

**ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ, ДОРОЖНІ, БУДІВЕЛЬНІ,
МЕЛІОРАТИВНІ МАШИНИ І ОБЛАДНАННЯ**

УДК 621.829

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.144.2014.80193>

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОЛИВ ТА РОБОЧИХ РІДИН
БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН**

Кандидати техн. наук С.В. Воронін, Д.В. Онопрейчук,
асист. О.В. Кебко, І.В. Ляшенко

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАСЕЛ И РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

Кандидаты техн. наук С.В. Воронин, Д.В. Онопрейчук,
ассист. А.В. Кебко, И.В. Ляшенко

**INVESTIGATION OF ELECTRICAL PROPERTIES OF THE OILS AND FLUIDS
CONSTRUCTION MACHINERY**

Cand. of techn. sciences S.V. Voronin, cand. of techn. sciences D.V. Onopreychuk,
assistant A.V. Kebko, I.V. Ljashenko

Розглядаються експериментальні дослідження електричних властивостей олив та робочих рідин. На основі експериментальних даних визначено вольт-амперну характеристику цих рідин. Отримані характеристики можуть бути використані як діагностичний параметр поточного стану олив та робочих рідин.

Ключові слова: електричні властивості, олива, робоча рідина, вольт-амперна характеристика, діагностування.

Рассматриваются экспериментальные исследования электрических свойств масел и рабочих жидкостей. На основе экспериментальных данных определена вольт-амперная характеристика данных жидкостей. Полученные характеристики могут быть использованы в качестве диагностического параметра текущего состояния масел и рабочих жидкостей.

Ключевые слова: электрические свойства, масло, рабочая жидкость, вольт-амперная характеристика, диагностирование.

This article discusses the experimental study of the electrical properties of working fluids and oils. These studies are based on the fact that the condition of the additives dissolved in the oils coming to the liquid crystal. As is well known nonlinear liquid crystals react to external electric and magnetic fields. It is this non-linearity is the main cancellation additive that is present in most oils. On the basis of experimental data set character changing the current of the voltage as in oils with additives, and without them. The presence of additives in oil significantly affects the character of the current - voltage characteristics, expressed in the emergence of non-linearity. Comparison of the current - voltage characteristics of the oils research shows that the nonlinearity increase with increasing the effectiveness of additives. Thus obtained pattern can be used as diagnostic parameter of the current state of oil and working fluids.

Keywords: electrical properties, oil, hydraulic fluid, the current-voltage characteristic of diagnosis.

Вступ. Сьогодні система технічного обслуговування (ТО) будівельних машин включає в себе діагностування окремих елементів машини, діагностування мастильних

матеріалів, зокрема таких, як моторна олива, робоча рідина (РР) і т.д., особливо бортове діагностування практично відсутнє. Відомо, що саме від таких мастильних матеріалів залежить

надійність машини в цілому [1–3]. Для покращення мастильних властивостей олив у них додають функціональні присадки, які формують на поверхнях тертя граничну плівку та зменшують тертя та знос елементів машини (гідропривода, двигуна внутрішнього згорання і т.д.).

У процесі роботи машини олива втрачає мастильні властивості через спрацювання присадок [4], тобто навіть при дотриманні правил заміни олив неможливо забезпечити максимальну захисну функцію від дії присадки. Це призводить до потреби у вдосконаленні системи ТО машин за рахунок застосування поточного контролю стану олив за параметром її змащувальної дії.

Останнім часом виконуються науково-дослідні роботи, спрямовані на розроблення засобів та методів діагностування якості мастильних матеріалів. У цих дослідженнях як діагностичні параметри розглядаються або механічні властивості граничної плівки чи її несуча здатність [5], або її електричні властивості (діелектрична проникність, електропровідність тощо) [6, 7].

Недоліком перших є складність реалізації при проведенні бортового діагностування, другі – простіші у технічному виконанні, однак мають змінну за часом інформативність, оскільки по мірі напрацювання оливи в ній накопичуються домішки, що спотворюють вихідні сигнали. При розробленні ефективних методів бортового діагностування олив слід вести пошук таких діагностичних параметрів, зміна яких по мірі напрацювання оливи не призводила б до втрати інформативності, тобто відображала реальний стан присадки на час проведення діагностування.

Вирішення такої задачі неможливе без вивчення природи, властивостей та поведінки присадок, розчинених в оливі. Згідно з численними дослідженнями стан присадки в оливах наближається до рідкокристалічного [8, 9], а, як відомо, рідкі кристали нелінійно реагують на зовнішні електричні та магнітні поля [10]. Саме така нелінійність є головною відміною присадки, яка відсутня у більшості домішок в оливах.

Метою дослідження є експериментальне визначення вольт-амперних характеристик олив із присадками та визначення можливості застосування цих характеристик як діагностичного параметра.

Виклад основного матеріалу.

Досліджувалися такі мастильні матеріали: олива індустріальна И-20А, що відповідає ГОСТ 20799-88; робоча рідина МГЕ 46 В, що відповідає ГОСТ 17479.3-85; олива моторна М14В2, що відповідає ГОСТ 12337-84. Ці оливи, окрім індустріальної, мають поліпшені експлуатаційні властивості та рекомендовані до використання в гідроприводах будівельних та колійних машин (МГЕ 46 В) та двигунах внутрішнього згорання локомотивів (М14В2). Індустріальна олива використовувалась у дослідженнях як порівняльна, оскільки не містить присадок.

Для проведення експерименту з встановлення вольт-амперних характеристик олив із присадками був розроблений спеціальний вимірювальний стенд, зображений на рис. 1.

Методика визначення вольт-амперної характеристики олив полягає в такому. Ретельно зачищаються та знежирюються електроди 1, 2. Зазор між електродами у вимірювальній комірці 3 виставляється за допомогою мікроскопа. Значення зазора обирається з міркувань максимального впливу граничної плівки на електропровідність міжелектродного простору. Потім у вимірювальну комірку подають випробовувану оливу, яка за допомогою нагрівача 4 нагрівається до необхідної температури (в даному експерименті $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Після чого на електроди подається напруга з кроком 0,1 В та знімаються показники сили струму з міліамперметра 10. Збільшення напруги триває до настання пробою.

Для визначення мінімально необхідної повторюваності дослідів були проведені попередні вимірювання. Десятикратно вимірювались значення сили струму при напрузі 0,5 В та температурі оливи И-20А $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Мінімально необхідна повторність вимірювань визначається нерівністю [11]

$$n_{\min} \geq \frac{\sigma^2 \cdot t_{\text{кр}}^2}{\Delta^2 \cdot h_{\text{сп}}^2}, \quad (1)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення вимірів;
 $t_{\text{кр}}$ – табличне значення коефіцієнта Стьюдента, $t_{\text{кр}} = 1,81$ [11] при надійності результатів $P = 0,9$;

Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні, меліоративні машини і обладнання

Δ – допустима відносна похибка вимірів, $\Delta=0,5$ [12];

h_{cp} – середнє арифметичне значення результатів вимірів.

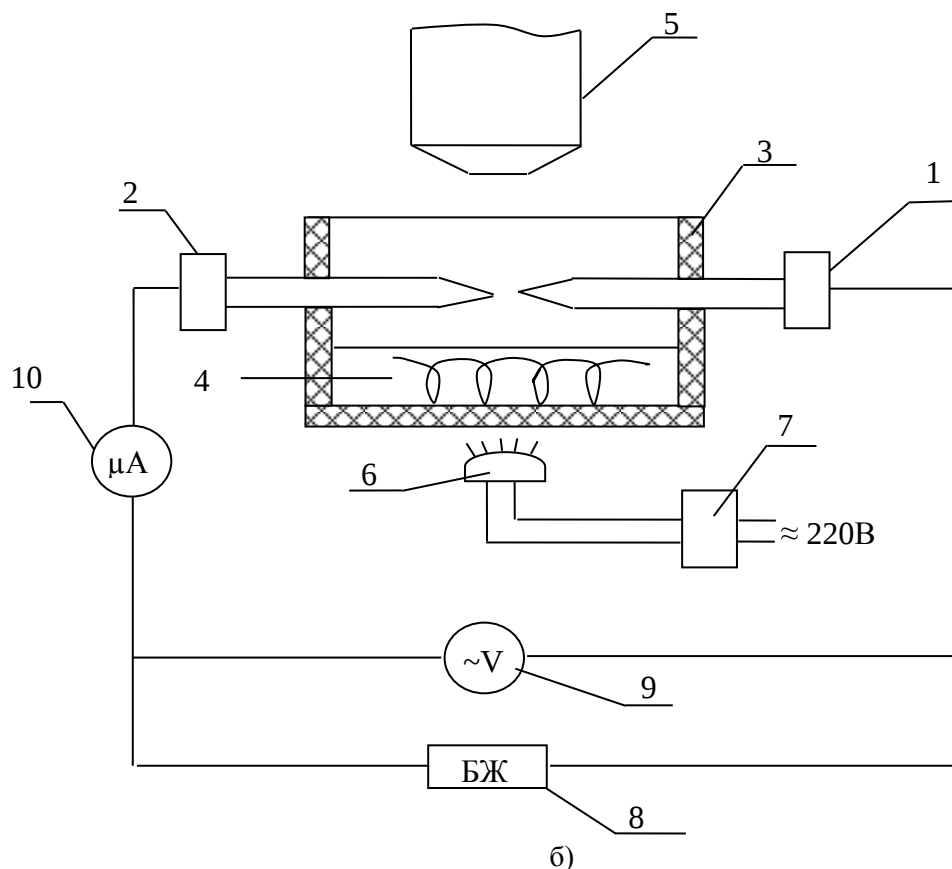
За попередніми вимірами та розрахунками була встановлена трикратна

повторність, після чого проводився основний експеримент.

Результати проведених досліджень зображені на рис. 2-4.



а)



б)

Рис. 1. Вимірювальний стенд: а – зовнішній вигляд вимірювального стенду;
б – схема вимірювального стенду: 1, 2 – електроди; 3 – вимірювальна комірка; 4 – нагрівач;
5 – окуляр мікроскопа; 6 – джерело світла; 7 – блок регулювання потужності світла; 8 – джерело живлення Б5 – 48; 9 – вольтметр; 10 – міліамперметр

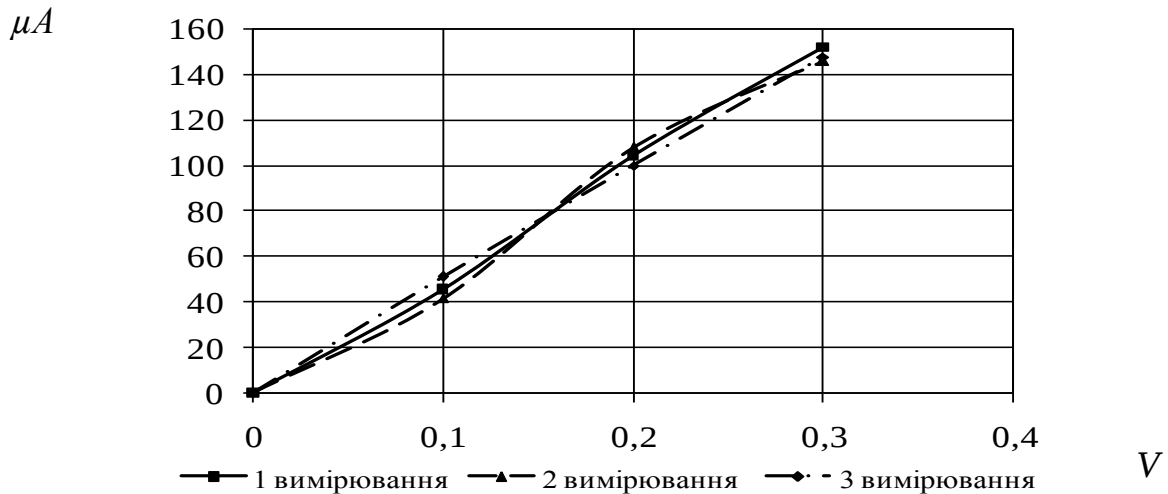


Рис. 2. Вольт-амперна характеристика оливи індустриальної И-20А

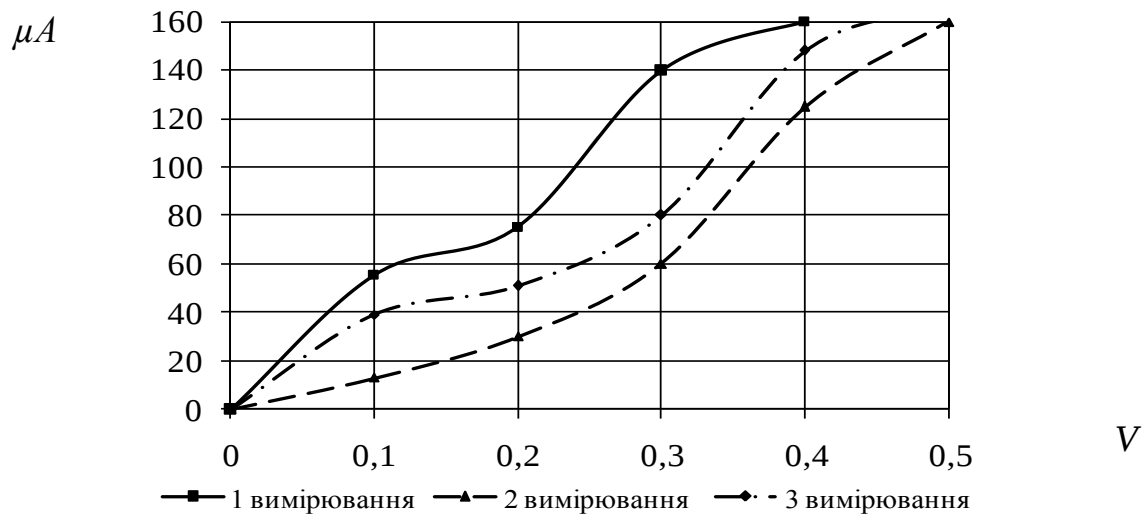


Рис. 3. Вольт-амперна характеристика оливи гідравлічної МГЕ-46В

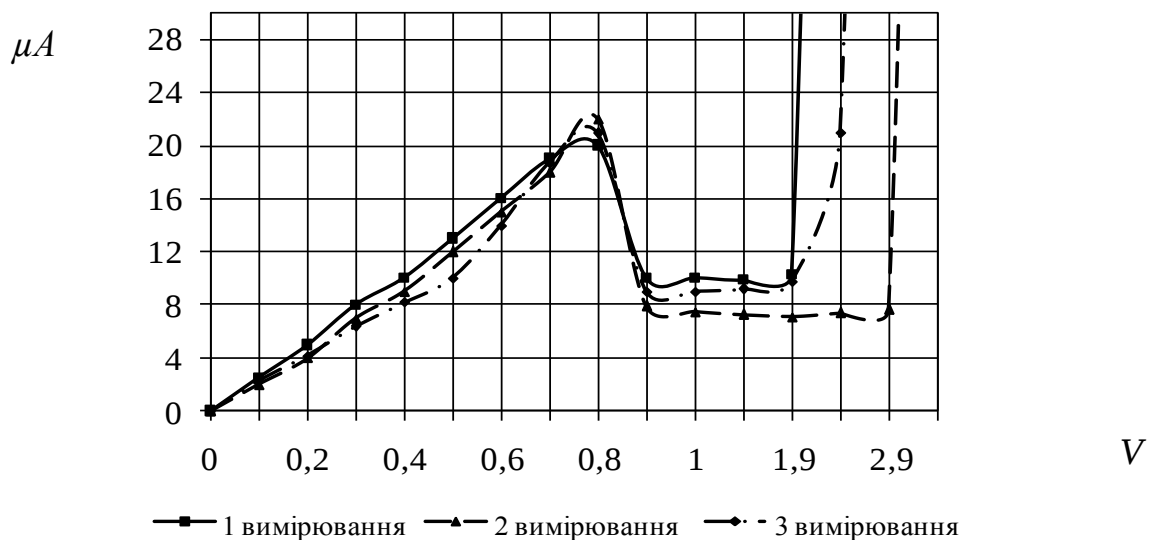


Рис. 4. Вольт-амперна характеристика оливи моторної М14В2

За результатами проведених досліджень при виконанні прямого фізичного експерименту були отримані графічні залежності струму в міжелектродному просторі від прикладеної напруги для обраних мастильних матеріалів (рис. 2-4).

Отримані залежності показують, що при відсутності присадок в оливі, для індустріальної оливи И-20А, яка практично не містить присадок (рис. 2), залежність зміни струму від напруги має лінійний характер. Тобто це говорить про те, що в цьому діапазоні прикладеної напруги від 0 до 0,3 В справедливий закон Ома, який стверджує, що струм пропорційний напрузі. При подальшому збільшенні напруги спостерігається пробій, який пов'язаний з тим, що носій заряду на довжині вільного пробігу набуває енергію, достатню для ударної іонізації молекул оливи.

Для гідравлічної оливи МГЕ-46В, яка містить поверхнево-активні речовини (присадки), спостерігається поява нелінійності вольт-амперної характеристики зі збільшенням напруги (рис. 3).

Закономірність зміни сили струму від напруги для оливи М14В2 (рис. 4) показує, що на ділянці від 0 до 0,8 В вольт-амперна характеристика має лінійний характер, тобто зберігається закон Ома. З подальшим

збільшенням напруги спостерігається максимум та подальше падіння струму. Починаючи з 0,9 В сила струму стабілізується на мінімальному рівні та не змінюється в діапазоні напруги від 0,9 до 2 В, після чого настає пробій. Такий характер кривої пов'язаний із структурними перетвореннями присадки в зазорі [13] та утворенням на поверхнях електродів граничної плівки, яка забезпечує екранування носіїв заряду.

Висновки:

1. На основі експериментальних даних встановлений характер зміни сили струму від напруги в оливах як з присадками, так і без них. Наявність присадок в оливі суттєво впливає на характер зміни сили струму від напруги в міжелектродному просторі. Поява нелінійності у вольт-амперній характеристиці очевидно пов'язана з ступенем активності та концентрацією присадки в оливі.

2. З порівняння вольт-амперних характеристик досліджуваних олив випливає, що нелінійність зростатиме із зростанням ефективності дії присадки. Таким чином, за характером встановлених кривих можна оцінювати якість олив та поточний стан їх трибологічних властивостей за критерієм наявності та ступенем активності присадки.

Список використаних джерел

1. Руднев, В.К. Повышение эксплуатационной надежности гидроприводов строительных и дорожных машин [Текст]: учеб. пособие / В.К. Руднев, Е.Н. Лысков, Е.С. Венцель. – К.: УМК ВО, 1989. – 136 с.
2. Руднев, В.К. Эксплуатационные материалы для строительных и дорожных машин [Текст]: учеб. пособие / В.К. Руднев, Е.С. Венцель, Е.Н. Лысков. – К.: ИСИО, 1993. – 236 с.
3. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости: Ассортимент и применение [Текст]: справ. изд. / К.М. Бадыштова [и др.]; под ред. В.М. Школьников. – М.: Химия, 1989. – 431 с.
4. Стефанов, В.О. Підвищення довговічності гідроагрегатів засобів залізничного транспорту шляхом інтенсифікації формування змащувального шару [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.03 / В.О. Стефанов. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – 20 с.
5. Способи визначення несучої здатності мастильної плівки та придатності мастильного матеріалу до використання [Текст]: пат. на спосіб 93616, Україна, МПК7:G01N33/26, G01N27/02 / Є.М. Лисіков, В.Б. Косолапов, С.В. Воронін, С.В. Літовка. – № а 2009 08624; заявл. 17.08.2009; опубл. 25.02.2011, Бюл. № 4.
6. Бабенко, А.О. Діагностування терміну служби будівельних машин за електропровідністю змащувального мастила [Текст] / А.О. Бабенко, Р.В. Нечипорук // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізн. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 133. – С.330-334.
7. Лысков, Е.Н. Контроль смазочной пленки ПАВ в контакте трибосопряжения по ее диэлектрической проницаемости [Текст] / Е.Н. Лысков, В.Б. Косолапов, С.В. Косолапов // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізн. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 130. – С.145-150.

8. Лысыков, Е.Н. Перспективы использования жидких кристаллов в качестве присадок для улучшения эксплуатационных свойств жидких смазочных сред путевых и строительных машин [Текст] / Е.Н. Лысыков, С.В. Воронин // 36. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип. 91. – С.101-109.

9. Нанотехнології на залізничному транспорті [Текст]: навч. посібник / Є.М. Лисіков, С.В. Воронін, О.О. Скорик, Д.В. Онопрейчук. – Харків: ДІСА ПЛЮС, 2013. – 212 с.

10. Адамчик, А.А. Жидкие кристаллы [Текст] / А.А. Адамчик; под. ред. И.Г. Чистякова; пер. с польск. – М.: Сов.Радио, 1979. – 160 с.

11. Грушко, И.М. Основы научных исследований [Текст] / И.М. Грушко, В.М. Сиденко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Харьков: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1983. – 224 с.

12. Винарский, М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях [Текст] / М.С. Винарский, М. В. Лурье. – К.: Техника, 1975. – 168 с.

13. Лысыков, Е.Н. Надмолекулярные структуры жидких смазочных сред и их влияние на износ технических систем [Текст] / Е.Н. Лысыков, В.Б. Косолапов, С.В. Воронин. – Харьков: ЭДЭНА, 2009. – 274 с.

Рецензент д-р техн. наук, профессор М.П. Ремарчук

Воронін Сергій Володимирович, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин Української державної академії залізничного транспорту. Тел. роб. 057-730-10-66.

Онопрейчук Дмитро В'ячеславович, канд. техн. наук, асистент кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин Української державної академії залізничного транспорту. Тел. роб. 057-730-10-72.

Кебко Олександр Вікторович, асистент кафедри будівельних, колійних та вантажно-розвантажувальних машин Української державної академії залізничного транспорту. Тел. роб. 057-730-10-72.

Ляшенко Ігор Вікторович, магістр групи МЗ-БКМ-12, Українська державна академія залізничного транспорту.

Voronin Serhij, kand. tekhn. sciences, associate professor, manager of department of build, travel and freight-unloading machines. Ukrainian state academy of railway transport.

Onoprechuk Dmytro, kand. tekhn. sciences, assistant of department of build, travel and freight-unloading machines. Ukrainian state academy of railway transport.

Kebko Oleksandr Victor, assistant of department of build, travel and freight-unloading machines. Ukrainian state academy of railway transport.

Lyashenko Ihor, master's degree of group MZ-BKM-12, Ukrainian state academy of railway transport.