

УДК 531.43:631.3

**ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРІБОСИСТЕМИ
«РОБОЧИЙ ОРГАН – ГРУНТ»****Борак К.В., к.т.н., доцент***(Житомирський агротехнічний коледж)*

Приведено результати фізико-математичного моделювання трібосистеми «робочий орган – ґрунт». Розглянуті процеси які відбуваються в динамічному стані у трібосистемі та поставлені завдання для подальших досліджень.

Постановка проблеми. В результаті абразивного зношування втрати в розвинутих країнах становлять від 1 до 4% національного продукту [1]. В агропромисловому комплексі зносу найбільше піддаються робочі органи ґрунтообробних машин. Забезпечення надійності даних машин, за рахунок підвищення зносостійкості робочих органів, одна з основних задач сучасного машинобудування.

Сучасний етап розвитку техніки характеризується використанням зносостійких матеріалів, локального зміцнення, термічної обробки та інших методів підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин. В даних умовах звичайні методи дослідження процесу зношування є неприйнятними, оскільки строки експлуатації досягають доволі високих показників (наприклад для дискових робочих органів до 3...4 років).

В трібології для описання процесів тертя та зношування у вузлах і механізмах використовують поняття трібологічна система (ТС). Як відомо з роботи [2] ТС це складна термодинамічна система, яка утворюється при взаємодії тіл, що труться, а також проміжного середовища і частини оточуючого середовища. В ТС протікають безліч складних процесів аналіз яких зручно проводити скориставшись фізико-математичною моделлю. Процеси які відбуваються в ТС, описуються змінними, які в загальному випадку залежать від просторових координат і часу та характеризуються фізичним станом. ТС [3].

Для дослідження механізму зношування поверхні тертя в ТС, на різних етапах необхідно використовувати моделі, які дозволяють виділити вразливі місця даної системи без проведення довготривалих стендових або експлуатаційних досліджень.

Мета роботи – аналіз ТС «робочий орган – ґрунт».

Результати досліджень. Суттєвою характеристикою будь-якої моделі є ступінь повноти подібності моделі модельного об'єкту. За цією ознакою всі моделі можна розділити на ізоморфні та гомоморфні. При моделюванні складних ТС необхідно використовувати ізоморфні моделі оскільки такі

моделі, включають всі характеристики об'єкта оригіналу і здатні, по суті, замінити його.

Фізико-математичного моделювання ТС «робочий орган – ґрунт» необхідно проводити для виявлення функціональної залежності трибологічного процесу:

$$I=f(V, p, H_m, L, G_3, A, K_\phi, P(\Delta H), C_V, W, H_a, P_c, \Psi, f) \quad (1)$$

де: I – інтенсивність зношування робочого органу ґрунтообробних машин, $\text{м}^3/\text{м}$; f – коефіцієнта тертя; V – швидкість переміщення робочого органу відносно ґрунту $\text{м}/\text{с}$; p – тиск на поверхні робочого органу $\text{Н}/\text{м}$; H_m – мікротвердість поверхні робочого органу Па ; L – шлях тертя, м ; G_3 – ступінь закріплення абразивних частинок; $P(\Delta H)$ – ймовірність виникнення ударного навантаження; C_V – процентний вміст кварцового піску в ґрунті (механічний склад ґрунту); Ψ – кислотність ґрунту; W – вологість ґрунту, %; H_a – мікротвердість абразиву; P_c – твердість ґрунту $\text{кг}/\text{м}^2$; A – середній розмір абразивних частинок, м ; K_ϕ – коефіцієнт форми абразивних частинок:

$$K_\phi=(M(n_i)M(D_i-d_i))/M(R_i) \quad (2)$$

де $M(n_i)$, $M(R_i)$ і $M(D_i-d_i)$ – математичне очікування відповідно для числа вершин, їх радіусів і різниці діаметрів кіл, описаного навколо контура і вписаного в контур зерна [5].

У випадку ТС «робочий орган – ґрунт» вона складається зі складових представлених на рис. 1.

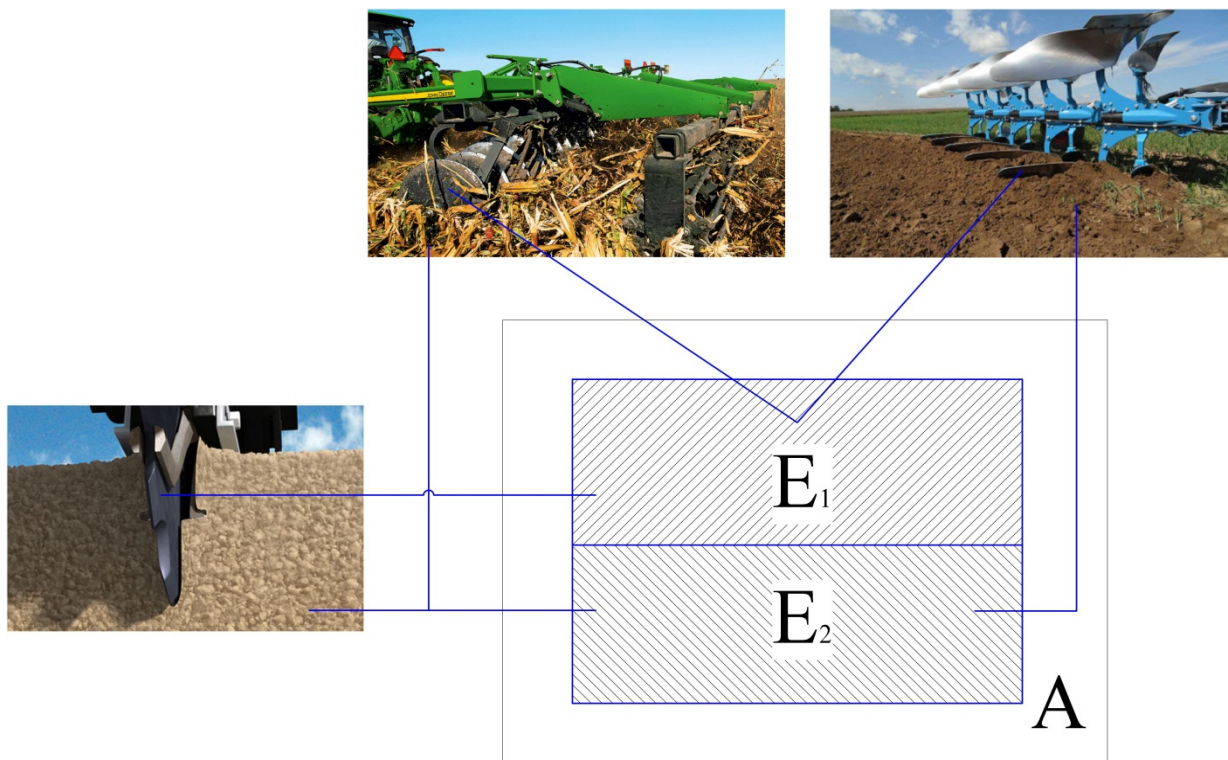


Рисунок 1 – Трибологічна система і трибологічна модель: А – навколишнє середовище; E_1 – робочий орган ґрунтообробних машин; E_2 – ґрунт

Як відомо з роботи [3] властивості деталей трибологічної системи здійснюють вплив на її структуру, в нашому випадку складові трибологічної системи суттєво відрізняються за своїми властивостями.

Особливості трибосистеми «робочий орган-грунту»:

1) масовий знос притаманний тільки одному елементу системи (робочому органу);

2. проміжне середовище може з'являтися з другого елемента (грунту) при певній вологості;

3) ґрунт як елемент трибосистеми неоднорідний і складається з великої кількості компонентів (фізичного піску, фізичної глини, рослинної маси, живих організмів, повітря, води, солі, кислот). Кожний з цих елементів по різному впливає на інтенсивність зношування РО.

4) в окремих випадках дану ТС необхідно розділяти на дві підсистеми, оскільки механізми зношування на різних поверхнях робочого органу будуть різні (залежить від ступеня закріплення абразиву в ґрунті з яким взаємодіє поверхня робочого органу).

Як показано на трибологічній моделі процес взаємодії двох тіл E_1 і E_2 відбувається без мастильного матеріалу, але як відзначалося в роботі [4] на глинистих і суглинистих ґрунтах при досягненні граничної вологості на поверхні контакту появляється вільної води, яка виконує роль мастила. Це підтримується результати експериментальних досліджень (рис.2) як видно коефіцієнт тертя суттєво зменшується для супіщаних ґрунтів при вологості 20%, для важких суглинків і глини – 30%. При такій вологості не можливо виконувати технологічні операції оскільки не будуть виконуватись агротехнік вимоги, тому ми не будемо розглядати дану трибологічну систему з мастильним матеріалом (водою).

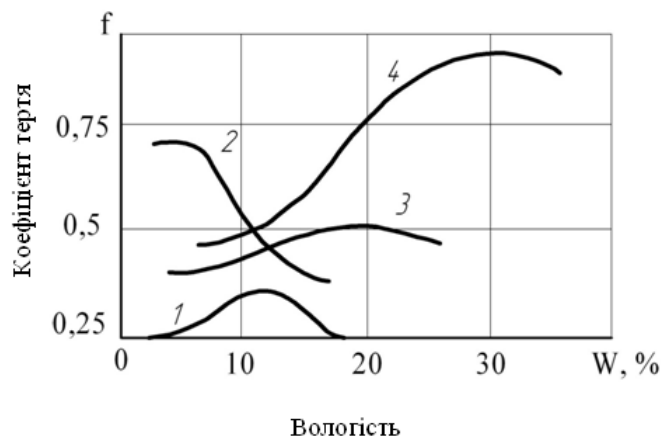


Рисунок 2 – Зміна коефіцієнта тертя f ґрунту по сталі залежно від вологості: 1 – піщаний ґрунт, 2 – супіщаний зв'язаний ґрунту, 3 – середній суглинок, 4 – важкі суглинки і глини

В процесі взаємодії компоненти ТС здійснюють взаємний вплив. Дана взаємодія буде відрізнятися в залежності від того, знаходиться ТС в статичному чи динамічному стані. ТС «робочий орган – ґрунт» виникає тільки в

динамічному стані, тому немає необхідності розглядати її в статичному стані. Процеси які виникають в динамічному стані зображені на рис. 3.

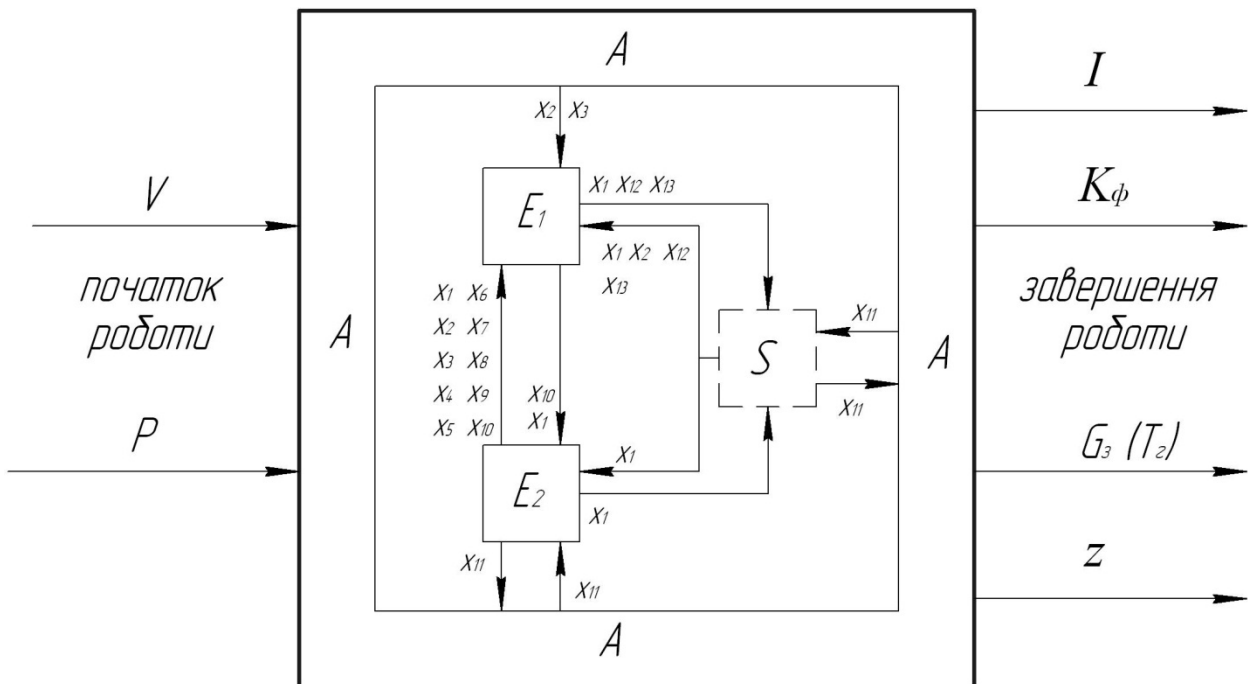


Рисунок 3 – Модель ТС «робочий орган – ґрунт» в динамічному стані: x_1 – адгезія; x_2 – корозія; x_3 – окислення; x_4 – пружна деформація; x_5 – пластична деформація; x_6 – мікрорізання; x_7 – царапання; x_8 – відривання; x_9 – руйнування поверхні тертя; x_{10} – фазові та структурні перетворення; x_{11} – дифузія; x_{12} – адсорбція; x_{13} – хемосорбція; V – відносна швидкість переміщення; P – тиск на поверхні тертя; I – інтенсивність зношування; G_3 – ступінь закріплення абразивних частинок; P_2 – твердість ґрунту; K_ϕ – коефіцієнт форми абразивних частинок; z – супутні процеси; A – оточуюче середовище; E_1, E_2 – елементи системи; S – мастильний матеріал (вода).

До виходу в ТС відносяться такі супутні процеси (z), як наклеп поверхні тертя, старіння, термомеханічні, електричні та інші [7].

Як видно найбільшому впливу в ТС піддається елемент 1 (робочий орган ґрунтообробних машин) зі сторони елемента 2 (ґрунту). Інтенсивність даних процесів залежить від величини вхідних характеристик (V, P) та початкового стану елементів системи.

Висновок. Подальші дослідження ТС «робочий орган – ґрунт» повинні бути спрямовані на встановлення функціональної залежності трибологічного процесу.

Список літератури

1. Кіндрачук М.В. Трибологія: підручник / М.В. Кіндрачук, В.Ф. Лабунець, М.І. Пашечко, Є.В. Корбут – Київ: НАУ-друк, 2009. – 392 с.

2. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин: словарь / В.Д. Зозуля [и др.] ; отв. ред. И.М. Федорченко; Ин-т проблем материаловедения АН УССР. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Наук. думка, 1990– 258 с.

3. Носко А.Л. Математическое моделирование трибологических систем (применительно к тормозным устройствам ПТМ) / А.Л.Носко, А.П.Носко // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Машиностроение. – 2006.–№ 1. – С.83-98.

4. Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.

5. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин / М.М. Тененбаум. – М.: Машиностроение, 1966. – 332 с.

6. Дворук В.І. Трібофізика: підруч. / В.І.Дворук, В.А. Войтов – Харків: ФЛП Томенко Ю.І., 2014. – 374 с.

7. Чихос Х. Системный анализ в трибонике. A Systems Approach to the Science and Technology of Friction, Lubrication and Wear: монография / Х. Чихос; пер. С.А. Харламов; ст. науч. ред. О.Н. Вишнякова; мл. науч. ред. Е.П. Орлова. – Москва: Мир, 1982. – 351 с.

Аннотация

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРИБОСИСТЕМЫ «РАБОЧИЙ ОРГАН – ПОЧВА»

Борак К.В.

Представлены результаты физико-математического моделирования трибосистемы «рабочий орган – почва». Рассмотрены процессы, которые происходят в динамическом состоянии в трибосистеме и поставлены задачи для дальнейших исследований.

Abstract

PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODEL TRIBOSYSTEM «WORKING TOOL – LAND»

K. Borak

The results of physical and mathematical modeling tribosystem «working tool – land». The processes that occur in a dynamic state in tribosystem and objectives for future research.