



УДК 621.892

DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-1

ОБГРУНТУВАННЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОЦІНКИ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗМАЩУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Журавель Д. П., д. т. н. <https://orcid.org/0000-0002-9611-2781>
Таврійський державний агротехнологічний університет
Тел. (061)42-25-85
e-mail: dmytro.zhuravel@tsatu.edu.ua

Анотація – робота присвячена обґрунтуванню кінематичних та технологічних параметрів пристрою для оцінки триботехнічних властивостей змащувальних матеріалів, а також фізико-хімічних процесів в зоні фрикційного контакту. Пристрій відповідає наступним основним вимогам: одночасна реєстрація основних параметрів пари тертя і робочого середовища; реєстрація зміни характеристик робочого середовища в процесі тертя; застосування випробовуваних зразків з малими поверхнями тертя, що дозволить безперервно реєструвати сумарний знос пари тертя в широкому діапазоні навантажень і швидкостей ковзання.

Організація контролю якості змащувальних матеріалів у сільському господарстві повинна бути спрямована на аналіз працездатності цих продуктів з точки зору їх триботехнічних властивостей. Техніко-економічні аспекти експлуатації техніки спрямовані на розробку підприємствами конкуруючих змащувальних матеріалів, виготовлених як з відновлювальної сировини біологічного походження так і не відновлювальної мінерального походження, з метою забезпечення її надійної роботи. В зв'язку з цим зростає роль методів, засобів та способів контролю якості змащувальних матеріалів на всіх етапах експлуатації - при придбанні, зберіганні та використанні за призначенням. В статті на підставі проведеного аналізу зроблений акцент на можливості використання результатів контролю якісних показників змащувальних середовищ при діагностуванні технічного стану енергетичних засобів. Розроблена система керування пристроєм, визначені параметри контролю та розроблені технологічні вимоги. Розроблена функціональна схема контролю і керування. На підставі схеми технологічної розроблена електрична принципова схема керування. Проведений вибір і перевірка апаратури керування і захисту. Встановлені основні фактори, які впливають на технологічний процес, функцію відгуку та рівні варіювання.

Ключові слова – змащувальні матеріали, триботехнічні властивості, пристрій, сільськогосподарська техніка, надійність, засоби контролю.

Постановка проблеми. У світовій практиці є тенденція до розширення стендових випробувань на знос. За кордоном це в деякій



мірі пов'язано з частою модифікацією машин (особливо легкових автомобілів) в результаті росту конкуренції. Але головне полягає в тому що стендові випробування науково-дослідного характеру дозволяють в короткі терміни вивчити технічні характеристики машини, перевірити правильність конструкторських рішень, вибір розрахункових схем, розмірів і параметрів деталей вузлів тертя встановити гарантований термін служби, виявити неблагополучні з точки зору міцності, зносостійкості, жорсткості і інших ознак вузли і деталі для розробки відповідних конструктивних і технологічних заходів. Стендові випробування можуть ? перевірені на елементах вузла, на вузлі, взятому окремо від агрегату і на агрегаті у зборі. У зв'язку з різноманітністю умов експлуатації багатьох машин на їх роботу впливають змінні чинники в різних поєднаннях. Стендові випробування дозволяють вивчити вплив окремих чинників на роботу вузлів і агрегатів; створити стабільний режим завантаження близько відтворюючий ті або інші експлуатаційні умови; застосовувати збільшені або прискорені навантаження в порівнянні з експлуатаційними для прискорення випробувань; реалізувати спеціальні режими вантаження для порівняльної оцінки різних конструкцій і технологій виготовлення. При терміні служби машини, що обчислюється багатьма тисячами робочих годинстендові випробування є у багатьох випадках єдиною можливістю сучасної експериментальної перевірки конструкції.

Значна економія часу і матеріальних ресурсів може бути досягнута шляхом заміни стендових досліджень лабораторними.

Аналіз останніх досліджень. Важливі методологічні аспекти підвищення експлуатаційної надійності вузлів і агрегатів сільськогосподарської техніки, які працюють в середовищі змащувальних матеріалів, запропонували Р.М. Матвеєвський, В. Л. Лашхі, І.А. Буяновський, В.П. Коваленко, М.А. Григорьев та інш.[1]. Однак аналіз опублікованих досліджень показав, що всі процеси, які проходять в спряженнях вузлів і агрегатів мобільної техніки багатогранні і потребують подальших досліджень з врахуванням природи, як змащувальних так і конструктивних матеріалів пар тертя[2-9].

Формулювання цілей статті. Обґрунтування кінематичних та технологічних параметрів пристрою для оцінки триботехнічних властивостей змащувальних матеріалів.

Основні матеріали дослідження. Принцип дії пристрою (рис.1) полягає в наступному: досліджуєми зразок (колодка) затискається між прижимною планкою 4 та втулкою 2. Рідина, яка

досліджується на антифрикційні властивості заливається у ємність 3. Втулка 2 насаджена на вал, який обертається за допомогою клинопасової передачі від електродвигуна 5. Зусилля на прижимну планку створює електромагніт 9.

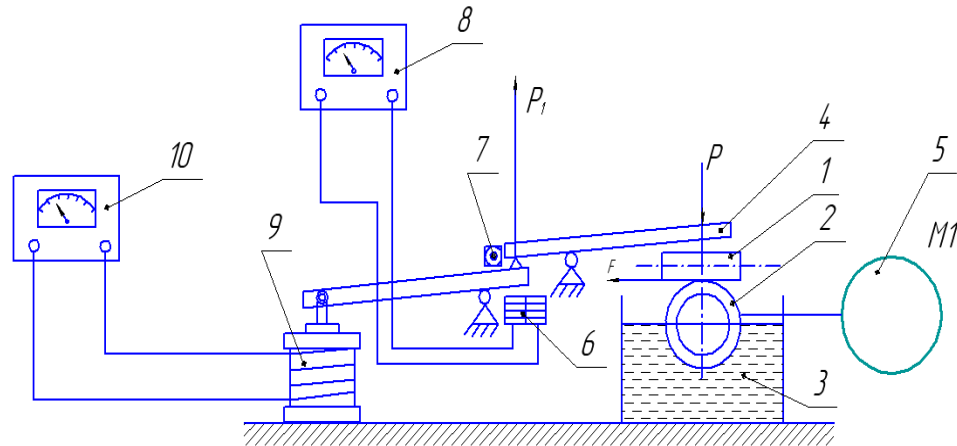


Рис.1. Функційна схема пристрою для оцінки змащувальних властивостей робочих рідин: 1- колодка; 2 – втулка; 3 – ємність з рідиною, що досліджується; 4 – прижимна планка; 5 – електродвигун; 6 – блок фотоперетворювачів; 7 – джерело світла; 8 – мікроамперметр для контролю зносу колодки; 9 – електромагніт постійного струму; 10 – амперметр для контролю зусилля на прижимну планку.

Величина зусилля контролюється за допомогою амперметра 10, який попередньо відтарований, а зміна величини зусилля виконується за допомогою лабораторного автотрансформатору. Знос колодки контролюється наступним чином. Джерело світла 7 знаходиться за прижимною планкою і на початку експерименту його світлова енергія не потрапляє до блоку фотоперетворювачів 6. По мірі зносу зразка (колодки) прижимна планка опускається і світлова енергія, що випромінюється починає потрапляти на фоторезистор. Опір фоторезистора падає і через нього починає протікати струм невеликої величини. Певній величині струму буде відповідати певна величина зносу на відтарованому мікроамперметрі 8. Також до блоку фотоперетворювачів входить і фотодіод, який на початку експерименту повністю освітлений джерелом світла 7. При повному затемненні фотодіоду спрацьовує фотореле і вимикає електродвигун 5. Це означає завершення експерименту, оскільки зразок (колодка) 1 досяг граничного зносу.

Фоторезистор встановлений на пристрої і визначає переміщення важеля, яке є результатом зносу зразка. Важіль перекидає потік світла, джерелом якого є лампа розжарювання. Зміна світлового

поток, який реєструє фоторезистор, характеризує величину зносу зразка - S_1 ; S_2 – переміщення важеля є характеристикою величини перекриття світлового потоку, який реєструється фоторезистором (рис. 2).

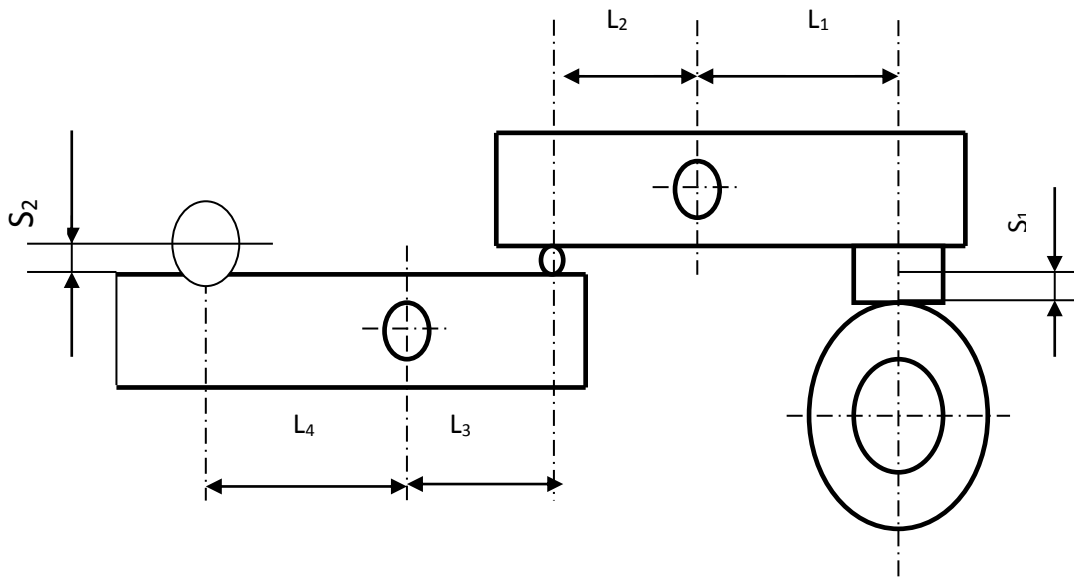


Рис. 2. Схема виміру зносу зразків в процесі зношування за допомогою фоторезистора

Згідно представленої схеми переміщення важеля, перекриваючого резистор S_2 , залежить від довжини важелів системи і величини зносу S_2 .

$$S_1 = S_2 \frac{L_1 \cdot L_3}{L_2 \cdot L_4}. \quad (1)$$

де L_1, L_2, L_3, L_4 – довжина важелів, м;
 S_1, S_2 – переміщення важелів, м.

При перерахунку до довжин важелів отримуємо: $S_1 = S_2 / 5$.

Діаметр вікна лампи, що створює освітлення фоторезистора, дорівнює 3 мм.

Перекриття світлового потоку лампи, що має круглий перетин діаметром 3 мм, представлено на рисунках 3 і 4.

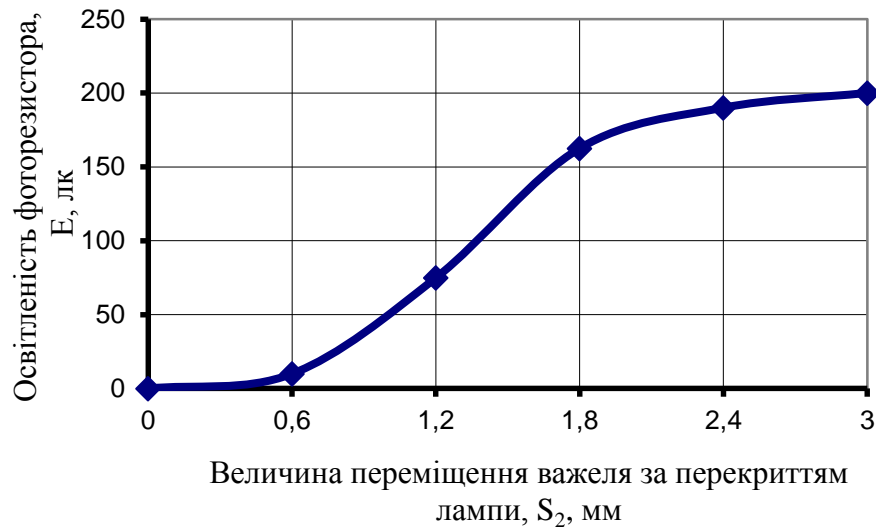


Рис.3. Залежність освітленості від величини переміщення важеля

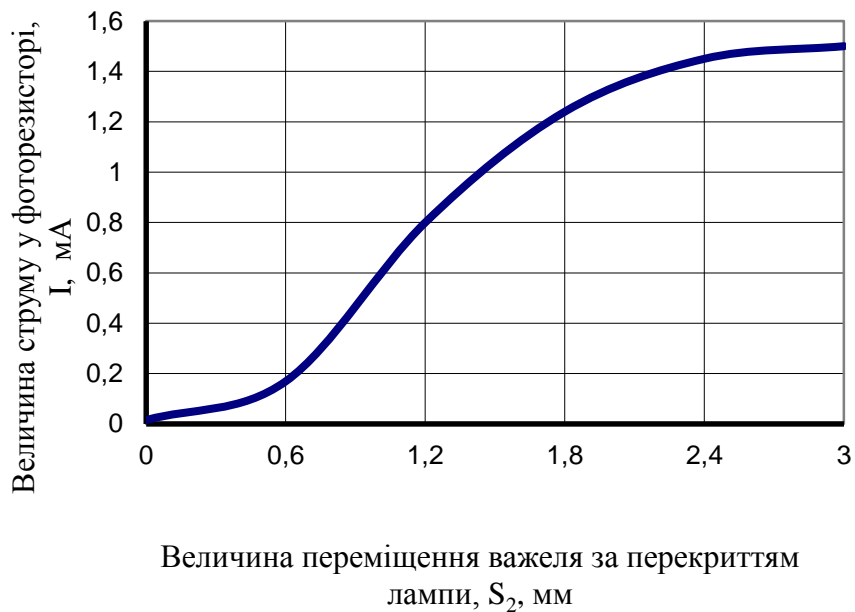


Рис.4. Залежність струму у фоторезисторі від величини переміщення важеля за перекриттям лампи

Величину зносу зразків в процесі зношування через величину перекриття світлового фоторезистора потоку важелем визначали за формулою 2. При врахуванні довжин важелів, величина зносів буде в 5 разів менше величини перекриття світлового потоку.

$$U = \frac{S_2}{5} \quad (2)$$

Таким чином, точність вимірів зростає в п'ять разів. Повне перекриття світлового потоку відбудеться при зносі 0,6 мм.

Тоді залежність величини струму в фоторезисторі I , мА від величини зносу зразка h , матиме вигляд (рис.5).

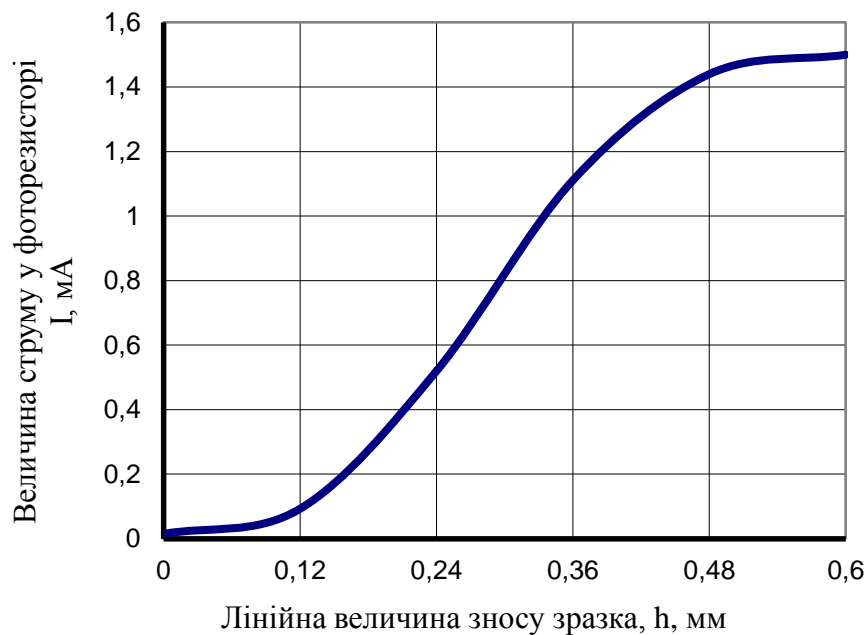


Рис.5. Залежність величини струму фоторезистора від величини лінійного зносу зразка при робочій напрузі $U = 50\text{В}$

Відстань між лампою і фото резистором залежить від конструктивних особливостей машини тертя і монтажною схемою і змінюється в діапазоні 20 – 40 мм.

Це позначається на освітленості фоторезистора. Зі збільшенням відстані освітленість фоторезистора падає. Дана залежність наведена на рис.5.

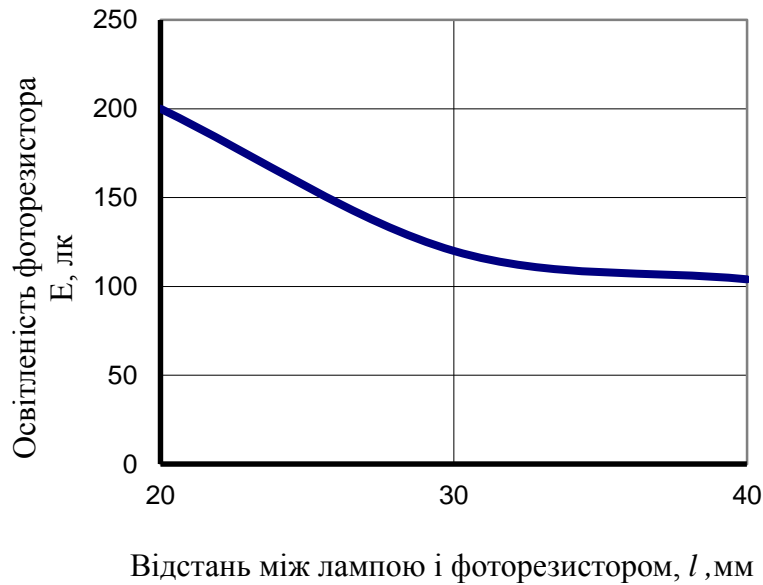


Рис.6.Залежність освітленості фоторезистора від відстані між лампою і фоторезистором

Фоторезистор, який сприймає світловий потік, змінює величину струму, в залежності від освітленості E , який залежить від відстані між лампою і фоторезистором, і зміни напруги в колі U (рис.7).

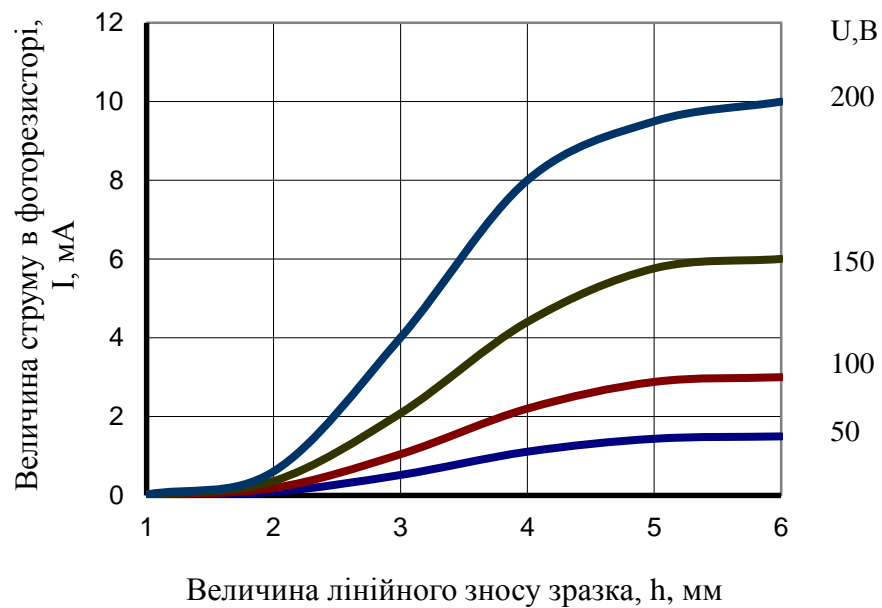


Рис. 7. Залежність величини струму в фоторезисторі від величини зносу зразка при різних напругах

Проведені дослідження дозволили встановити основні параметри, що впливають на величину струму в фоторезисторі.

Основним параметром є величина лінійного зносу зразка - $h(X1)$. Величина лінійного зносу зразка знаходиться в діапазоні від 0 до 6мм. Величина струму фото резистора залежить від величини напруги мережі - $U(X2)$. Величина напруги коливається від 50 до 220 В. Крім того, на величину струму в фоторезисторі, впливає відстань між лампою і фоторезистором - $l(X3)$. Відстань між лампою і фоторезистором знаходиться в діапазоні від 20 до 40 мм. Обробка експериментальних даних проводилась за стандартною програмою MatLab на комп'ютері з використанням коефіцієнтів регресії рівнів достовірності та критеріїв Стьюдента.

Математична модель має вигляд (використовуються тільки значимі коефіцієнти V_{ij}):

$$Y = 2,2X_0 + 2,0X_1 + 1,6X_2 + 0,72X_3 + 1,8X_1X_2 + 0,53X_2X_3. (3)$$

З рівняння регресії видно, що найбільший вплив на величину струму в фоторезисторі здійснює величина зносу зразка h . Найменший вплив на величину струму фото резистора здійснює відстань між лампою і фоторезистором.

Детермінуючи напругу мережі ($X2$), за трьома рівнями варіювання, отримані залежності величини струму фото резистора від величини зносу зразка ($X1$) і відстані від лампи до фоторезистора ($X3$). Графічні залежності представлені на рисунках 8, 9, і 10.

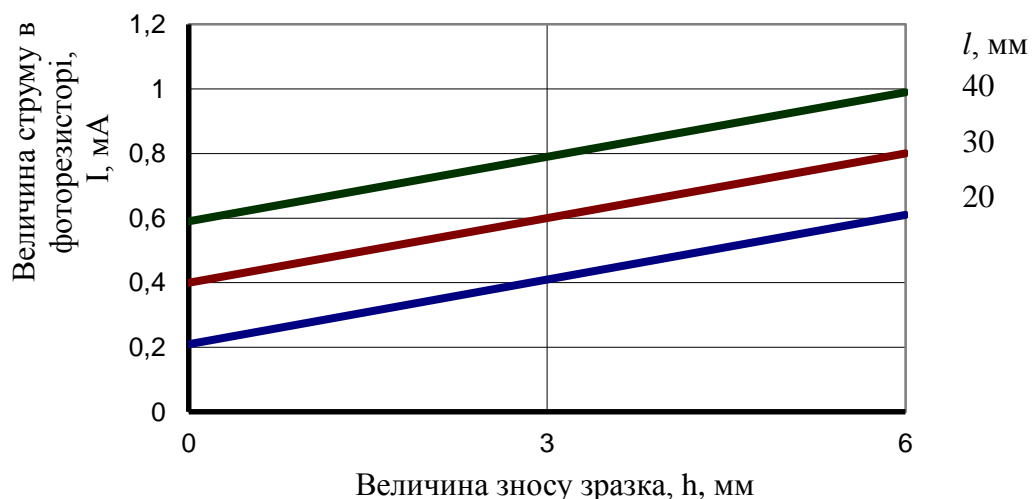


Рис. 8. Залежність величини струму фоторезистора від величини зносу зразка і відстані від лампи до фоторезистора при напрузі в мережі $U=50В$

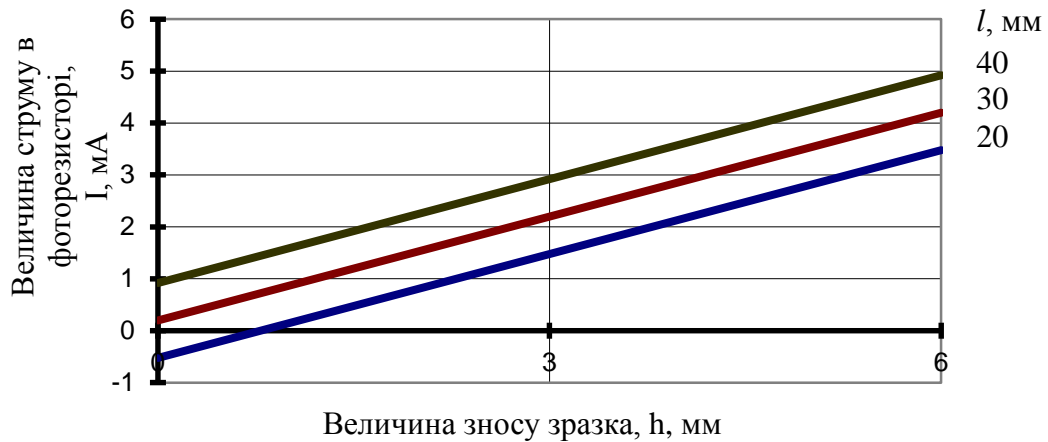


Рис.9. Залежність величини струму фоторезистора від величини зносу зразка і відстані від лампи до фоторезистора при напрузі в мережі $U=135$ В

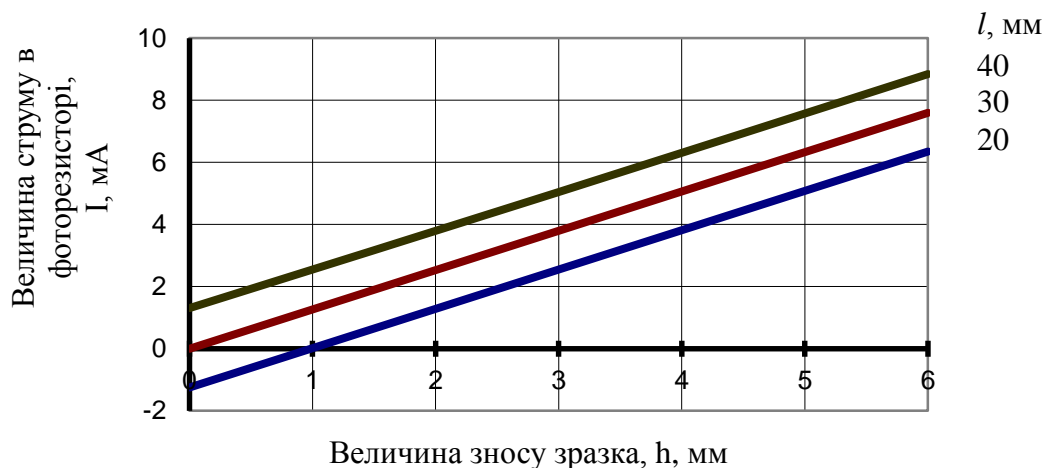


Рис.10. Залежність величини струму фоторезистора від величини зносу зразка і відстані від лампи до фоторезистора при напрузі мережі $U=220$ В

Висновок. На підставі проведеного аналізу зроблений акцент на можливості використання результатів контролю якісних показників змащувальних середовищ при діагностуванні технічного стану енергетичних засобів. Розроблена система керування пристроєм, визначені параметри контролю та розроблені технологічні вимоги. Розроблена функціональна схема контролю і керування. На підставі схеми технологічної розроблена електрична принципова схема керування. Проведений вибір і перевірка апаратури керування і захисту. Встановлені основні фактори, які впливають на технологічний процес, функцію відгуку та рівні варіювання.

Використовуючи комп'ютерну програму MatLab проведена обробка результатів досліджень і отримане рівняння регресії. Отримані емпіричні залежності для подальшого їх практичного використання. Враховуючи конструктивні особливості установки і її монтажної схеми, встановлено, що при напрузі в робочій мережі 50 В, можна по величині струму у фоторезисторі типу ФС-К1, згідно його технічних характеристик (діапазон роботи 0...1,5 мА), визначати з достатньою точністю величину лінійного зносу зразків в інтервалі 0...6 мм.

Список використаних джерел

1. Смазочные материалы: Антифракционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: справочник/ Р. М. Матвеевский и др. Москва: Машиностроение, 1989. 224с.
2. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Механізація та автоматизація виробничих процесів*. Суми, 2016. Вип. 10/3(31). С. 66-71.
3. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Херсон, 2017. Вип. 5. С.56-65.
4. Журавель Д. П. Методологія забезпечення надійності мобільної техніки при використанні біологічних ТСМ. *Енергозабезпечення технологічних процесів в агропромисловому комплексі України* : матер. VI Міжнар. наук.-техн. конф. (м. Мелітополь, 10-14 червня 2015 р.). Мелітополь, 2015. С. 8-10.
5. Журавель Д. П. Забезпечення надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо-мастильних матеріалів. *Сучасні проблеми землеробської механіки* : збірник тез доп. XVII Міжнар. наук. конф. (м. Суми, 17-18 жовтня 2016 р.). Суми, 2016. С. 163-164.
6. Журавель Д. П., Юдовинський В. Б. Триботехнічні властивості олій біологічного походження. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2011. Вип. 11, т. 4. С. 160-166.
7. Журавель Д. П., Мітков Б. В. Дослідження впливу присадок на експлуатаційні властивості олій. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2012. Вип. 2, т. 1.



8. Журавель Д. П. Моделирование износа зубчатых передач трансмиссий в среде биологических масел. *Современные проблемы инновационного развития агроинженерии: матер. междунар. науч.-произв. конф.* (г. Белгород, 20-21 ноября 2012 г.). Белгород, 2012. Ч. 2. С.37- 40.

9. Журавель Д. П. Особливості використання олив біологічного походження для мобільної техніки. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Запоріжжя, 2014. Вип. 2. С.157-165.

ОБОСНОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Журавель Д. П.

Аннотация – работа посвящена обоснованию кинематических и технологических параметров устройства для оценки триботехнических свойств смазочных материалов, а также физико-химических процессов в зоне фрикционного контакта. Устройство соответствует следующим требованиям: одновременная регистрация основных параметров пары трения и рабочей среды; регистрация изменения характеристик рабочей среды в процессе трения; применения испытуемых образцов с малыми поверхностями трения, позволит непрерывно регистрировать суммарный износ пары трения в широком диапазоне нагрузок и скоростей скольжения.

Организация контроля качества смазочных материалов в сельском хозяйстве должна быть направлена на анализ работоспособности этих продуктов с точки зрения их триботехнических свойств. Техничко-экономические аспекты эксплуатации техники направлены на разработку предприятиями конкурирующих смазочных материалов, изготовленных как из возобновляемого сырья биологического происхождения так и не возобновляемого минерального происхождения, с целью обеспечения ее надежной работы. В связи с этим возрастает роль методов, средств и способов контроля качества смазочных материалов на всех этапах эксплуатации - при приобретении, хранении и использовании по назначению. В статье на основании проведенного анализа сделан акцент на возможности использования результатов контроля качественных показателей смазочных сред при диагностировании технического состояния энергетических средств. Разработана система управления устройством, определены параметры контроля и разработаны технологические требования. Разработана функциональная схема контроля и управления. На основании схемы технологической разработана электрическая принципиальная схема управления. Проведенный выбор и проверка аппаратуры управления и защиты. Установлены основные факторы, влияющие на технологический процесс, функцию отклика и уровни варьирования.

Ключевые слова - смазочные материалы, триботехнические свойства, устройство, сельскохозяйственная техника, надежность, средства контроля.



DEFINITION OF DEVICE FOR ASSESSMENT OF TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF TANNING MATERIALS

D. Zhuravel

Summary

The work is devoted to the substantiation of the kinematic and technological parameters of the device for the evaluation of the tribotechnical properties of the lubricants, as well as the physico-chemical processes in the zone of frictional contact. The device meets the following basic requirements: simultaneous registration of the main parameters of the friction pair and the working environment; registration of changes in the characteristics of the working environment in the process of friction; application of test samples with small friction surfaces, which will allow to continuously record the total wear of friction pairs in a wide range of loads and slip rates.

Organization of quality control of lubricants in agriculture should be aimed at analyzing the performance of these products in terms of their tribotechnical properties. Technical and economic aspects of the operation of the equipment are aimed at the development of competing lubricants produced by companies from both renewable raw materials of biological origin and non-restorative mineral origin, in order to ensure its reliable operation. In this regard, the role of methods, means and methods for quality control of lubricants at all stages of operation - in the acquisition, storage and use by appointment - is increasing. In the article, based on the analysis conducted, an emphasis was placed on the possibility of using the results of the control of quality indicators of lubricating media during the diagnosis of the technical state of energy resources. The device management system is developed, control parameters are defined and technological requirements are developed. The functional control and control scheme is developed. On the basis of the scheme of the technological scheme of electric basic control. The choice and testing of the control and protection equipment is carried out. The main factors influencing the technological process, response function and variation level are established.

Key words: lubricants, tribotechnical properties, device, agricultural machinery, reliability, control means.