

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту

САФОНЮК ІВАН ЮРІЙОВИЧ



УДК 625.144.5

**ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ГІДРАВЛІЧНИХ АГРЕГАТІВ
КОЛІЙНИХ МАШИН ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
ОЧИСТКИ ОЛИВ ВІД ВОДИ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2019

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин Українського державного університету залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент
Скорик Олексій Олексійович,
Український державний університет залізничного транспорту, кафедра колії та колійного господарства, доцент кафедри.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Полянський Олександр Сергійович,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра технології машинобудування та ремонту машин, професор кафедри;

кандидат технічних наук
Приймак Людмила Борисівна,
Національний авіаційний університет, кафедра технологій аеропортів, доцент кафедри.

Захист відбудеться "31" жовтня 2019 р. о 13³⁰ годині на засіданні спеціалізованої ради Д 64.820.04 Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Феєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського державного університету залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Феєрбаха, 7.

Автореферат розісланий "28" вересня 2019 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



А.В. Прохорченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сучасному етапі залізниці України мають у своєму складі велику кількість машин та обладнання з гідравлічним приводом (ГП), в якому робочим тілом є мінеральні гідравлічні оливи (ГО), а саме індустріальні, компресорні, турбінні та ін. Серед широкого спектра засобів транспорту (ЗТ) найбільш складну та розгалужену систему мають гідрофіковані колійні машини (КМ). Під час експлуатації КМ відбувається поступове забруднення і старіння ГО. Такі процеси призводять до підвищеного зносу клапанів, сідел, плунжерів та інших елементів ГП. Як правило, основними забруднювачами гідравлічних олив є механічні домішки та вода, кожен з яких по-своєму впливає на розвиток зношування деталей гідросистем. Вони призводять до потреби розробки і удосконалення методів очистки гідравлічних олив.

Методи очистки олив від механічних домішок, з точки зору їх енергоефективності, вивчені більш глибоко ніж методи очистки ГО від води. Так, наприклад, сучасні фільтрувальні елементи, що застосовуються в ЗТ, можуть затримувати частинки механічних домішок, навіть, мікронних розмірів, причому цей процес не потребує високих енергетичних витрат. З іншого боку, якщо мова йде про дрібнодисперсні краплі води, то їх видалення реалізується комбінованими методами, як правило, із нагріванням оливи, що потребує значних енерговитрат та далеко не завжди може бути реалізовано в експлуатаційних умовах. Саме тому актуальним завданням дисертаційного дослідження, з точки зору підвищення ресурсу прецизійних пар гідравлічних агрегатів (ГА) КМ, є удосконалення енергоефективних методів видалення дрібнодисперсної води з ГО та впровадження цих методів у експлуатаційних умовах.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки», зі змінами від 16.10.2012, № 5460-VI; «Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року», розпорядження КМУ № 1555-р від 16.12.2009. Дослідження виконані в межах наукової роботи «Удосконалення, виготовлення та впровадження стаціонарної системи змащування рейок» № ДР 0114U005598, де здобувач був молодшим науковим співробітником, виконавцем.

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ресурсу гідравлічних агрегатів колійних машин шляхом обґрунтування параметрів електричної очистки олив від дрібнодисперсної води. Для досягнення мети були визначені такі основні задачі дослідження:

1. Виконати аналіз факторів, які впливають на ресурс гідравлічних агрегатів колійних машин, існуючих методів видалення води із гідравлічних олив, вмісту води в оливах колійних машин залізниць України та, на цій основі, запропонувати загальну методику дисертаційного дослідження.

2. Виконати теоретичні дослідження впливу дрібнодисперсної води в гідравлічній оливі на ресурс гідравлічних агрегатів колійних машин.

3. Експериментальним шляхом встановити залежність впливу концентрації диспергованої води на ресурс гідравлічних агрегатів колійних машин та експлуатаційні властивості гідравлічних олив.

4. Виконати теоретичні дослідження впливу параметрів зовнішніх силових полів на процес очистки ГО від дрібнодисперсної води.

5. Експериментальним шляхом встановити залежність впливу параметрів електричного поля на інтенсивність процесу коалесценції дрібнодисперсної води як фактора ефективності очистки гідравлічної оливи.

6. На основі виконаного дослідження розробити практичні рекомендації щодо підвищення ресурсу гідравлічних агрегатів колійних машин шляхом удосконалення електроочистки олив в експлуатаційних умовах.

Об'єкт дослідження – процес технічної експлуатації гідравлічних агрегатів колійних машин.

Предмет дослідження – технологія підвищення ресурсу гідравлічних агрегатів колійних машин.

Методи дослідження. Поставлені в дисертаційній роботі задачі вирішувались із застосуванням як загальнонаукових, так і спеціальних методів, у тому числі й авторських. При визначенні стану гідравлічних олив використовувались методи фізичного та хімічного аналізу, а також математичної статистики. При теоретичному обґрунтуванні математичної моделі прогнозування ресурсу гідравлічних агрегатів колійних машин використовувались положення механіки, фізичної хімії та трибології. При визначенні мінімального часу коалесценції дрібнодисперсної води в оливі під дією зовнішнього електричного поля використовувались положення колоїдної хімії та електростатики. Лабораторні та стендові випробування виконані із застосуванням апробованих методик на основі теорії моделювання і планування експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі вирішено наукове завдання підвищення ресурсу гідравлічного приводу колійних машин шляхом удосконалення енергоефективних методів видалення дрібнодисперсної води із гідравлічної оливи та впровадження цих методів у експлуатаційних умовах.

Вперше експериментальним шляхом отримана залежність для визначення ресурсу гідравлічних агрегатів колійних машин, яка враховує концентрацію води в оливі;

Удосконалена математична модель прогнозування ресурсу гідравлічних агрегатів колійних машин, яка, на відміну від існуючої, враховує вплив концентрації дрібнодисперсної води в оливі на інтенсивність корозійно-механічного зношування;

Набув подальшого розвитку метод підвищення ресурсу гідравлічних агрегатів колійних машин, який базується на досягненні мінімального часу коалесценції дрібнодисперсної води в оливі під дією зовнішнього електричного поля.

Практичне значення одержаних результатів. Практичні результати роботи полягають у тому, що розроблена методика реалізації енергозберігального процесу видалення дрібнодисперсної води із олив ГП КМ в

експлуатаційних умовах.

Результати роботи впроваджено у виробничий процес регіональної філії «Південна залізниця» при технічній експлуатації колійних машин. Економічний ефект від експлуатації колійної машини ВПР-1200 складає 185 500 грн на рік. Також результати роботи впроваджено в навчальний процес Українського державного університету залізничного транспорту при підготовці бакалаврів за спеціальністю 133 – галузеве машинобудування з дисциплін «Колійні машини», «Експлуатація машин», «Основи автоматизації машин» та при підготовці магістрів за спеціальністю 133 – галузеве машинобудування з дисциплін «Основи нанотехнологій», «Надійність машин», «Ремонт машин».

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами впровадження, які наведені в додатках до дисертаційної роботи.

Особистий внесок здобувача. Наукові положення, результати досліджень, які виносяться на захист, проводились в Українському державному університеті залізничного транспорту. У роботах, які опубліковані у співавторстві, здобувачеві належить: [1] – сформульовано теорію укрупнення крапель під дією електричного силового поля та виконано експериментальні дослідження впливу параметрів зовнішнього електричного поля на процес коалесценції води в оливі; [4] – наведено результати експериментальних досліджень експлуатаційних показників робочих рідин колійних машин Південної залізниці України, визначено частку впливу на експлуатаційні показники води та їх зміну після видалення води із олив; [5] – подано теоретичні дослідження впливу води на процес зношування поверхонь тертя плунжер-гільза та результати експериментальних досліджень впливу концентрації води на зношування моделі на машині тертя СМЦ-2; [6] – виконано аналіз стану робочих рідин при роботі мехатронних систем із гідравлічним приводом активних робочих органів самохідних машин; [7] – виконано дослідження впливу електричного поля на процес коалесценції води в оливі; [10] – досліджено процес коалесценції диспергованої води в гідравлічній оливі під впливом електричного поля; [11] – досліджено вплив вмісту води в оливі на надійність агрегатів машин інженерного озброєння; [12] – досліджено вплив зовнішнього електричного поля на робочі властивості мінеральних олив; [13] – досліджено переваги сформульованих методів підвищення строку служби прецизійних пар агрегатів гідравлічних приводів засобів транспорту шляхом застосування електроочистки гідравлічних олив; [14] – досліджено можливість підвищення ефективності виконання робіт колійними машинами за рахунок підвищення ресурсу гідравлічного приводу шляхом електроочистки гідравлічних олив.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати доповідалися та отримали схвалення на наукових конференціях та семінарах: 76-й Міжнародній науково-технічній конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (Харків, 2014 р.); Міжнародній науково-технічній конференції, присвяченій 80-річчю кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин «Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті» (Харків, 2014 р.); 77-й Міжнародній науково-

технічній конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (Харків, 2015 р.); конференції, присвяченій 50-річчю кафедри прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету «Промислова гідравліка та пневматика» (Суми, 2015 р.); конференції Національного університету цивільного захисту України «Актуальні питання матеріально-технічного забезпечення службово-бойової діяльності Національної гвардії України» (Харків, 2015 р.); VI-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті» (Харків, 2017 р.); конференції Національного університету цивільного захисту України «Актуальні питання забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів» (Харків, 2018 р.); 79-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпро, 2019 р.).

Публікації. Відповідно до теми дисертації опубліковано 14 наукових праць, з яких шість статей (дві без співавторів) опубліковано у фахових виданнях, затверджених МОН України (одну статтю включено до міжнародної наукометричної бази Scopus), та вісім праць апробаційного характеру.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг тексту дисертації складає 187 сторінок, обсяг основного тексту складає 127 сторінок. Робота ілюстрована 42 рисунками, наведено 24 таблиці, список використаних джерел включає 153 найменування, 4 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі до дисертаційної роботи містяться такі положення: актуальність теми; зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; мета та завдання досліджень; наукова новизна одержаних результатів; практичне значення одержаних результатів; особистий внесок здобувача; інформація про апробації та публікації; відомості про структуру роботи.

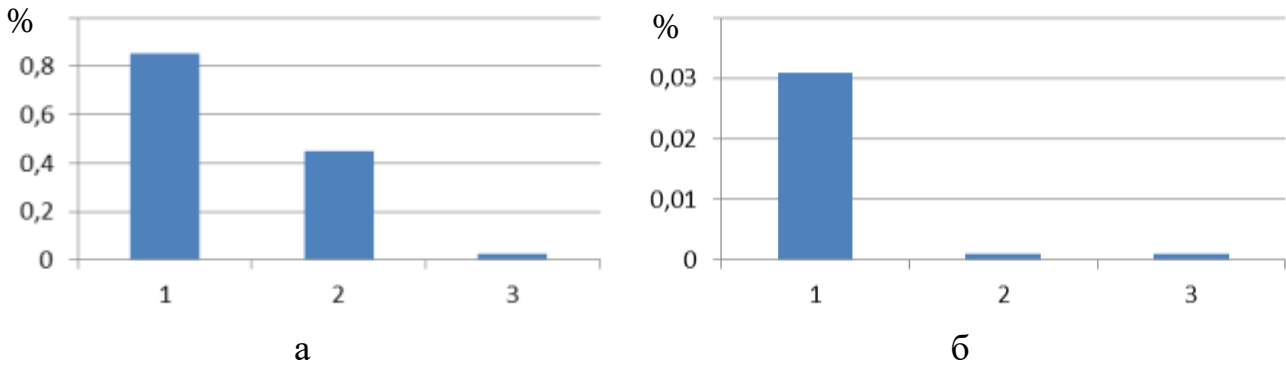
У першому розділі проведено аналіз наукових робіт щодо впливу води на ресурс ГА КМ, а також робіт, які присвячені очистці нафтопродуктів від забруднювачів. Встановлено, що методи видалення механічних домішок добре вивчені та широко застосовуються у всіх галузях промисловості. Однак механічні домішки – це лише один з факторів забрудненості нафтопродуктів. Іншим, не менш важливим фактором забруднення є наявність води.

Проведений аналіз методів видалення води із нафтопродуктів дає підстави стверджувати, що відомі методи очистки ГО від води не можуть бути застосовані на засобах транспорту, а саме на колійних машинах важкого типу. Причиною цього є висока енергоємність або матеріалоємність обладнання.

Доведено, що найбільш перспективним методом видалення води із гідравлічної оливи на засобах транспорту є електроочистка. Цей метод є енергоефективним та не потребує значних капітальних вкладень, однак застосування таких систем очистки на засобах транспорту залишається

невивченим. На основі виконаного аналізу літературних джерел у першому розділі сформульована мета та завдання дослідження.

У другому розділі проведений аналіз вмісту води та механічних домішок у ГО КМ Південної залізниці. Проби відбирались із машин ПМГ та МПТ-4. Попередні дослідження показали, що ГО містять води до 0,85 % (рис. 1), що суттєво обмежує ресурс.



1 – олива ТП-22 із дна баку машини ПМГ; 2 – олива ТП-22 із гідроциліндра машини ПМГ;
3 – олива И-20 із гідромуфти машини МПТ-4

Рисунок 1 – Вміст забруднювачів у оливі ПГ КМ:
а – вміст води; б – вміст механічних домішок

Проведено дослідження щодо визначення зв'язку напрацювання та концентрації оливи (рис. 2), а також трибологічних характеристик (рис. 3) оливи, відібраних із ГП КМ. Найбільш наочним показником трибологічних характеристик є показник зносу. Досліджувались оливи як в стані відбору, так і оливи, які пройшли теплове сушіння.

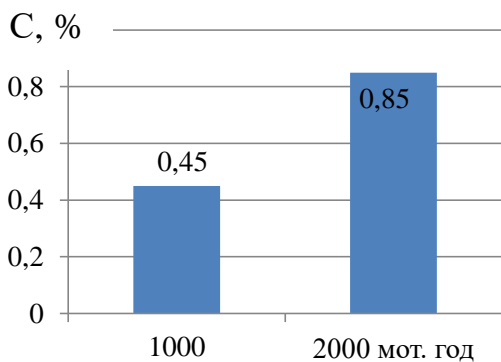


Рисунок 2 – Зростання концентрації води в оливі із напрацюванням

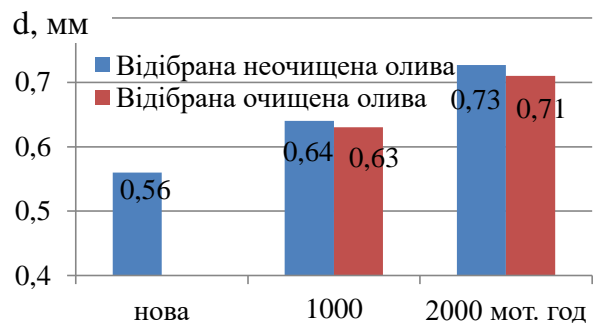


Рисунок 3 – Зміна показника зносу із напрацюванням оливи

Оскільки дія механічних домішок була цілком виключеною шляхом фільтрування, можна стверджувати, що тривалий вплив води на оливу погіршує її трибологічні характеристики пропорційно її концентрації. У свою чергу концентрація води в оливі пропорційна її напрацюванню. Такі дані підтвердили актуальність обраної тематики та дозволили обґрунтувати напрям та методи

дисертаційного дослідження.

В подальшому запропонована загальна методика прогнозування ресурсу гідроагрегатів засобів транспорту. Ресурс рухомих елементів ГА КМ визначається характером процесу зношування та його інтенсивністю. Тому для оцінки ресурсу користувались закономірністю

$$U = A + B \tau^\alpha, \quad (1)$$

де U – знос вузла тертя; τ – час роботи вузла тертя; A та B – постійні коефіцієнти, що залежать від умов роботи вузла тертя; α – показник степені.

При роботі гідроагрегатів показники зношування не зберігають постійних значень. В типовій моделі зношування виділяють три періоди: припрацювання, встановленого режиму та катастрофічного зносу. При визначенні ресурсу гідроагрегатів раціонально розглядати другий період, що характеризується стійким режимом зношування, оскільки тривалість режиму припрацювання зазвичай складає 1,5-2 % від ресурсу вузлів тертя.

Оскільки ГА КМ працюють в екстремальних умовах, то можна стверджувати, що в їх вузлах протікають такі основні види зношування: механічне (абразивне, гідроабразивне, втомлювальне) та корозійно-механічне. Тому визначити вплив саме диспергової води на знос можна лише шляхом порівняння отриманих кривих із чистою оливою та з домішкою диспергової оливи.

Користуючись виразом 1, можна визначити ресурс пари тертя, скориставшись значенням граничного зносу

$$T = (U_T/B)^{1/\alpha}, \quad (2)$$

де U_T – граничний знос контакту.

При роботі елементів гідроприводу в агресивному середовищі знос можна відобразити у вигляді суми двох складових

$$U(\tau) = U_{\text{мех}}(\tau) + U_{\text{кор}}(\tau), \quad (3)$$

де $U_{\text{мех}}$ – механічна складова зносу; $U_{\text{кор}}$ – корозійна складова зносу.

При наявності води в гідроприводі корозійну складову зносу можна розглядати як функцію концентрації води, тому

$$U_{\text{кор}} = f(C), \quad (4)$$

де C – концентрація води.

При відсутності води ГО корозійна складова зносу буде відсутньою.

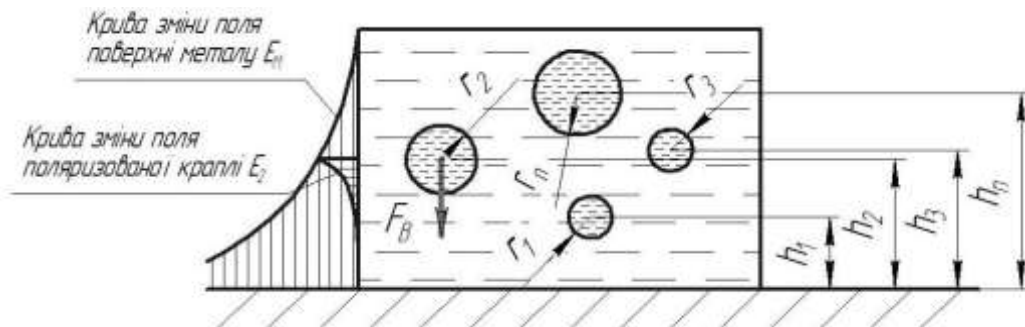
Також у розділі наведені методики експериментальних досліджень фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей гідравлічних олив, методологія досліджень стану та руху води в гідравлічній оливі під дією зовнішніх силових полів, методика та обладнання експериментальних досліджень коалесценції води в гідравлічній оливі.

У третьому розділі теоретично та експериментально досліджений вплив концентрації води у гідравлічній оливі на ресурс прецизійних пар ГА КМ, а саме пари плунжер-гільза аксіально-плунжерного насоса.

Міра зношування від корозійного впливу води, на прикладі аксіально-плунжерного насоса, визначалась виходячи із того, що в парі тертя проходять

трибохімічні реакції, які призводять до пошарового окислення поверхонь. При цьому між поршнем та гільзою існує технологічний зазор Δ , який для справного аксіально-поршневого насоса становить 10-50 мкм.

Механізм взаємодії води та кисню з поверхнею металу має електромагнітну природу. Молекула води є полярним діелектриком, тому вона потрапляє в поле дії кристалічної решітки поверхні металу. Силоне поле поверхні нелінійно ослаблюється, віддаляючись від поверхні металу. Диспергована в оливі вода у вигляді мікроскопічних крапель, наближаючись до поверхні металу, поляризується, утворюючи своє локальне поле, та набуває властивостей електричного диполя. Сила, що виникає між ними, називається вандерваальською силою (рис. 3).



h_1, h_2, h_3, h_n – відстані від крапель до поверхні металу; r_1, r_2, r_3, r_n – радіуси крапель; E_2 – поле конкретної краплі; E_M – поле поверхні металу; F_B – вандерваальсова сила

Рисунок 3 – Схема появи власного електричного поля краплі внаслідок дії поля поверхні металу

Для порівняння активності молекул, дипольний момент олеїнової кислоти становить $4,84 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; стеаринової кислоти - $5,80 \cdot 10^{-30}$ Кл·м; а води – $6,152 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Отже, полярна активність молекули води, а як наслідок, і її реакція на електромагнітне поле дещо перевищує класичні полярно активні присадки.

Слід зазначити, що у випадку електричного притягування молекули води до металу процес не закінчується полярним (фізичним) зв'язком. Оскільки переважна більшість металів, які застосовуються у машинобудуванні, є більш активними, ніж водень, то виникає хімічний зв'язок – перехід електронної орбіталі від водню до металу, внаслідок чого утворюється гідроксид, а згодом і оксид металу (новоутворений іонний зв'язок міцніший, ніж зв'язок металу між собою в кристалічній решітці).

Таким чином, поверхня тертя втрачає своє тіло (утворений осад не зв'язаний з поверхнею та змивається новою порцією оливи в насосі).

Звичайно, що в окисленні поверхні металу бере участь не вся вода, яка знаходиться в зазорі між плунжером та гільзою. Причиною цього є те, що поле поверхні діє на деяку величину h в глибину мастильного середовища. Ця величина знайдена, опираючись на енергетичний баланс. З одного боку, це енергія теплового руху молекул середовища, а з іншого – енергія поля поверхні. На тій відстані, де переважає енергія поля поверхні, буде спрямований рух

диполів води до поверхні, а значить, і наступне окислення.

Рішення системи рівнянь енергії теплового руху та енергії поля поверхні було знайдено за допомогою програмного комплексу Mathcad. Отже, енергія поверхні металу перевищує енергію теплового руху на відстані близько $7 \cdot 10^8 \text{ м} = 0,07 \text{ мкм}$. А значить, краплі та окремі молекули води, що знаходяться на відстані менше $0,07 \text{ мкм}$, будуть притягуватися до поверхні металу (адсорбуватися) та вступати з нею у взаємодію.

Тоді маса води, що може взяти участь у реакції, із урахуванням фактичної площі контакту визначається таким виразом:

$$m_B = \rho \cdot k \cdot C \cdot L \cdot \left(\frac{\pi(D_n + 2h)^2}{4} - \frac{\pi D_n^2}{4} \right), \quad (5)$$

де ρ – густина води, г/м^3 ; k – коефіцієнт, що враховує фактичну площу контакту поверхонь тертя, $k = A_\phi / A_H = 0,01 \dots 0,001$, де A_ϕ , A_H – відповідно фактична та номінальна площі контакту; L – хід плунжера, м; D_n – діаметр плунжера, м; відстань дії поля поверхні.

Важливим є те, що при окисленні металу водою на три молекули води припадає два атоми металу (заліза), а результатом є одна молекула оксиду.

Допускаючи можливість повного реагування води, можна визначити ваговий знос за один прохід таким чином:

$$U_{Fe} = \frac{2}{3} \pi \cdot \rho \cdot k \cdot C \cdot L \cdot h(D_n + h) \cdot \frac{M_{Fe}}{M_{H_2O}}, \quad (6)$$

де M_{Fe} , M_{H_2O} – відповідно молярні маси заліза та води.

Тоді швидкість вагового зносу, г/год ,

$$V_{zn} = \frac{2}{3} \pi \cdot n \cdot 60 \cdot \rho \cdot k \cdot C \cdot L \cdot h(D_n + h) \cdot \frac{M_{Fe}}{M_{H_2O}}, \quad (7)$$

де n – частота обертання вала, об/хв .

Допускаючи можливість повного реагування води та без врахування механічної складової зносу ресурс має вигляд (рис. 4)

$$T = \frac{U_\Gamma}{n \cdot 60 \cdot \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot \rho \cdot k \cdot C \cdot L \cdot h \cdot (D_n + h) \cdot \frac{M_{Fe}}{M_{H_2O}}}. \quad (8)$$

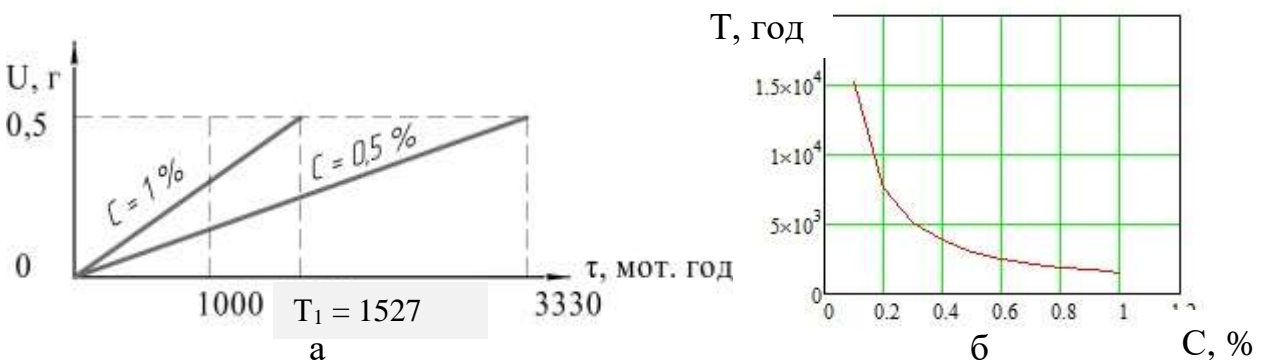


Рисунок 4 – Теоретичний ресурс гідронасоса при різній концентрації води: а – при відомому граничному зносі ; б – загальна характеристика зміни ресурсу

Із врахуванням механічного зносу та збільшенням концентрації води в оливі з напрацюванням ресурс має такий вигляд (рис. 5):

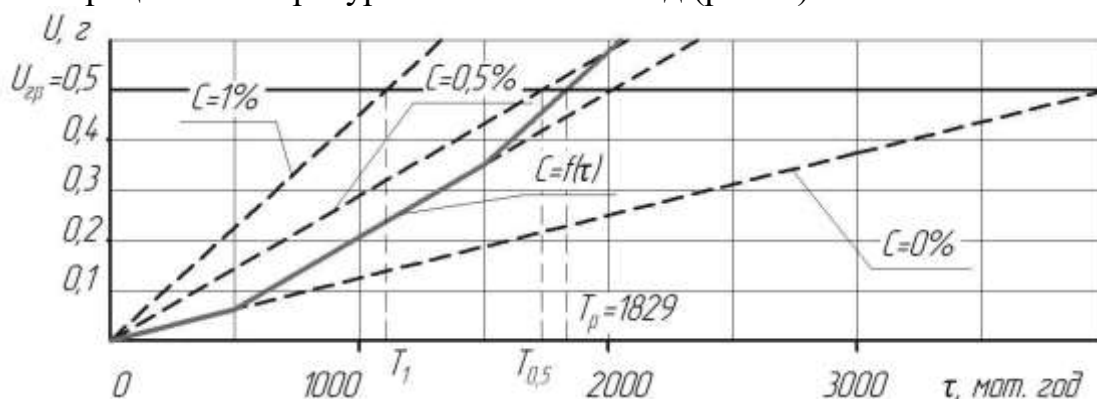


Рисунок 5 – Теоретичний ресурс гідронасоса з врахуванням зростання концентрації води в оливі

Для підтвердження теоретичних досліджень були проведені експериментальні дослідження щодо визначення впливу вмісту води на зношування, які проводились на чотирикульковій машині тертя (ЧКМ) та на машині СМЦ-2.

Згідно з попередніми дослідженнями стану ГО в ГП КМ Південної залізниці встановлено, що концентрація води в робочій рідині гідроприводів може сягати 0,85 % води при напрацюванні 2000 мот. год. Тому для досліду була прийнята максимальна концентрація води – 1 % за об'ємом. Як досліджувана робоча рідина була прийнята мінеральна олива И-30А. Для пари тертя були прийняті такі матеріали: сталь 38ХМЮА - ролик та БрАЖ9-4 – колодка.

Дослідження показали, що збільшення концентрації води в мастильному матеріалі до 1% призводить до збільшення зносу майже в два рази (рис. 6).

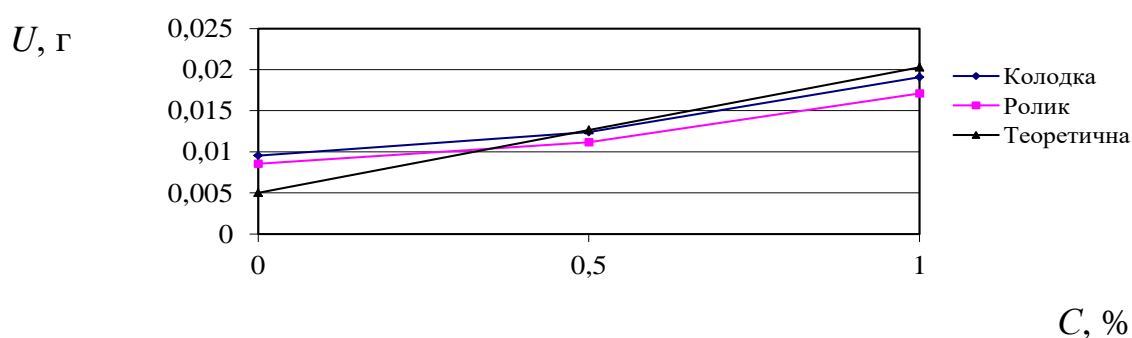


Рисунок 6 – Знос зразків та теоретичний знос за 40 год при наявності води

Рівняння регресії, що описують зміну зносу досліджуваних зразків, є такими:

Колодки

$$U_K = 0,0059 e^{(0,6932 x + 0,3466)}; \quad (9)$$

Ролика

$$U_P = 0,0066 e^{(0,6932 x + 0,3466)}. \quad (10)$$

Результати експериментальних та теоретичних досліджень (рис. 7).

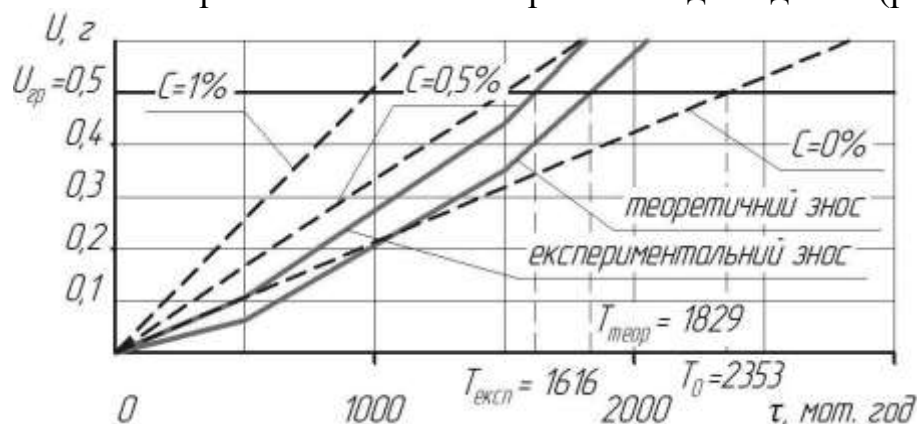


Рисунок 7 – Визначення ресурсу за експериментальними даними при різній концентрації води

Отже, теоретичний та експериментальний ресурси (рис. 7) мають досить високу збіжність, близьку до 13,2%.

У **четвертому розділі** теоретично та експериментально досліджені процеси седиментації та коалесценції води в гідравлічній оливі під дією зовнішніх силових полів.

Для того щоб визначити мінімальний розмір крапель, які можна відділити гравітаційним методом, були проведені розрахунки в програмному комплексі Mathcad, опираючись на закон Стокса. Залежність швидкості седиментації води від дисперсності наведена на рис. 8.

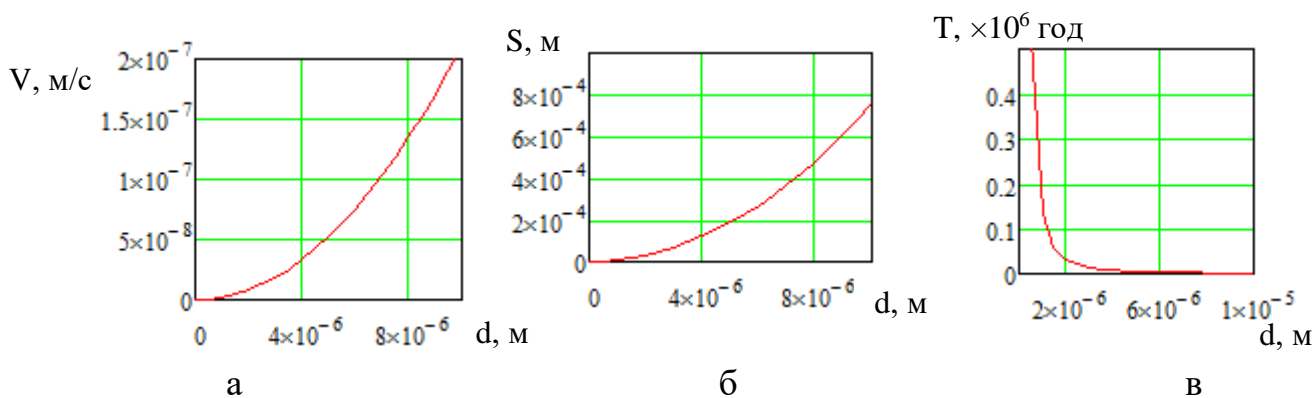


Рисунок 8 – Параметри відстоювання в залежності від дисперсності крапель:
а - швидкість осідання, м/с; б - шлях, що проходить крапля за одну годину, м;
в - час осідання на один метр, год

Встановлено, що краплини розміром 10 мкм відстоюються зі швидкістю $2,105 \cdot 10^{-7}$ м/с, з чого слідує, що відстоювання дрібнодисперсної води в ГО неможливе в експлуатаційних умовах. Тому для інтенсифікації процесу очистки ГО слід вести пошук методів, які базуються на інших принципах.

Оскільки вода є полярним діелектриком, то в зовнішньому електричному полі молекули води поляризуються. В загальному вигляді дипольний момент краплини можна визначити, як суму всіх елементарних частин краплини, тобто суму дипольних моментів молекул води. В роботі отримана просторова

залежність дипольного моменту від радіуса краплі та напруженості зовнішнього електричного поля. Розрахунки проводились за допомогою програмного комплексу MathCAD (рис. 9).

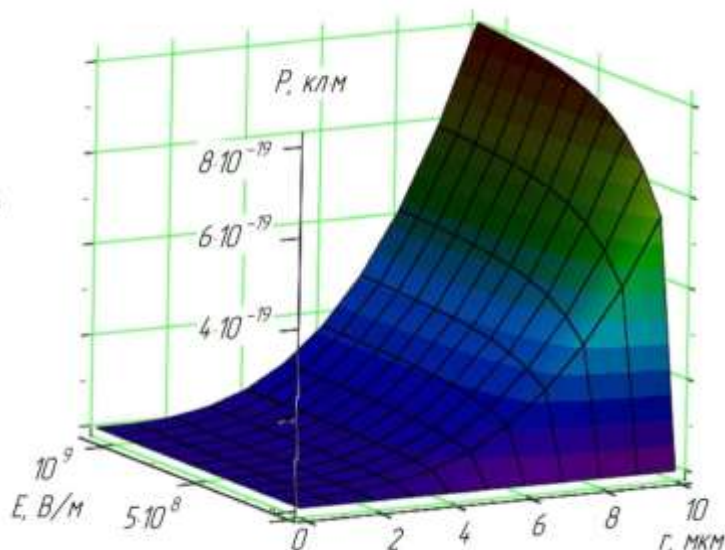


Рисунок 9 – Залежність дипольного моменту від радіуса краплі та від напруженості зовнішнього електричного поля

Для видалення дрібнодисперсної води на першому етапі слід забезпечити укрупнення крапель води до макророзміру. Це можливо за умови інтенсифікації руху поляризованих крапель та їх злиття.

В роботі вирішено диференціальне рівняння руху краплі води в оливі під впливом зовнішнього електричного поля

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = F_E - F_C, \quad (11)$$

де F_E – електрична сила протягування краплини; F_C – сила опору руху краплини води в середовищі оливи (сила Стокса).

Електрична сила визначається таким чином:

$$F_E = n \cdot p_i \frac{E(t)}{h} = \rho \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot N_A \cdot p_i \cdot \frac{\left(\frac{\partial U}{\partial h} \sin(2\pi \cdot t \cdot \nu) \right)}{h}, \quad (12)$$

де n – кількість молекул в краплині води; p_i – дипольний момент молекули води; $E(t)$ – напруженість зовнішнього електричного поля, В/м; h – відстань між електродами, м; r – радіус краплини, м; N_A – постійна Авогадро, $6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹; M – молярна маса води; $\partial U / \partial h$ – напруженість електричного поля, В/м; $2\pi \cdot t \cdot \nu$ – фаза напруженості електричного поля.

Сила опору (сила Стокса) у диференціальній формі має вигляд

$$F_C = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \frac{dx}{dt}, \quad (13)$$

де η – динамічна в'язкість дисперсного середовища, кгс·с/м².

А значить, остаточне диференціальне рівняння руху краплі в середовищі оливи під дією зовнішнього електричного поля має такий вигляд:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = \rho \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot N_A \cdot p_i \cdot \frac{\frac{\partial U}{\partial h} \cdot \sin(2\pi \cdot t \cdot \nu)}{h} - 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot \frac{dx}{dt}. \quad (14)$$

На основі даного диференціального рівняння проведено математичний розрахунок параметрів руху краплі в зовнішньому електричному полі, користуючись такими вихідними даними: напруга на електродах $U = 500$ В; відстань між електродами $h = 0,001$ м; частоти зовнішнього поля $\nu = 300$ Гц, 30 кГц, 3 МГц; діаметри крапель 10 мкм (рис. 10).

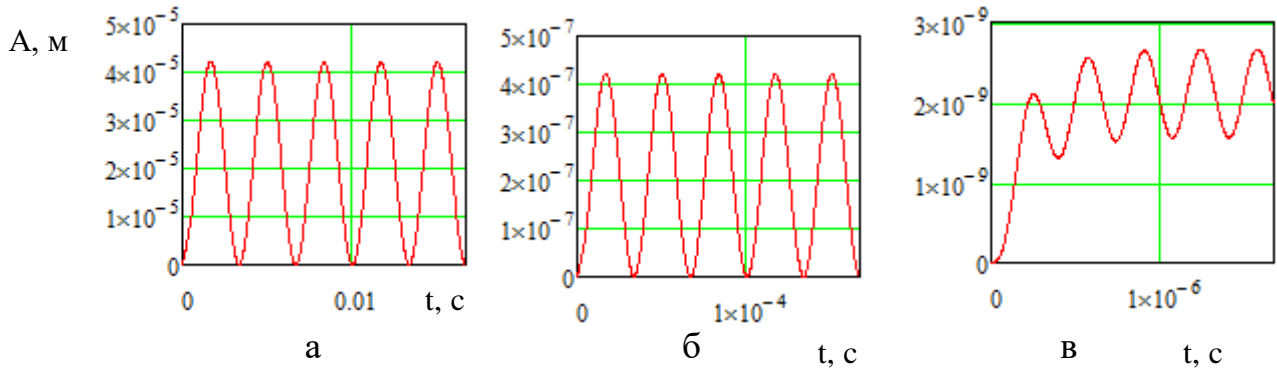


Рисунок 10 – Амплітуди коливань крапель діаметром 10 мкм:
а - 300 Гц; б - 30 кГц; в - 3 МГц

Отже, дане диференціальне рівняння дає можливість обраховувати переміщення, швидкість та прискорення краплі води в оливі в залежності від напруженості електричного поля, частоти та діаметра краплі.

Власна частота коливань визначається за такою залежністю:

$$\nu = \sqrt{\frac{U \cdot N_A \cdot p_i}{3 \cdot \pi \cdot r \cdot h^2 \cdot M}}, \quad (15)$$

де n – кількість молекул в краплі; p_i – дипольний момент молекули води, $p_i = 0,61 \times 10^{-29}$; U – напруга на електродах, В; r – радіус краплини, м; h – відстань між електродами, м; M – молярна маса води.

Користуючись програмним комплексом MathCAD, проведено розрахунок частоти власних частот коливання за такими вихідними даними: напруга на електродах $U = 500$ В; відстань між електродами $h = 0,001$ м; діаметри крапель d в межах від 100 мкм до 1 мм (рис. 11).

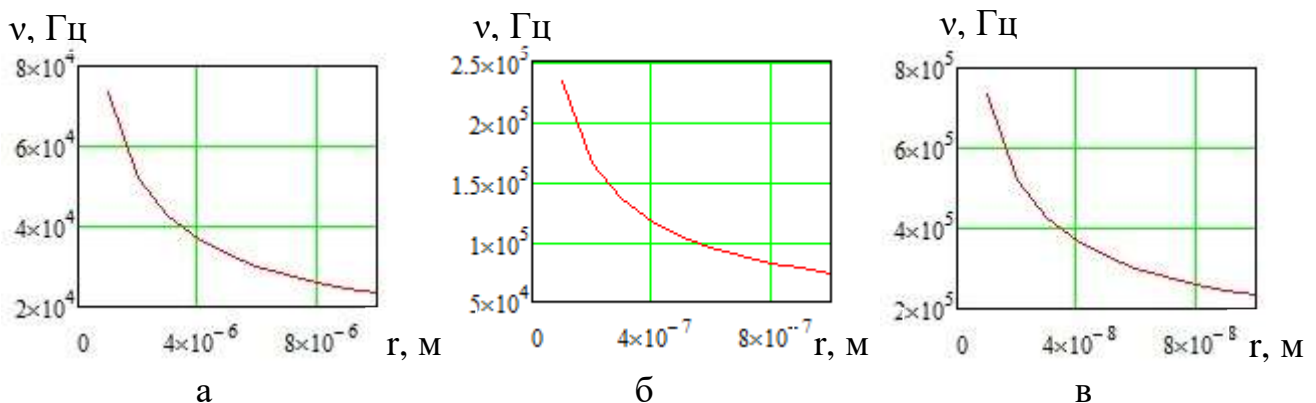


Рисунок 11 – Частота власних коливань краплі в залежності від її розмірів:
а - 0-10 мкм; б - 0-1 мкм; в - 0-0,1 мкм

Отже, частота власних коливань крапель води в оливі стрімко зростає зі зменшенням розмірів крапель. Отримані дані дозволяють обрати потрібну частоту зовнішнього поля залежно від розміру краплі за умови наближення до резонансних коливань.

Слід також зауважити, що явище суперпозиції може виникати також у випадках, коли частоти коливань зовнішнього електричного поля та власних коливань співвідносяться як цілі числа.

В подальшому були проведені експериментальні дослідження з визначення впливу параметрів зовнішнього електричного поля як фактора злиття мікрокрапель в об'ємі ГО на час освітлення емульсії (час, за який емульсія руйнується та безперешкодно пропускає світло). Дослідженням піддавалась емульсія індустріальної оливи И-20 (90 %) та технічної води (10 %). Дисперсність емульсії становила в середньому 3-7 мкм. Відстань між електродами становила 1 мм, напруга між ними 100 В, а отже, напруженість становила 100 кВ/м.

За результатами проведених досліджень одержано рівняння регресії, яке описує закономірність зміни часу освітлення від частоти та напруженості електричного поля,

$$t = -10^{-6} \cdot E^2 + 40,07 \cdot \left(\lg \left(\frac{\nu}{3} \right) \right)^2 - 3,14 \cdot \frac{E}{\lg \left(\frac{\nu}{3} \right)} + 0,43 \cdot E - 482 \cdot \lg \left(\frac{\nu}{3} \right) + 1490. \quad (16)$$

Графічне зображення результатів випробувань часу освітлення емульсії наведено на рисунках 12 та 13.

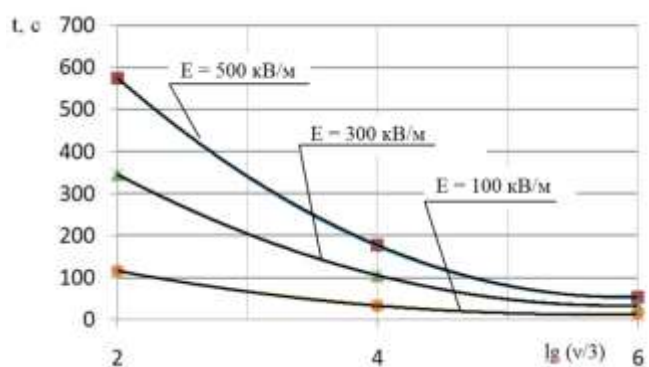


Рисунок 12 – Залежність часу освітлення від частоти зовнішнього електричного поля

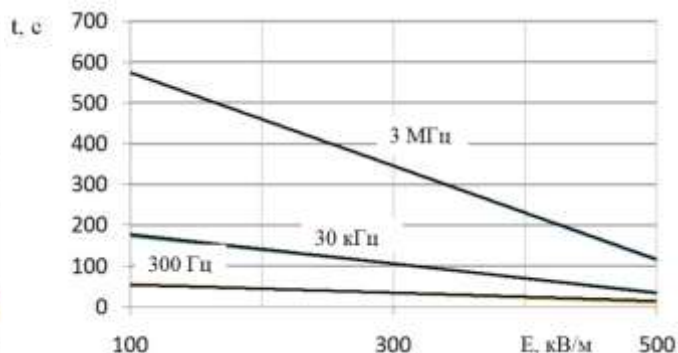


Рисунок 13 – Залежність часу освітлення від напруженості зовнішнього електричного поля

Згідно з рис. 12 та 13 мінімальний час освітлення складає 7 с при частоті 3 МГц та напруженості 500 кВ/м.

На знімках (рис. 14 а та б) видно, що краплі розмірами близько 10 мкм злились до розмірів близько 0,5 мм. Різниця в часі між знімками складає 14 с. Відстань між електродами в даному випадку становить 1 мм.



Рисунок 14 – Результати коалесценції води в гідравлічній оливі при обробці електричним полем: а – перед обробкою; б – після обробки

Результати досліджень показують, що як частота, так і напруженість зовнішнього електричного поля суттєво впливають на процес коалесценції води в оливі. Однак можливість підвищення напруженості електричного поля обмежена, оскільки виникає небезпека виникнення пробую. Також при надто високій напруженості, а тим більше в точках концентрації напруженості, може досягатись зворотний ефект – диспергування води. Підвищення ж частоти електричного поля від 300 Гц до 3 МГц дає змогу зменшити час коалесценції в середньому в десять разів. Підвищення ж частоти більше 3 МГц не дало б суттєвих результатів, оскільки від 300 кГц до 3 МГц спостерігається область насичення.

У п'ятому розділі подано практичні рекомендації щодо застосування результатів дослідження. Доведено, що найбільш ефективним є застосування додаткової бортової системи очистки на гідравлічному баку, яка складається із електричного пристрою укрупнення крапель та серійного вологовідділювача укрупнених крапель.

Проведений розрахунок економічної ефективності використання запропонованого методу видалення води із гідравлічної оливи на прикладі колійної машини ВПР-1200 показав, що економічний ефект від впровадження бортового очисника складає 180 тис. грн на один рік експлуатації машини.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання підвищення ресурсу гідравлічного приводу колійних машин шляхом удосконалення енергоефективних методів видалення дрібнодисперсної води із гідравлічної оливи та впровадження цих методів у експлуатаційних умовах.

1. Аналіз досліджень та технічного стану гідравлічних оливи колійних машин залізниць України показав, що для забезпечення ресурсу елементів гідравлічного приводу найбільш актуальним є пошук енергоефективних методів очистки гідравлічних оливи від дрібнодисперсної води. Такі методи повинні базуватись на вивченні природи взаємодії крапель води з молекулами оливи та молекулами поверхонь тертя. З урахуванням вже існуючих досягнень в цьому напрямку в дисертаційній роботі запропонований електричний метод прискорення коалесценції (укрупнення, злиття крапель) води в оливі,

застосування якого в експлуатаційних умовах дозволяє підтримувати ресурс гідравлічного приводу колійних машин на заданому рівні при мінімальних енергетичних затратах.

2. Попередніми дослідженнями олив гідрофікованих колійних машин Південної залізниці встановлена фактична концентрація води від 0,5 до 1%, що підтверджує актуальність обраної теми. На основі таких даних запропонована загальна методика дослідження, яка включає в себе послідовне виконання теоретичних та експериментальних досліджень, спрямованих на встановлення закономірностей впливу дрібнодисперсної води в гідравлічній оливі на ресурс елементів гідравлічного приводу, та закономірності впливу параметрів зовнішнього електричного поля на процес руху розчинених в гідравлічній оливі дрібнодисперсних крапель води при реалізації процесу очистки гідравлічної оливи.

3. Теоретичні дослідження впливу дрібнодисперсної води на ресурс елементів гідравлічного приводу засобів транспорту показали, що має місце лінійна зворотна залежність ресурсу від концентрації. Встановлено, що при збільшенні концентрації води лінійно зростає інтенсивність корозійно-механічного зношування елементів гідроприводу. Також встановлено, що при концентрації води 1% ресурс прецизійних пар, наприклад, плунжер-гільза аксіально-поршневого насоса або мотора становить 1 667 год без врахування впливу механічних домішок.

4. Експериментальні дослідження пари тертя плунжер-гільза на машині тертя СМЦ-2 підтвердили результати теоретичних досліджень щодо впливу води в оливі на ресурс. Встановлено, що зі збільшенням концентрації води від 0 до 1 % ресурс зменшується від 2356 до 1616 год. При цьому розбіжність теоретичного та експериментального ресурсу складає 13,2 %.

5. В цілому результати теоретичних та експериментальних досліджень впливу води в гідравлічній оливі на ресурс гідравлічного приводу колійних машин показали, що головним шляхом підвищення ресурсу гідравлічного приводу засобів транспорту є впровадження в експлуатаційних умовах енергоефективних засобів очистки гідравлічної оливи колійних машин від дрібнодисперсної води, що дозволить з мінімальними енерговитратами збільшити ресурс гідравлічного приводу засобів транспорту приблизно у два рази.

6. Теоретичні дослідження впливу зовнішніх силових полів на процес очистки гідравлічних олив від дрібнодисперсної води показали, що найбільш енергоефективним методом очистки є електростатичний метод, який полягає у поляризації розчинених мікрокрапель води, сприянні їх поступальному або коливальному руху та подальшому укрупненні внаслідок зіткнення та подальшого зливання. Такий спосіб дозволяє змінювати розмір крапель води з мікронного до міліметрового діапазону. Отримані таким чином краплі можуть бути видалені в подальшому у традиційних вологовідстійниках. Електростатичний спосіб у даному випадку призначений для укрупнення та подальшого видалення мікрокрапель води, які за своїми розмірами беруть участь у броунівському русі та не відстоюються в баках машин під час

простоїв, оскільки встановлено, що розрахунковий час відстоювання крапель розміром 1-10 мкм складає 10-100 год. Також отримані рівняння руху крапель в змінному електричному полі, вирішення яких дозволило визначити амплітуди коливань крапель в залежності від частоти зовнішнього поля та діаметра крапель, а також власні частоти коливання крапель залежно від їх розміру, які знаходяться в діапазоні 1-2 МГц для мікрокрапель. В сукупності виконані теоретичні дослідження дозволили обґрунтувати діапазони параметрів зовнішнього електричного поля для проведення подальших експериментальних досліджень процесу коалесценції мікрокрапель води в оливі.

7. Експериментальним шляхом встановлено закономірності впливу параметрів зовнішнього електричного поля (напруженість, частота) на інтенсивність процесу коалесценції мікрокрапель води в гідравлічній оливі. Отримані раціональні значення параметрів електричного поля, які складають 500 кВ/м та 3 МГц, при яких досягається мінімальний час коалесценції крапель мікронного діапазону на рівні 7 с. Отримані експериментальні дані, з одного боку, підтверджують результати теоретичних досліджень процесу руху крапель води під дією електричного поля, а з іншого боку, дозволяють запропонувати технологічні засади щодо енергоефективної очистки гідравлічної оливи в експлуатаційних умовах.

8. Розроблені практичні рекомендації щодо підвищення ресурсу гідравлічного приводу засобів транспорту шляхом запровадження енергоефективної очистки гідравлічної оливи засобів транспорту від дрібнодисперсної води. Така очистка може бути реалізоване шляхом створення стаціонарних або бортових очисників комбінованого типу, які складаються із двох основних елементів: блоку електричної підготовки (укрупнення крапель на основі електрокоалесценції) та типового волого відстійника для видалення укрупнених крапель води. Техніко-економічний розрахунок впровадження таких очисників підтверджує їх ефективність. Наприклад, при використанні бортового очисника в гідравлічній системі машини ВПР-1200 річний приріст економічного ефекту складає 185 500 грн.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні наукові праці:

1. Воронін С.В., Сафонюк І.Ю., Олійник А.В. Вплив частоти коливань електричного поля на процес коалесценції води в робочій рідині. *Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.* Харків: УкрДАЗТ, 2013. Вип. 142. С. 169-173.
2. Сафонюк І.Ю. Аналіз існуючих методів очистки нафтопродуктів від води. *Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.* Харків: УкрДАЗТ, 2014. Вип. 148. С. 121–127.
3. Сафонюк І.Ю. Вплив вмісту води у гідравлічній оливі на знос деталей тертя засобів транспорту. *Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп.* Харків: УкрДУЗТ, 2016. Вип. 159. С. 103–108.
4. Воронін С.В., Сафонюк І.Ю., Онопрейчук Д.В., Стефанов В.О., Суранов О.О. Аналіз властивостей робочих рідин гідроприводів колійної

техніки залізниць України. *Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп.* Харків: УкрДУЗТ, 2016. Вип. 165. С. 90–98.

5. Воронін С.В., Скорик О.О., Сафонюк І.Ю. Вплив концентрації дрібнодисперсної води на механізм корозійно-механічного зношування гідравлічних агрегатів транспортних засобів. *Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп.* Харків: УкрДУЗТ, 2018. Вип. 178. С. 147–156.

Публікації у виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз:

6. A. Panchenko, A. Voloshina, S. Kiurchev, O. Titova, D. Onopreychuk, V. Stefanov, I. Safoniuk, V. Pashchenko, H. Radionov, M. Golubok. Development of the universal model of mechatronic system with a hydraulic drive. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2018. Vol. 4. pp. 51-60. (*Входить до НМБ Scopus*).

Праці апробаційного характеру:

7. Воронін С.В., Сафонюк І.Ю. Дослідження впливу електричного поля на процес коалесценції води в оливі. *Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.* Матеріали доповідей 76-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті». Харків: УкрДАЗТ, 2014. Вип.143. С. 267-268.

8. Сафонюк І.Ю. Аналіз існуючих методів очистки нафтопродуктів від води. *Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті:* матеріали міжнародної науково-технічної конференції, присвяченої 80-річчю кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин. 26-28 листопада 2014 р. Харків: УкрДАЗТ, 2014. С. 31.

9. Сафонюк І.Ю. Вплив вмісту води у оливі на процес зношування деталей гідроагрегатів засобів транспорту. *Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.:* тези доповідей 77-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» Харків: УкрДАЗТ, 2015. Вип. 151. С. 188-189.

10. Воронін С.В., Сафонюк І.Ю. Дослідження коалесценції диспергованої води в гідравлічній оливі під впливом електричного поля. *Промислова гідравліка та пневматика:* матеріали конференції, присвяченої 50-річчю кафедри прикладної гідроаеромеханіки Сумського державного університету 15–17 жовтня 2015 р. Суми: Сум. держ. ун-т, 2015. С. 49-50.

11. Онопрейчук Д.В., Сафонюк І.Ю. Вплив вмісту води в гідравлічних оливах на надійність машин інженерного озброєння: Актуальні питання матеріально-технічного забезпечення службово-бойової діяльності Національної гвардії України / Національна академія Національної гвардії України (28 жовтня 2015 року) Харків: НАНГУ, 2015. С. 46.

12. Serhii Voronin, Pavlo Konovalov, Ivan Safoniuk, and Oleksandr Kebko. The influence of external field on the lubricity of mineral oil for railway transport. *MATEC Web of Conferences* 116, 03004, 2017. (*Входить до НМБ Scopus*)

13. Воронін С.В., Скорик О.О., Сафонюк І.Ю. Підвищення строку служби прецизійних пар агрегатів гідравлічних приводів засобів транспорту шляхом застосування електроочистки гідравлічних оливі: Актуальні питання

забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів / Національна академія Національної гвардії України. (31 жовтня 2018 р.). Харків: НАНГУ, 2018. С. 147-148.

14. Скорик О.О., Сафонюк І.Ю. Підвищення ефективності виконання робіт колійними машинами за рахунок підвищення ресурсу гідравлічного приводу. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: матеріали 79 Міжнародної науково-практичної конференції (16-17 травня 2019)* Дніпро: ДНУЗТ, 2019. С. 246-247.

АНОТАЦІЯ

Сафонюк І.Ю. Підвищення ресурсу гідравлічних агрегатів колійних машин шляхом удосконалення електричної очистки оливи від води. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. - Український державний університет залізничного транспорту, МОН України, Харків, 2019.

Метою дослідження є забезпечення енергозбереження процесу очистки гідравлічної оливи та підвищення на основі цього ресурсу прецизійних пар агрегатів гідравлічного приводу засобів транспорту, а також встановлення закономірностей процесу зношування деталей агрегатів гідравлічного приводу в залежності від концентрації води, що може потрапити до гідросистеми.

Для оцінки зносу агрегатів гідравлічного приводу було отримано вираз, який враховує як концентрацію води в оливі, так і її дисперсність.

Очистка гідравлічної оливи досягається шляхом обробки електричним полем, внаслідок чого пришвидшується явище коалесценції води в оливі. Отримана математична модель, що відображає залежність часу освітлення емульсії від параметрів зовнішнього електричного поля.

У дисертаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання – підвищення ресурсу прецизійних пар агрегатів гідравлічного приводу шляхом додавання додаткової циркуляційної системи на бак гідравлічного приводу, яка безперервно очищає оливу від води. Ресурс збільшується внаслідок зменшення негативного впливу води, що відіграє ключову роль при проходженні трибо-хімічних реакцій.

Ключові слова: ресурс, гідравлічний агрегат, колійна машина, електроочистка, корозійне зношування, гідравлічна олива.

АННОТАЦИЯ

Сафонюк И.Ю. Повышение ресурса гидравлических агрегатов путевых машин путем усовершенствования электрической очистки масел от воды. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. - Украинский государственный университет железнодорожного транспорта.

МОН Украины, Харьков, 2019.

Целью исследования является обеспечение энергосбережения процесса очистки гидравлического масла и повышение на основании этого ресурса прецизионных пар агрегатов гидравлического привода средств транспорта. Достигается это путем обработки электрическим полем гидравлического масла, в результате чего ускоряется явление коалесценции воды в масле.

В диссертационной работе решена актуальная научно-прикладная задача - повышение ресурса прецизионных пар агрегатов гидравлического привода путем добавления дополнительной циркуляционной системы на бак гидравлического привода, которая непрерывно очищает масло от воды. Ресурс увеличивается вследствие уменьшения негативного влияния воды, что играет ключевую роль при прохождении трибохимических реакций.

Износ прецизионных пар гидравлического привода, который происходит при эксплуатации средств транспорта, имеет в своем составе несколько составляющих: механический, коррозионный и водородный износ. Наиболее существенными являются первые две составляющие. Механический износ линейно увеличивается с увеличением наработки. В свою очередь коррозионный износ растет с ускорением. Это объясняется образованием перекисей в масляной среде. Увеличение количества перекиси вызывает автоускорение окисления масла и износа прецизионных пар агрегатов средств транспорта. Так уменьшение концентрации воды в гидравлическом масле средств транспорта на ранних этапах может увеличить срок службы масла и увеличить ресурс агрегатов гидравлического привода.

В работе оценивалось теоретическое влияние воды на поверхности трения в абсолютных величинах, в результате чего была получена зависимость ресурса аксиально-плунжерного насоса от концентрации воды в масле. Достоверность полученных теоретических данных подтверждается результатами экспериментальных испытаний.

Важно принимать во внимание, что при работе гидравлического привода происходит активное перемешивание масла. Вследствие этого вода приходит в мелкодисперсное состояние и образуется достаточно устойчивая эмульсия, которая не может разделиться за междусменный период работы машины. При таких условиях не могут быть применены такие традиционные методы удаления воды, как вакуумная сушка, отстаивание и центрифугирование. Вакуумная сушка не может быть применена в силу необходимости обеспечения атмосферного давления в баке и энергоемкости процесса, а отстаивание и центрифугирование – из-за увеличения роли сил броуновского движения и уменьшения роли гравитационных сил.

Электроочистка, в свою очередь, имеет существенные преимущества по сравнению с традиционными методами очистки: малая энергоемкость и возможность удалять мелкодисперсную воду.

Эффект поляризации капель воды в среде углеводородных соединений был давно замечен. Между поляризованными каплями воды в масле возникают электрические силы взаимодействия, в результате чего капли притягиваются и происходит слияние капель воды (происходит процесс коалесценции). Такой

метод удаления применяется в нефтеперерабатывающей отрасли, но дегидратация невозможна без добавления неметаллических механических примесей, которые ускоряют процесс коалесценции.

Поскольку ранее электроочистка требовала использования вспомогательных веществ, то она не могла быть применена на средствах транспорта. Поэтому в данной работе рассматривается возможность адаптации метода и поиска оптимальных параметров электроочистки для дегидратации гидравлических масел на средствах транспорта.

Рациональными параметрами внешнего электрического поля является напряженность около 500 кВ / м, и частота 1-3 МГц. При таких условиях процесс коалесценции протекает максимально быстро. Например достаточно стабильная эмульсия «вода в масле 10 %» осветляется за время около 14 с.

Ключевые слова: ресурс, гидравлический агрегат, путевая машина, электроочистка, коррозионное изнашивание, гидравлическое масло.

ABSTRACT

Safoniuk I.Yu. Resource increasing of hydraulic gear of rail track machines by improving electrical purification of oil from water. - Manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of technical science candidate on the specialty 05.22.20 – operation and maintenance of means of transport. – Ukrainian State University of Railway Transport, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2019.

The research aims to ensure energy conservation in the process of hydraulic oil purification and thus to extend life of precision pairs of machine hydraulic gears, as well as to establish the dependence of deterioration of hydraulic parts on the concentration of water that can come to the hydraulic system.

To evaluate the deterioration of the hydraulic gear, a formula has been developed that takes into account both water concentration in the oil and its dispersion.

Purification of hydraulic oil is achieved by electric field processing, resulting in accelerated water coalescence in oil. A mathematical model has been elaborated that shows the dependence of the emulsion purification time on the parameters of an external electric field.

The research has solved the pressing scientific and practical problem - to extend life of precision pairs of hydraulic gear by connecting an additional circulation system to the hydraulic gear tank, which continuously purifies oil from water. Life of hydraulic gear increases as a result of reducing the negative impact of water, which plays a key role in of tribo-chemical reactions.

Key words: resource, hydraulic unit, track machine, electrical cleaning, corrosion wear, hydraulic oil.

САФОНЮК ІВАН ЮРІЙОВИЧ

УДК 625.144.5

**ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ГІДРАВЛІЧНИХ АГРЕГАТІВ
КОЛІЙНИХ МАШИН ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
ОЧИСТКИ ОЛИВ ВІД ВОДИ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підп. до друку 13.09.2019.
Формат паперу 60x84, 1/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 0,9. Обл. –вид. арк. 1,1.
Тираж 100 прим. Замовлення № 450.

Видавництво УкрДУЗТ. Свідоцтво ДК № 6100 від 21.03.2018 р.
Друкарня УкрДУЗТ: 61050, м. Харків, майдан Феєрбаха, 7