

## ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ВИДІВ ВЗАЄМОДІЙ У СИСТЕМАХ КОНТАКТУ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Посвятенко Е.К., доктор технічних наук  
Журавель Д.П., кандидат технічних наук

Постановка проблеми.

Існує велика кількість робіт стосовно зношування вузлів і агрегатів мобільної техніки. Проте при аналізі стійкості деталей з'єднання до зношування у всіх роботах наводиться лише відносний показник зносостійкості матеріалів. Відсутність абсолютного показника зносостійкості матеріалів у конкретних умовах зношування значно ускладнює аналітичний розрахунок довговічності деталей з'єднань, особливо при прогнозуванні ресурсу вузла або агрегату на ранніх стадіях проектування.

Аналіз останніх досліджень.

Питанню прогнозування ресурсу трибоспрямижень вузлів і агрегатів машин присвячені роботи відомих учених, зокрема Міхліна В.М., Бабічева М.А., Тененбаума М.І., Крагельського М.В., Костецького Б.І., Розенберга С.І., Пронікова А.С. та ін.

Для того, щоб прогнозувати ресурс трибоспрямижень агрегатів і вузлів техніки необхідно знати, як будуть вести себе деталі спрямижень у процесі експлуатації, а також яким буде вид зносу. Це можливо при наявності загального показника швидкісних, силових і конструктивних параметрів трибоспрямижень. Однак для комплексного підходу щодо прогнозування ресурсу вузлів і агрегатів мобільної техніки на ранній стадії проектування необхідно розробити функціональні залежності, що описують процеси в хімотологічно-триботехнічних системах, та встановити основні показники, які впливають на певні види взаємодій [1–4].

Метою дослідження є розробка схеми хімотологічно-триботехнічних взаємодій в трибоспрямиженнях вузлів і агрегатів мобільної техніки при прогнозуванні їх ресурсу на ранніх стадіях проектування.

Результати досліджень.

Явище зносу елементів машин є сукупністю взаємозв'язаних процесів і обумовлено різними за природою факторами. Для виявлення повної сукупності факторів необхідно розглянути систему «механізм – оператор – зовнішнє середовище – режим роботи – експлуатаційні впливи». Механізмом у широкому розумінні є машина у цілому, складальна одиниця або трибоспрямиження у залежності від мети дослідження. Систему, що розглядається, можна представити у вигляді функціонального виразу зносу [5]:

$$U = \Phi(E, K, T, O), \quad (1)$$

де  $E$ ,  $K$ ,  $T$  – символи, що об'єднують групу факторів відповідно до експлуатаційних, конструктивних, технологічних процесів;  $O$  – враховує вплив суб'єктивних особливостей оператора.

У результаті аналізу явища зносу елементів машин, як системи, виділені наступні основні фактори, що визначають їх довговічність:

- *експлуатаційні* – характер виконуваних робіт; режими використання механізму; види і періодичність технічних керуючих впливів; кліматичні умови роботи механізму; стан змащувальних матеріалів та робочих рідин; стан фільтруючих та ущільнюючих елементів;
- *конструктивні* – вид тертя робочих поверхонь; характер навантаження; концентрація напружень; наявність захисних покриттів; наявність компенсаторів зносу; кінематика і динаміка роботи механізму; співвідношення матеріалів деталей трибоспрямиження;
- *технологічні* – структура поверхневого шару металу; методи обробки поверхні; наявність залишкових напружень; якість збирання трибоспрямижень; наявність технологічних забруднень (стружки, окалини та ін.) у картерах та ємностях машин; показники мікрогеометрії поверхонь тертя;
- *суб'єктивні особливості оператора* – рівень професійної підготовки (кваліфікація); антропометричні та психофізичні дані (зусилля, що прикладаються до важелів керування, частота вмикання механізмів; швидкість реакції, стомлюваність та ін.).

Кожен із перелічених вище факторів може бути у кількісній формі оцінений за допомогою

декількох показників. Для того, щоб представити залежність зносу від визначаючих факторів у аналітичній формі, необхідно вираз (1) переписати у розвернутому вигляді:

$$U = \Phi \left[ \underbrace{\nu; p; T_{cp}; W_3; W; \varepsilon; x; y; z; f; a; \lambda; h; S; T; C; S_n}_{E} \underbrace{S_{\phi}; R; \theta; H_{\mu}}_{T} \underbrace{m; \tau}_{O} \right], \quad (2)$$

де  $\nu$  – швидкість відносного переміщення поверхонь тертя;

$p$  – тиск на поверхню тертя;

$T_{cp}$  – температура оточуючого середовища;

$W_3$  – запиленість, наявність абразивних часток;

$W$  – вологість середовища;

$\varepsilon$  – зазор;

$x, y, z$  – основні лінійні розміри деталей спряження;

$f$  – коефіцієнт тертя;

$a$  – емпературопровідність;

$S_n, S_{\phi}$  – номінальна і фіктивна площі контакту робочих поверхонь;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності;

$S$  – поверхня тепловіддачі;

$T$  – температура поверхонь, що труться;

$C$  – середня теплоємність матеріалів пари тертя;

$h$  – товщина окисної плівки;

$R$  – висота мікронерівностей;

$\theta$  – кут нахилу мікронерівностей;

$H_{\mu}$  – мікротвердість плівки;

$m, \tau$  – частота і тривалість ввімкнення механізму.

Загальна кількість факторів, що чинять вплив на характер зносу елементів машин, перевищує сорок одиниць в залежності від рівня складності механізму та глибини дослідження процесу зносу. Однак, при роботі механізму змінюються та чинять вирішальний вплив на інтенсивність зносу лише окремі з них. Для виявлення найбільш значущих факторів виконують різні дослідження: експлуатаційні, полігонні, лабораторні, експертні.

Вплив кожного фактору на інтенсивність зносу у різних умовах нерівнозначний. Так, кисень атмосфери чинить вирішальний вплив на інтенсивність руйнування поверхонь металічних деталей в умовах окислювального зносу, але в умовах абразивного тертя до числа значущих факторів не відноситься. Проте, із загальної сукупності можна виділити ряд факторів, вплив яких проявляється достатньо яскраво при будь-якому зносі.

Повного математичного опису зносу як складного явища, що включає в себе всю сукупність процесів, у теперішній час не існує. Це, можливо, пояснюється тим, що процеси, що супроводжують явище зносу, різні за своєю природою та не можуть бути описані на основі будь-якого одного фізичного закону. Тому виникає необхідність дослідити знос за допомогою різних фізичних законів.

Існуючі методи математичного опису зносу деталей та спряжень машин можна умовно поділити на дві групи: перша – заснована на фізичних закономірностях зносу, що враховують вплив різних факторів на знос; друга – заснована на аналізі кількісних змін зносу без врахування фізичних процесів.

Використовуючи методи першої групи, аналізують знос, як систему, на макрорівні. При цьому аналітичний опис явищ представляє собою або рівняння типу

$$U = \Phi(p, \nu, t, \dots, \tau), \quad (3)$$

або систему рівнянь

$$\begin{cases} U = \Phi(p, \tau) \\ U = \Phi(\nu, t) \\ U = \Phi(t, \tau). \end{cases} \quad (4)$$

Методи другої групи засновані на макропідході до аналізу системи. При цьому фізична

сутність явищ не розглядається («чорний ящик»). Залежність встановлюють на основі статистичних даних про зміну зносу у часі. Ці методи простіші, але можуть призвести до невірних результатів внаслідок неврахованого впливу зовнішніх чинників або режимів роботи механізму.

Для комплексного підходу прогнозування ресурсу вузлів і агрегатів мобільної техніки на ранній стадії проектування необхідно розробити функціональні залежності, що описують дані процеси, та встановити основні показники, які впливають на певні види взаємодій в хімотологічно-триботехнічних системах[2].

Види хімотологічно-триботехнічних взаємодій при прогнозуванні ресурсу вузлів і агрегатів сільськогосподарської техніки можна представити функціональними залежностями, поданими на рис. 1.

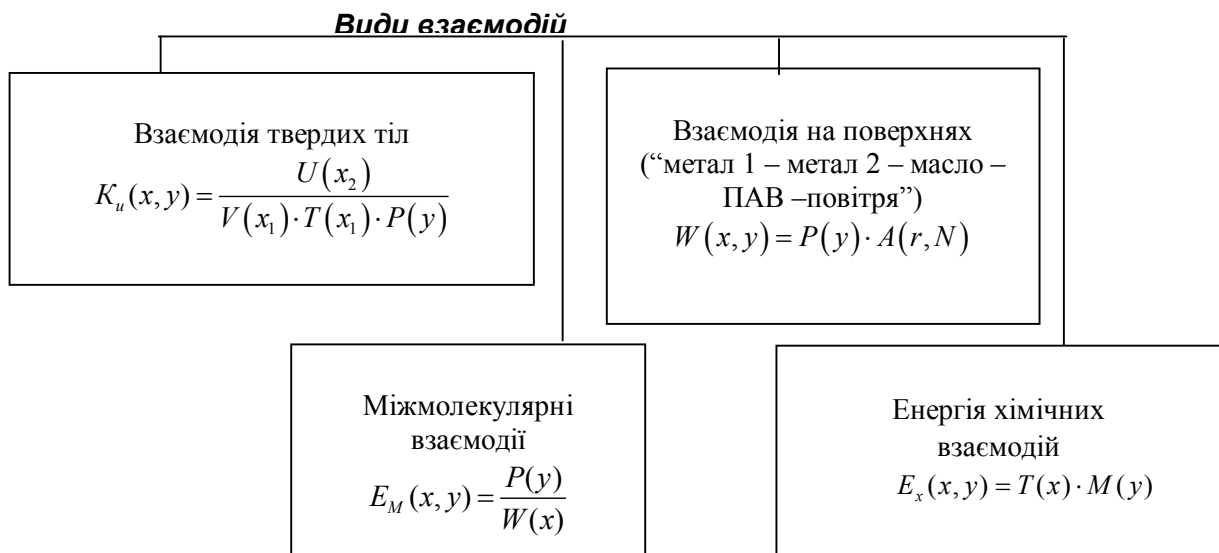


Рисунок 1. – Схема хімотологічно-триботехнічних взаємодій в трибоспряженнях вузлів і агрегатів мобільної техніки при прогнозуванні їх ресурсу

де  $K_u$  – коефіцієнт зносу;  $x, y$  – змінні параметри, що характеризують конструктивні особливості спряжень в умовах навантаження;  $V(x_1)$  – функція швидкості відносного переміщення спряжень деталей;  $T(x_1)$  – функція часу наробітку спряжень;  $P(y_1)$  – функція розподілу навантаження у контакті;  $U(x_2)$  – функція зносу, яка є характеристикою властивостей деталей спряжень, що підлягають зношуванню;  $W(x_1)$  – функція деформації об’єму площадки контакту;  $E_M$  – енергоємність поверхневого шару;  $A$  – абразивні забруднення;  $N$  – кількість абразивних часток;  $r$  – величина абразивної частки;  $T(x)$  – функція питомої теплоти, яка виділяється при хімічних перетвореннях у змащувальному матеріалі;  $M(y)$  – функція кількості молів в робочому об’ємі оливи.

Висновок.

З’ясовано, що коефіцієнт зносу матеріалів може бути показником надійності з’єднань по зносу при взаємодії твердих тіл. У порівнянні з лінійним зносом цей коефіцієнт більш придатний для глибокого аналізу процесу зношування матеріалів деталей з’єднань, а також дозволяє точніше знайти період і критерій припрацювання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Проников А.С. Износ и долговечность станков / А.С. Проников. – М.: Машгиз, 1957, – 260 с.
2. Журавель Д.П. Моделювання хімотологічних і триботехнічних процесів в спряженнях тертя / Д.П. Журавель, В.Б. Юдовинський // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2007. – Вип. 7, т. 3. – С. 30–38.
3. Журавель Д.П. Дослідження процесу зношування основних сполучень деталей сільськогосподарської техніки через коефіцієнт зносу / Д.П. Журавель, В.Б. Юдовинський, О.Д. Савченко. // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2003. – Вип. 15. – С. 24–29.
4. Журавель Д.П. Прогнозування ресурсу трибоспряжень мобільних сільськогосподарських агрегатів / Д.П. Журавель, В.Б. Юдовинський, С.В. Кюрчев. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Х.: ХНТУСГ. – 2008. – Вип.

75. – С. 11–22.

5. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем: Учебник для вузов / В.А.Зорин. – М.: ООО «Магистр-Пресс», 2005. – 536 с.

#### РЕФЕРАТ

Посвятенко Е.К., Журавель Д.П. Визначення основних видів взаємодій у системах контакту мобільної техніки / Едуард Карпович Посвятенко, Дмитро Павлович Журавель // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ. – 2012. – Вип. 10.

В статті запропоновано схему хімотологічно-триботехнічних взаємодій при прогнозуванні ресурсу вузлів і агрегатів мобільної техніки на ранній стадії проектування.

Об'єкт дослідження – фактори, що визначають довговічність елементів машин.

Мета дослідження – розробка схеми хімотологічно-триботехнічних взаємодій в трибоспряженнях вузлів і агрегатів мобільної техніки при прогнозуванні їх ресурсу на ранніх стадіях проектування.

Метод дослідження – вивчення фізичних закономірностей зносу і аналіз кількісних змін зносу.

Установлено, що для комплексного підходу прогнозування ресурсу вузлів і агрегатів мобільної техніки на ранній стадії проектування необхідно розробити функціональні залежності, що описують дані процеси, та встановити основні показники, які впливають на певні види взаємодій в хімотологічно-триботехнічних системах.

Подано види хімотологічно-триботехнічних взаємодій при прогнозуванні ресурсу вузлів і агрегатів сільськогосподарської техніки у вигляді функціональних залежностей.

Показано, що коефіцієнт зносу матеріалів може бути показником надійності з'єднань по зносу при взаємодії твердих тіл. У порівнянні з лінійним зносом цей коефіцієнт більш придатний для глибокого аналізу процесу зношування матеріалів деталей з'єднань, а також дозволяє точніше знайти період і критерій припрацювання.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ХІМОТОЛОГІЧНО-ТРИБОТЕХНІЧНІ ВЗАЄМОДІЇ; МОБІЛЬНА ТЕХНІКА, РЕСУРС ВУЗЛІВ І АГРЕГАТІВ, НАДІЙНІСТЬ З'ЄДНАНЬ, ПЕРІОД І КРИТЕРІЙ ПРИПРАЦЮВАННЯ.

#### ABSTRACT

Posviatenko E.K., Zhuravel D.P. Determination of the main types of interactions in contact systems of mobile equipment / Eduard Posviatenko, Dmytro Zhuravel // Management of projects, system analysis and logistics. – K.: NTU. – 2012. – Vol. 10.

The paper proposed the scheme Hematological-tribotechnical interactions in predicting resource units and units of mobile technology at an early design stage.

Object of research – factors determining the durability of machines

The purpose – development schemes himmotologichno-tribological interactions in friction units of units and aggregates of mobile equipment in the prediction of their resources in the early stages of design.

Research method – the study of the physical laws of wear and analysis of quantitative characteristics of wear.

Is found that an integrated approach forecasting resource of units and aggregates of mobile equipment at an early stage to develop functional relationships for these processes and defining main indicators that affect certain types of interactions in himmotologichno-tribological systems.

Types himmotologichno-tribological interactions in predicting resource units and aggregates of agricultural machinery described functional dependencies.

Is shown that the coefficient wear of materials can be an indicator of a firm connection for wear in the interaction of solids. In comparison with the linear wear this coefficient is most suitable for in-depth analysis of the process of wear parts connections, and allows for more precise to determine the period and criteria earnings.

**KEYWORDS:** HIMMOTOLOGICHNO-TRIBOLOGICAL INTERACTIONS, MOBILE EQUIPMENT, RESOURCE OF UNITS AND AGGREGATES, CONNECTION RELIABILITY, PERIOD AND CRITERIA EARNINGS.

#### РЕФЕРАТ

Посвятенко Э.К., Журавель Д.П. Определение основных видов взаимодействий в системах контакта мобильной техники / Эдуард Карпович Посвятенко, Дмитрий Павлович Журавель // Управление проектами, системный анализ и логистика. – Киев: НТУ. – 2012. – Вып. 10.

В статье предложена схема химмотологично-трибологических взаимодействий при прогнозировании ресурса узлов и агрегатов мобильной техники на ранних стадиях проектирования.

Объект исследования – факторы, определяющие долговечность машин.

Цель работы – разработка схемы химмотологично-трибологического взаимодействия в трибосопряжениях узлов и агрегатов мобильной техники при прогнозировании их ресурса на ранних стадия проектирования.

Метод исследования – изучение физических закономерностей износа и анализ количественных характеристик износа.

Установлено, что для комплексного подхода прогнозирования ресурса узлов и агрегатов мобильной техники на ранней стадии проектирования необходимо разработать функциональные зависимости, описывающие данные процессы, и определить основные показатели, которые влияют на определенные виды взаимодействий в химмотологично-трибологических системах.

Представлены виды химмотологично-трибологических взаимодействий при прогнозировании ресурса узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники в виде функциональных зависимостей.

Показано, что коэффициент износа материалов может быть показателем надежности соединений по износу при взаимодействии твердых тел. В сравнении с линейным износом этот коэффициент наиболее подходящий для глубокого анализа процесса изнашивания деталей соединений, а также позволяет более точно определить период и критерий приработки.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ХИММОТОЛОГИЧНО-ТРИБОЛОГИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, МОБИЛЬНАЯ ТЕХНИКА, РЕСУРС УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ, НАДЕЖНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ, ПЕРИОД И КРИТЕРИЙ ПРИРАБОТКИ.

УДК 656.13

## ОЦІНКА ІМОВІРНОСТІ ВІДХИЛЕННЯ ЗАЯВКИ НА ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Прокудін Г.С., доктор технічних наук

Пелих В.Ю.

Дудник О.С.

Цимбал Н.М.

Постановка проблеми. В умовах насиченої конкуренції на ринку транспортно-експедиторських послуг керівному та управлінському персоналу транспортно-експедиторських підприємств (ТЕП) необхідно забезпечувати високий рівень репутації підприємства, постійно орієнтуючись і досліджуючи зовнішні фактори, аналізуючи нові тенденції в сфері надання транспортно-експедиторських послуг та забезпечуючи клієнту відмінний сервіс. Практично всі експедитори, в тому числі і великі фірми, при координації роботи відправників, одержувачів та перевізників використовують технологічні схеми обробки заявок, які не завжди задовольняють потреби клієнтів. Найчастіше технологія являє собою послідовну перевірку наявності вільного транспорту і зворотних завантажень по існуючій базі даних. Вірогідність відхилення заявки при цьому достатньо висока, що знижує як якість обслуговування клієнтів, так і конкурентоспроможність ТЕП [1,2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Найбільш значущими працями в цій галузі є роботи науковців Колот А. М., Шеметов П.В., Кумбс Ф., Нюттен Ж. та інших. Саме їх дослідження і розробки, а також їх практичне використання допомогли багатьом підприємствам стати лідерами в наданні транспортно-експедиторських послуг.

Основний матеріал. Оцінка значення ймовірності відхилення заявки та факторів, що визначають це значення, є важливим завданням, вирішення якої дозволяє оцінити конкурентоспроможність ТЕП та розробити практичні заходи для її підвищення.

В якості основного напрямку підвищення ефективності транспортно-експедиторського обслуговування (ТЕО) виділяється розробка оперативного плану перевезень на підставі імітаційного моделювання, при цьому за критерій ефективності приймається прибуток від надання послуг з урахуванням ймовірностей безвідмовної роботи експедитора [3].