}{0,2 m H_{w,k} \gamma_a^{1/2} i \psi_{w,k}^t}. \quad (4)$$

Согласно результатам расчета, общее количество продуктов износа зубьев шестерен дополнительной конечной передачи распределяется: на зубья ведущей шестерни - 30,61%; промежуточных - 38,80% и на зубья ведомой шестерни - 30,59%. На рис, 4, 5 и 6 приведено изменение продуктов износа и величины линейного износа относительно продолжительности испытания и концентрации абразивных частиц ведущей, промежуточной и ведомой шестерен дополнительной конечной передачи. Анализ результатов заключительного 24-часового испытания показывает, что накопление продуктов износа относительно первого 24-часового испытания повысилось в 2,4-2,5 раза.

Такое положение при стендовом испытании объясняется тем, что в процессе испытания при периодической добавке в масло агрегата повышается общая концентрация активных абразивных частиц.

В процессе эксплуатации тракторов, после 400 часовой работы в результате ухудшения герметичности картера агрегата в 3,5 раза, повышается концентрация абразивных частиц, проникающих в картер агрегата.



**Рис.4. Износ зубьев шестерни: а – изменение накопления продуктов износа относительно времени испытания; б – изменение величины линейного износа относительно концентрации продуктов износа: 1-галовка зуба; 2-глубина зуба; 3-контактный полюс зубчатой передачи.**

поддержании плотности картера постоянной, наблюдается степень снижения активности абразивных частиц в масле агрегата.

Поэтому в последние 400 часов необходимо снизить концентрацию продуктов с 6,60 до 3,07 раз.

Продукты износа, образующиеся с поверхностей элементов подшипника, выделяются в результате многократной повторной деформации поверхностей трения абразивными частицами, находящимися в зоне их контакта. Скорость накопления продуктов износа, выпадающих в масло агрегата из элементов подшипников качения:

для дорожки внутреннего (наружного) кольца:

$$\gamma_{в,н} = \frac{259,44\sigma_a^3 d_{ш}^2 \Gamma(i_{1,2} \pm 1)^2 (1 - \cos \beta_i)^2 d_{ср} \varepsilon_{к}^{1/2} n n_{ш} \gamma}{n_p i_{1,2} H (H + H_{ш})^2}, \quad (5)$$

для шариков:

$$\gamma_{ш} = \frac{259,44\sigma_a^3 d_{ш}^2 \Gamma(i_1 - 1)^2 (1 - \cos \beta_i)^2 (i_2 + 1) d_{ср} \varepsilon_{к}^{1/2} n \gamma}{n_p i_{1,2} H (H + H_{ш})^2}, \quad (6)$$

где  $d_{ш}$  - диаметр шарика подшипника;  $i_{1,2}$  - отношение диаметра шара на диаметр внутреннего (наружного) кольца;  $\beta_i$  - коэффициент перекрытия дорожки наружного кольца шарика-подшипника;  $n$  - количество шариков в подшипнике.

Если значение предельного радиального зазора подшипника равно  $U_{п}$ , тогда полное время выхода из строя:

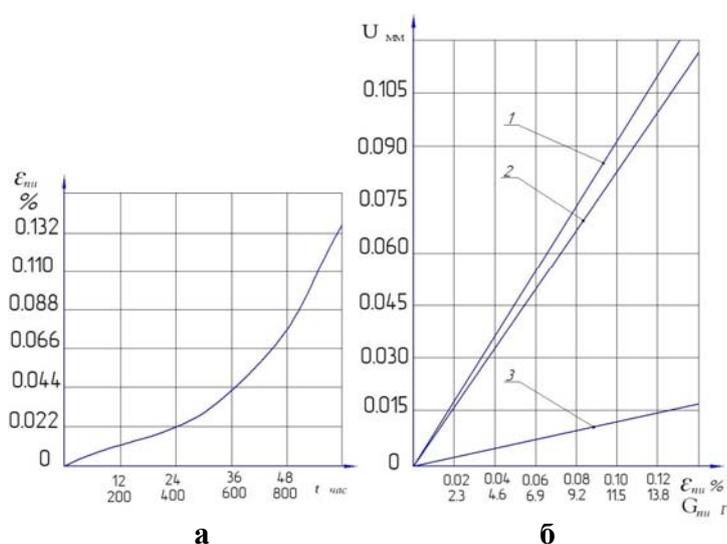
На рис. 4б, 5б и 6б приведено изменение величины линейного износа зубьев шестерен в зависимости от концентрации (от массы) продуктов износа. Согласно этим зависимостям повышение концентрации продуктов износа приводит к росту величины линейного износа зубьев шестерен. Данное положение показывает наличие прямо пропорциональной закономерности между двумя названными показателями. Между головкой, ножкой зуба и полюсом зацепления сохраняются также выше приведенные соотношения.

В течение 400 часов изменение количества продуктов износа соответствует линейной закономерности, далее, в промежутке 400-1000 часов, при

$$T_{nv} = \frac{U_n n_p i_2 H (H + H_u)^2}{259,44 \sigma_a^3 d_u^2 \Gamma (i_2 - 1)^2 (1 - \cos \beta_i)^2} \cdot \frac{1}{d_{cp} \varepsilon_\kappa^{1/2} n \gamma (n_u + i_2 + 1) (i_1 + i_2)}. \quad (7)$$

При установленном сроке службы подшипника  $T_{с.с}$  количество подшипников, используемых в качестве запасных частей, определяется выражением:

$$N_{з.ч.} = \frac{259,44 \sigma_a^3 d_u^2 \Gamma (i_2 - 1)^2 (1 - \cos \beta_i)^2}{U_n \psi^t i_2 H (H + H_u)^2} \cdot d_{cp} \varepsilon_\kappa^{1/2} n \gamma (n_u + i_2 + 1) (i_1 + i_2) T_{с.с}. \quad (8)$$



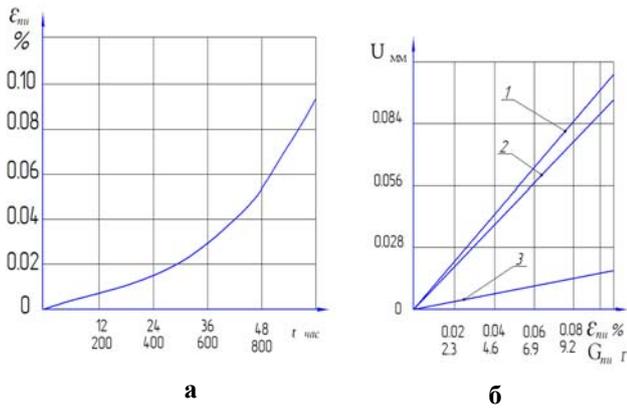
**Рис.5. Износ зубьев промежуточной шестерни:**  
**а**–изменение накопления продуктов износа относительно продолжительности испытания;  
**б**–изменение величины линейного износа относительно накопления продуктов износа:  
**1**-галовка зуба; **2**-глубина зуба; **3**-полюс зубчатой передачи.

В случае определения величины линейного износа роликов по концентрациям продуктов линейный износ ролика составляет 28,57 % от линейного износа наружного кольца, а от линейного износа внутреннего кольца- 41,18%. Закономерности накопления продуктов износа, полученные в роликовых подшипниках, наблюдаются и в шариковых подшипниках, однако их доля по сравнению с роликовыми подшипниками в 3-4 раза ниже. Такое положение в шариковых подшипниках показывает, что для роликовых подшипников нужны более высокие требования к износостойкости.

Зазор шлицевого соединения, состоящий из шлиц вала и ступицы шестерни, смазывается маслом толщиной равной среднему размеру абразивных частиц в масле дополнительной конечной передачи и для случая, когда концентрация абразивных частиц в зазоре шлицевого соединения равна концентрации абразивных частиц в масле агрегата. Для этого скорость

В первые 400 часов работы подшипника концентрация продуктов износа вначале растет с довольно низкой скоростью, а затем, в результате относительного снижения герметичности картера агрегата, за счет повышения концентрации абразивных частиц повышается концентрация продуктов износа в масле.

Такое положение в процессе изнашивания можно объяснить значением пути трения наружного кольца. Когда работает подшипник, наружное кольцо всегда имеет больший путь трения сравнительно с внутренним кольцом.



**Рис.6. Износ зубьев ведомой шестерни:**  
**а**–изменение накопления продуктов износа относительно продолжительности испытания;  
**б**–изменение величины линейного износа относительно накопления его продуктов:  
**1**–галовка зуба; **2**–глубина зуба; **3**–полюс зубчатой передачи.

где  $S_0$ – начальный боковой зазор между зубьями шлиц;  $[S]$ –допустимое значение бокового зазора;  $D$  и  $d$  – внутренний и наружный диаметры шлиц.

Количество продуктов износа в масле агрегата за время, равное ресурсу шлицевого соединения:

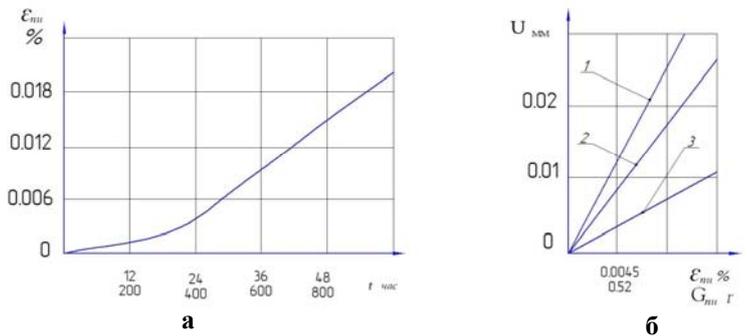
$$G_{эм} = \frac{20,35 \cdot \varepsilon_{\kappa}^2 \cdot L \cdot h \cdot Z \cdot v_{1a} \cdot \gamma \cdot n_{ш} \cdot R}{d_{yp}^2 n_{p(ш)}} \quad (11)$$

где  $R$  - ресурс шлицевого соединения.

Если шлицевое соединение отработало в течение времени, равному полному ресурсу трактора, тогда потребность в запасных частях дополнительной конечной передачи 100 тракторов была равна:

$$N = \frac{100 \cdot G_{эм}}{G_{ем}} \quad (12)$$

Концентрация продуктов износа, выделенная из шлиц ведущего вала в течение 12 часов при стендовом (200 часов в эксплуатационных условиях) испытании, по сравнению с шлицами ведущей шестерни, увеличилась в 1,4 раза, а относительно шлиц ведомой шестерни в 1,7 раз (рис.9). Такое положение объясняется тем, что твердость зубьев шестерни больше, чем твердость зубьев шлиц.



**Рис.7. Износ роликового подшипника №2313:**  
**а**–изменение накопления продуктов износа относительно продолжительности испытания;  
**б**–изменение величины линейного износа:  
**1**–внутреннее кольцо; **2**–наружное кольцо;  
**3**–ролики.

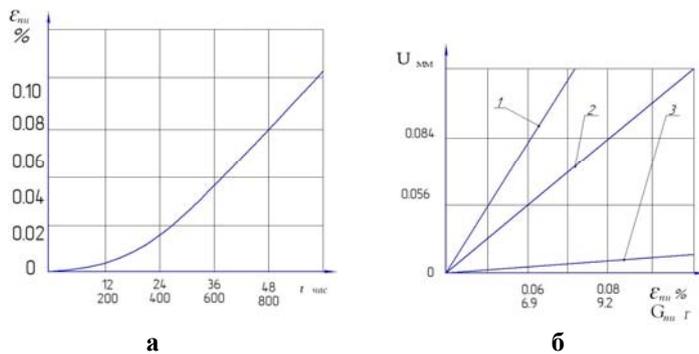
накопления продуктов износа в масле агрегата от действия абразивных частиц равна:

$$\gamma_{эм} = \frac{20,35 \cdot \varepsilon_{\kappa}^2 \cdot L \cdot h \cdot Z \cdot v_{1a} \cdot \gamma \cdot n_{ш}}{d_{yp}^2 n_{p(ш)}} \quad (9)$$

где  $L$  –длина шлицы;  $h$  – высота зуба шлицы;  $Z$ –количество зубьев шлиц;  $v_{1a}$  – объем одной абразивной частицы сферической формы.

Масса продуктов износа, выпадающих в масло агрегата в промежуток срока службы шлицевых соединений:

$$G_{эм} = L \cdot ([S] - S_0) \cdot \frac{D - d}{2} \cdot Z \cdot \gamma \quad (10)$$



**Рис.8. Износ шарикового подшипника 315: а – изменение накопления продуктов износа относительно продолжительности испытания; б–изменение величины линейного износа: 1-внутреннее кольцо; 2-наружное кольцо; 3-шарики.**

В четвертой главе диссертации «**Определение потребности в запасных частях дополнительной конечной передачи по концентрациям продуктов износа в масле и оценка экономической эффективности**» рассмотрен процесс определения потребности в запасных частях по концентрациям продуктов износа в масле силовых агрегатов от зубчатых колес, подшипников качения и шлицевых соединений. Концентрация продуктов износа

деталей агрегата определяется на основе эпюры износа.

Потребность в деталях шестерен дополнительной конечной передачи в качестве запасных частей определяется по концентрациям продуктов износа, выпадающих в масло агрегатов, на основе схемы взаимного расположения изношенных поверхностей (рис. 10).

Общий объем износа зубьев ведущей шестерни:  
трактор движется вперед:

$$V_{вед} = 1,024 \cdot a_1 \cdot m \cdot L_{вед} \quad (13)$$

где  $a_1$  - износ головки зуба ведущей шестерни;  $L_{вед}$  - длина зуба ведущей шестерни.

трактор движется назад:

$$V_{оз} = 0,04 \cdot 1,024 \cdot L_{вед} \cdot a_1 \cdot m \quad (14)$$

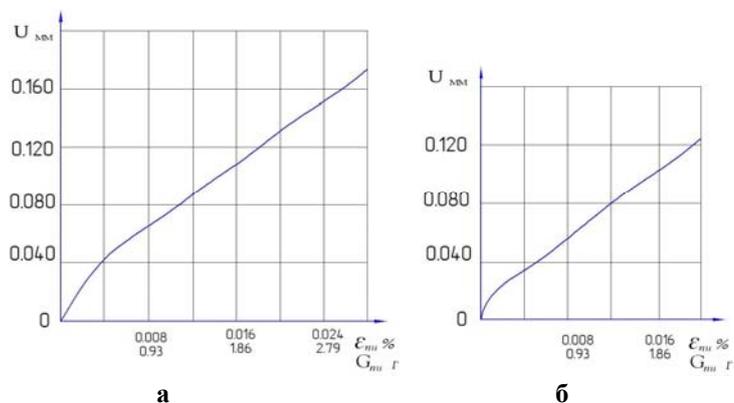
Общий объем продуктов износа всех зубьев шестерен при движении трактора вперед и назад состоит из суммы продуктов износа, выпадающих в масло агрегата из зубьев этой шестерни:

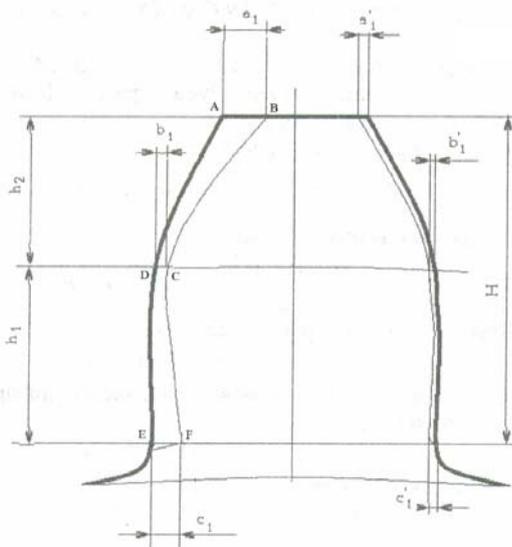
$$V_{овш} = 1,065 \cdot L_{вед} \cdot a_1 \cdot m \cdot Z_1, \quad (15)$$

где  $Z_1$  - количество зубьев ведущей шестерни.

Общий объем износа зубьев промежуточной шестерни: износ головки зуба промежуточной шестерни определяется через ведущую шестерню.

**Рис.9. Изменение линейной шлицы, определенной по концентрациям продуктов износа ведущего вала и шлиц ведущей шестерни в масле конечной передачи: а-для ведущего вала; б-для ведущей шестерни.**





**Рис.10. Схема расположения изношенных поверхностей для расчета концентрации продуктов износа, выпадающих от зубьев шестерен в масло дополнительной конечной передачи.**

ведомой шестерни:

Значение износа головки зуба ведомой шестерни  $a_{1e} = 0,577 \cdot a_1$  определяется через износ головки ведущей шестерни, когда трактор движется вперед:

$$V_{нзв} = 0,591 \cdot a_1 \cdot m \cdot L_e \quad (19)$$

где  $L_e$  - длина зуба ведущей шестерни.

При движении трактора назад:

$$V_{озв} = 0,024 \cdot a_1 \cdot m \cdot L_e \quad (20)$$

Общий объем продуктов износа всех зубьев ведущей шестерни состоит из суммы продуктов износа, выпадающих в масло агрегата из зубьев этой шестерни, когда трактор совершает движение вперед и назад:

$$V_{ови} = 0,615 \cdot L_e \cdot a_1 \cdot m \cdot Z_3 \quad (21)$$

где  $Z_3$  - количество зубьев ведомой шестерни.

Общий объем продуктов износа, выпадающих в масло агрегата из всех зубьев шестерен при дополнительной конечной передаче трактора:

При равенстве длины зубьев ( $L$ ) всех шестерен дополнительной конечной передачи

$$V_{обзн} = L \cdot m \cdot a_1 \cdot (1,065 \cdot Z_1 + 0,963 \cdot Z_2 + 0,615 \cdot Z_3). \quad (22)$$

Потребность в качестве запасных частей шестерен при дополнительной конечной передаче:

шестерню, значение износа равно  $a_{1n} = 0,937 \cdot a_1$ , когда трактор движется вперед:

$$V_{нзн} = 0,958 \cdot a_1 \cdot m \cdot L_n, \quad (16)$$

где  $L_n$  - длина зуба промежуточной шестерни:

когда трактор движется назад:

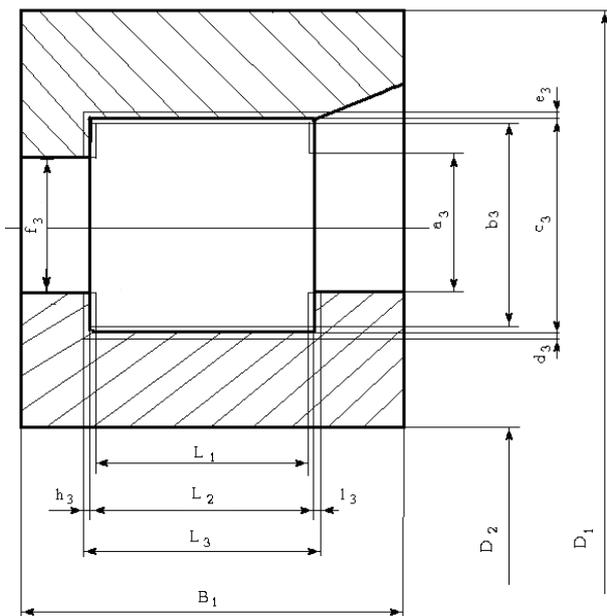
$$V_{озн} = 0,038 \cdot a_1 \cdot m \cdot L_n, \quad (17)$$

Общий объем продуктов износа всех зубьев промежуточной шестерни состоит из суммы продуктов износа, выпадающих в масло агрегата из зубьев этой шестерни, когда трактор совершает движение вперед и назад:

$$V_{ови} = 0,996 \cdot L_n \cdot a_1 \cdot m \cdot Z_2, \quad (18)$$

где  $Z_2$  - количество зубьев ведомой шестерни.

Общий объем износа зубьев



**Рис.11. Эюра размещения изношенных поверхностей для расчета концентрации продуктов износа, выпадающих из роликовых подшипников.**

$$N_i = \frac{100 \cdot T_{\epsilon} \cdot V_i}{K_i \cdot [U] \cdot T_{см} \cdot L \cdot m \cdot Z_i}, \quad (23)$$

где  $T_{\epsilon}$  - объем выработки трактора в течение года  $K_i$  - коэффициент продуктов износа;  $[U]$  - допустимая величина износа головки зуба шестерни;  $T_{см}$  - срок замены масла агрегата.

Требования силовых агрегатов к качеству запасных частей к роликовым подшипникам зависят от величин износа, элементов подшипника.

Для этой цели используется эюра износа, приведенная на рис. 11.

В условиях эксплуатации радиальный износ элементов цилиндрически-роликового подшипника за время работы одной замены масла (1000 мото-часов) распределяется следующим образом: наружное кольцо 41 - 45%, внутреннее кольцо 53,2 - 57,2% и ролики 1,6 - 2,0%.

Обозначив суммарный износ элементов подшипника через  $U$ , определили среднее значение радиального износа за время одной замены масла.

Объем продуктов износа цилиндрического роликового подшипника качения №12218 за один период замены масла можно рассматривать как суммарный износ внутреннего, наружного колец и роликов:

$$V_1 = 0,239 \cdot U^2 \cdot L_2 + 0,145 \cdot U^2 \cdot L_2 + 0,00025 \cdot U^2 \cdot L_2 \cdot Z_p \quad (24)$$

где  $L_2$  - длина дорожки роликов;  $Z_p$  - количество роликов в подшипнике.

Значение общего объемного радиального износа подшипника №12218, установленного из эюры износа внутреннего, наружного колец и роликов за данное время, определяется из выражения (25):

$$U_{\epsilon} = \sqrt{\frac{V_1}{L_2(0,384 + 0,00025 \cdot Z_p)}} \quad (25)$$

Количество подшипников №12218, используемых в качестве запасных частей за один срок замены масла, учитывающий радиальный износ подшипника, получаем из выражения (26):

$$N_{\epsilon} = \frac{100 \cdot T_{\epsilon}}{[U_n] \cdot T_{см}} \sqrt{\frac{V_1}{L_2(0,384 + 0,00025 \cdot Z_p)}}; \quad (26)$$



$$V_{овш} = \frac{1,04 \cdot a_2}{2} \left( \frac{HB_{\kappa}}{HB_{ш}} + \frac{(R_{\epsilon} - L)}{R_{\epsilon}} \right) \cdot L \cdot L_{ш\epsilon} \cdot Z_{ш\epsilon}, \quad (31)$$

где  $HB_{\kappa}$  и  $HB_{ш}$  - твердости материала вала и шестерни (рис.13).

Если годовой объем работы трактора  $T_{\epsilon}$ , который связан с допустимым боковым износом за одну замену масла, соответственно, боковой зазор  $[U_{\text{в}}]$  и  $[U_{\text{ш}}]$ , тогда требуемое количество шлицевых валов и шестерен, используемых в качестве запасных частей на 100 тракторов, определяется следующим образом:

для шлиц ведущего вала,

$$N_{\epsilon} = \frac{100 \cdot T_{\epsilon} \cdot a_{2\epsilon}}{[U_{\epsilon}] \cdot T_{\text{см}}}; \quad (32)$$

для шлиц ведущей шестерни,

$$N_{\epsilon n} = \frac{100 \cdot T_{\epsilon} \cdot a_{2ш}}{[U_{ш}] \cdot T_{\text{см}}}; \quad (33)$$

В результате использования аппарата “Спектрометр” производительность труда повысилась в 7,64 раза, при этом экономический эффект для 100 тракторов составил 136.241.300 сум.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов исследований по диссертационной работе на соискание учёной степени доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему: «Разработка методики определения потребности в деталях трансмиссии тракторов по продуктам износа в масле», были сделаны следующие выводы:

1. На основе концентрации продуктов износа в масле агрегата разработана методика определения степени линейного износа зубчатых колес. Это имеет важное значение при выходе из строя зубчатых колес и при определении степени потребности в ремонте.

2. В масле дополнительной конечной передачи трактора после определены доли источников загрязняющих масле картеров дополнительной конечной передачи трактора. Этот расчет имеет важное значение при определении количества зубчатых колес, используемых в качестве запасных частей при эксплуатации дополнительной конечной передачи по продуктом износа в масле.

3. Разработана методика оценки концентрации продуктов износа в составе масла агрегата. Эта методика позволяет определять количество периодически доливаемого масла в агрегат.

4. Получены теоретические зависимости, позволяющие оценить концентрации продуктов износа, выпадающих в масло агрегата из зубьев колес, подшипников качения и частей шлицевых соединений, работающих в абразивной среде. Эти теоретические зависимости служат для определения в потребности в запасных частях на основе количества продуктов износа, попадающих в масло агрегата.

5. Разработана методика построения эюры износа по профилю зуба зубчатого колеса эта методика служит для определения концентрации продуктов износа, выпадающих в масло агрегата.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.28.02.2018.T.03.04 ON THE ADMISSION OF  
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY AND THE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

---

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**MIRZAEV NAJMIDDIN NORMATOVICH**

**DEVELOPMENT OF METHODS FOR DETERMINING THE NEED FOR  
DETAILS OF THE TRANSMISSION OF TRACTORS FOR WEAR  
PRODUCTS IN OIL**

**05.02.02 – Theory of mechanisms and machines. Machine science and machine parts**

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

**Tashkent – 2019**

**The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number № B2019.3.PhD/T1311.**

The dissertation has been prepared at the Tashkent State technical university named after Islam Karimov.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (uzbek, russian, english (resume)) on the scientific council website [www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz) and on the website of “Ziyonet” Information and educational portal [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

<b>Scientific consultant:</b>	<b>Irgashev Amirqul</b> doctor of technical sciences, professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Shukurov Rustam Utkurovich</b> doctor of technical sciences, professor <b>Babashev Kutlimurat Aytmuratovich</b> Candidate of technical sciences, dosent
<b>Leading organization:</b>	<b>Karshi Institute of engineering and Economics</b>

Defense of dissertation will take place in «6» december 2019 at 15<sup>00</sup> o'clock at a meeting of the scientific council DSc.28.02.2018.T.03.04. at the Tashkent State Technical University and the National University of Uzbekistan. Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel.: (99871) 246-46-00; fax: (99871) 227-10-32; e-mail: [tadqiqotchi@tdtu.uz](mailto:tadqiqotchi@tdtu.uz)).

The doctoral dissertation could be reviewed at the Information-resource center of Tashkent state technical university (registration number 117). Address: 100095, Tashkent, str. University-2, tel: (99871) 246-03-41.

The abstract of the dissertation has been distributed on «22» november 2019 year.  
Protocol at the register № 117 dated «22» november 2019 year.

**K.A.Karimov**

Chairman of scientific council on award of scientific degree, Doctor of technical sciences, Professor

**N.Dj.Turakhodjaev**

Scientific secretary of scientific council on award of scientific degree, Doctor of technical sciences, Professor

**R.I. Karimov**

Chairman of scientific seminar under scientific council on award of scientific degree of doctor of sciences, Doctor of technical sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of research** it consists of the development of a methodology for determining the need for spare parts, based on the study of the concentration of wear products of parts in the oil of machine units.

**The subject of research consists of** failures arising as a result of wear of details of units of transmission of tractors; gear wheels, shafts, rolling bearings, splined connections, and also products of wear in oil make up.

**The scientific novelty of the research is:**

a method of determining the need for spare parts of gears, rolling bearings and splined joints by the concentration of wear products in the oil of the unit has been developed;

a method has been developed to assess the change in the concentration of wear products during periodic refilling of oil into the unit;

theoretical dependences allowing to estimate concentrations of the wear products falling out in oil of the unit from teeth of gears, rolling bearings and the splined connections working in the abrasive environment are defined;

developed methods for determining the wear products falling in the oil unit from the gears on the tooth profile, and plotting wear.

**Implementation of research results.** Based on the scientific results obtained in the process of determining the need for spare parts by the concentration of wear products in the oil of tractor transmission units:

the technique allowing to make an emergency assessment of wear products at periodic topping up of oil is introduced on ICC of LLC Surkhondare-Agroservice (reference No. 09-03 / 03-818 of JSC Uzagroservice of June 14, 2019). As a result, the waiting time of the tractor for maintenance and repair is reduced by 20-30 %.

technique allowing the determination of concentration of wear products that fall oil the unit from klicovych compounds working in abrasive environment, Vnedrenie for ICC LLC "Surkhondarepahtasanoat" (reference No. 09-03/03-818 JSC "Userservice" June 14, 2019). As a result, conditions have been created to reduce the downtime of the tractor for maintenance and repair by 25-30 %.

methods of plotting the tooth profile in determining the concentration of wear products falling into the oil of the unit from the gears, introduced at the ICC LLC " Surkhondareagroservice "(reference number 09-03 / 03-818 JSC "Uzagroservice" from June 14, 2019). As a result, the time of diagnosing the technical condition of the gears of rolling bearings and splined joints is reduced by 40-50%.

**The structure and volume of the dissertation.** The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of references and applications. The volume of the dissertation is 120 pages.

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

**I-бўлим (I-часть; I-part)**

1. Иргашев А., Мирзаев Н.Н., Иргашев Д.А. Оценка износа деталей агрегатов машин по концентрациям продуктов износа в масле. Монография. EXTREMUM PRESS: Ташкент, 2011.-158 с.

2. Иргашев А., Мирзаев Н.Н. Куч узатиш агрегатлари деталларининг ейилиш динамикасини мойдаги ейилиш маҳсулотларининг миқдори бўйича баҳолаш мумкинлиги. // ТошДТУ Хабарлари. –Тошкент, 2009. №1-2. 155-159 бет. (05.00.00; №16)

3. Иргашев А., Мирзаев Н.Н., Иргашев Д.А. Оценка концентрации продуктов износа, выпадающих в масла агрегата в процессе работы шариковых подшипников качения. // Вестник ТашГТУ, -Ташкент, 2010. № 1-2.-С.76-80. (05.00.00; №16)

4. Шаабидов Ш.А., Иргашев А., Мирзаев Н.Н., Иргашев Д.А. Оценка изменения концентрации продуктов износа в масле агрегатов машин, при периодической доливке масла. // Вестник ТашГТУ, -Ташкент, 2010. №4.С.98-101. (05.00.00; №16)

5. Мирзаев Н.Н. Закрепление свободновзвешенных абразивных частиц на поверхности трения зубьев шестерен открытых зубчатых передач. // Вестник ТашГТУ, -Ташкент, 2014. №1.-С.75-79. (05.00.00; №16)

6. Иргашев А., Мирзаев Н.Н. Методика расчета количества продуктов износа зубчатых передач, выпадающих в масло агрегата. // Композиционный материалы. Ташкент, 2012. №2.-С.28-29(05.00.00; №13)

7. Иргашев А., Мирзаев Н.Н. Оценинка активности абразивных частиц при испытании материалов зубчатых колес на износостойкость. // Композиционный материалы, Ташкент, 2014. №3.-С.61-65. (05.00.00; №13)

8. Mirzayev N.N., Irgashev A. Determination of the tooling module of the gear wheels for wear resistance of gears teeth. // International Journal of advanced research in science, engineering and technology. India, Vol. 6, Issue 3, March 2019. P.8488-8491. (05.00.00; №8)

9. Мирзаев Н.Н. Оценка износа деталей дополнительной конечной передачи трактора ТТЗ 100 К11 по продуктам износа в масле. // Вестник ТашГТУ. -Ташкент, 2019. №2. -С. (05.00.00; №16)

10. Mirzayev N.N. Stockpiling of wear products of parts in the oil of the power unit during the operation of machines. // International Journal of advanced research in science, engineering and technology. India, Vol. 6, Issue 5, 2019. P.9084-9087. (05.00.00; №8)

11. Мирзаев Н.Н. Оценка износа деталей дополнительной конечной передачи трактора ТТЗ 100 К11 по продуктам износа в масле. // Вестник ТашГТУ, -Ташкент, 2019. № 2.-С.182-191. (05.00.00; №16)

12. Temirov Sh.A., Mirzayev N.N. Basic types of mechanical transmissions and their application. // International Journal of advanced research in science, engineering and technology. India, Vol. 6, Issue 10, 2019. P.11136-11140. (05.00.00; №8)

### **II-бўлим (II-часть; II-part)**

13. Иргашев А., Мирзаев К.К., Мирзаев Н.Н. Контакт абразивными частицами поверхности деталей трения качения сельскохозяйственных машин в процессе их изнашивания. // «Ресурстежамкор кишлок хўжалик машиналарини яратиш ва улардан фойдаланиш самарадорлигини ошириш» Республика илмий-амалий конференцияси. Гулбаҳор, 2014. С.357-360.

14. Иргашев А., Мирзаев К.К., Мирзаев Н.Н. Программа расчета продолжительности износного испытания роликовых образцов зубьев шестерен, при наличии абразивных частиц в масле машины трения. Программный продукт для ЭВМ. NDGU 03539.

15. Иргашев А., Мирзаев Н.Н., Теоретическое и экспериментальное исследование износа деталей силовых передач по концентрациям продуктов износа в масле агрегатов машин (на дополнительной конечной передаче трактора ТТЗ-100К11. // Отчет промежуточный. ТашГТУ г.Ташкент, 2010. – С.82.

16. Мирзаев Н.Н. Накопление продуктов износа деталей в масле силового агрегата в процессе эксплуатации машин. // Республиканская научно-техническая конференция «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологии» ТашГТУ г.Ташкент, 5-6 апреля 2019.-№1.-С.189-190.

17. Мирзаев Н.Н. Методы измерения износа. // Республиканская научно-техническая конференция «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологии» ТашГТУ г.Ташкент, 5-6 апреля 2019.-№1.-С.195-196.

18. Мирзаев Н.Н. Определение величины износа шлицевых соединений агрегатов силовых передач. // Республиканская научно-техническая конференция «Проблемы и перспективы инновационной техники и технологии» ТашГТУ г.Ташкент, 5-6 апреля 2019.-№1.-С.201-202.

19. Мирзаев Н.Н., Иргашев А. Оценка геометрических и кинематических параметров узлов трения, влияющих на концентрации продуктов износа в масле. // Международная научно-практическая конференция «Автомобиле и тракторостроение». Минск, 2019 С.73-78.

20. Мирзаев Н.Н. Разработка методики оценки скорости накопления продуктов износа подшипников качения. // Международная научно-практическая конференция «Автомобиле и тракторостроение». Минск, 2019 С.12-16.

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

Бичими: 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма №83.

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

