

УДК 631.3–192:662.63

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗНОШУВАННЯ ПРЕЦИЗІЙНИХ ПАР ПАЛИВНИХ СИСТЕМ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА БІОДИЗЕЛІ

Журавель Д. П., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 44–02–74

Анотація – роботу присвячено дослідженню процесу зношування прецизійних пар паливних систем мобільної техніки при експлуатації на біодизеля з врахуванням середовища та умов експлуатації. Перехід мобільної техніки на біопаливо, основу якого становлять метаноли, потребує ретельного підходу до підбору матеріалів паливних та інших систем двигунів мобільної техніки. При зношуванні елементів паливних насосів набувається як механічний (абразивний) знос, так і ерозійний знос. Знос елементів паливних насосів збільшується за рахунок агресивності середовища біовуглеводневих рідин. Зношування залежить від часу простою техніки, що в результаті призводить до збільшення значень коефіцієнта зносу від 36% до 54 % в залежності від часу і періодичності простоїв. Особливо це відображається на сталях, які включають 1–3% хрому, як каталізатора вуглеводневого окислення.

Ключові слова – плунжерна пара, агресивність середовища, біодизель, паливна система, режим роботи.

Постановка проблеми. Ефективність сільськогосподарського виробництва значною мірою залежить від працездатності сільськогосподарської техніки (СГТ) в різних умовах експлуатації. Конструкційні матеріали з яких виготовлені деталі прецизійних пар паливних систем не призначені до роботи в середовищі біодизеля, тому для забезпечення працездатності їх роботи необхідно розробити комплекс заходів для адаптації в середовищі біологічних паливних.

Аналіз останніх досліджень. З усіх проблемних питань, пов'язаних з використанням біодизельного пального, найменш вивчені ті, які визначають надійність двигунів енергозасобів і експлуатаційних показників машино–тракторних агрегатів (МТА)

[1–6]. Їх вирішення можливе шляхом вивчення хімотологічних і триботехнічних властивостей метилових ефірів, а також визначення кількісного співвідношення сумішевих біодизельних паливних, при яких досягаються найкращі техніко–експлуатаційні показники МТА[7].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є удосконалення математичної моделі процесу зношування прецизійних пар паливних систем мобільної техніки при експлуатації на біодизелі з врахуванням середовища та умов експлуатації.

Основна частина. При зношуванні елементів прецизійних пар паливних насосів спостерігається як механічний (абразивний) знос, так і ерозійний знос. Знос прецизійних елементів паливних насосів збільшується за рахунок кислотної агресивності середовища біовуглеводневих рідин. Величина зносу в процесі роботи в середовищі біопалива залежить від часу простоїв мобільних енергетичних засобів і частоти їх зупинок. Особливо це позначається на сталях, що містять 1...3% хрому, як каталізатора водневого зкрихчування [2–4].

Знос деталей плунжерних пар можна представити сумою:

$$G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5, \quad (1)$$

де G – сумарний ваговий знос плунжера, мг;

G_1 – знос в результаті дії абразивних частинок з розмірами, дещо меншими величини зазору, мг;

G_2 – знос в результаті дії абразивних частинок, розмір яких істотно перевищує зазор плунжерної пари, мг;

G_3 – знос в результаті дії гідроабразивного потоку, мг;

G_4 – знос в результаті дії агресивного кислотного середовища, мг;

G_5 – знос в результаті змінного режиму роботи (простої), мг.

Зноси G_2 – G_5 мають набагато менші значення, ніж знос G_1 і виражаються у відсотках від нього.

Експериментально встановлено, що знос G_1 характеризується частинками, розмір d яких задовольняє умові $0 \leq d \leq 1,05 \dots 1,12\delta$, де δ – зазор у спряженні.

Розмір абразивного зерна і поверхнева твердість матеріалу поряд з тиском і за рахунок тертя відіграють важливу роль у механізмі зносу. У зв'язку з цим М. М. Хрушов і М. А. Бабічев [6] рекомендують для підрахунку зносу нерухомим абразивним зерном наступну формулу:

$$g = \gamma \cdot V_1, \quad (2)$$

де V_1 – об'ємний знос, мм³; γ – щільність досліджуваного матеріалу.

В зв'язку з тим, що на інтенсивність зношування прецизійних пар істотно впливає, як середовище так і режим експлуатації, то

необхідно в математичну модель ввести коефіцієнти агресивності середовища K_{ξ} і режиму роботи K_t .

Коефіцієнт середовища характеризує відношення кількості десорбованих частинок для різних металів в середовищі біодизеля і мінерального дизельного пального, який становить $K(\xi)=1,05\dots 1,12$, в залежності від матеріалів трибоспряжень.

Сутність коефіцієнту режиму роботи полягає в характеристиці величини ступеню об'ємного зносу від часу простою, що в подальшому дозволить нам використовувати при визначенні ресурсу тертових з'єднань, значення якого становить $K_t=0,78\dots 0,92$.

Таким чином об'ємний знос знаходимо за формулою:

$$V_1 = a_3 \cdot \frac{P \cdot S \cdot d}{H} \cdot K_{\xi} \cdot K_t^{-1}, \quad (3)$$

де a_3 – коефіцієнт, (1/м);

H – твердість металу, кГ/мм²;

d – розмір абразивного зерна, мм;

S – шлях тертя, м.

K_{ξ} – коефіцієнт агресивності середовища;

K_t – коефіцієнт режиму роботи.

В.В. Антіпов пропонує наступну формулу [1] для визначення зносу

$$G_1 = a_5 \cdot a_6 \cdot a_7 \cdot \frac{\gamma \cdot P \cdot S \cdot \delta \cdot N}{H} (a_{кв} + a_{гл}) \frac{Q_1}{Q} \cdot K_{(\delta)} \cdot K_{\xi} \cdot K_t^{-1} \quad (4)$$

де a_5 – коефіцієнт, що враховує форму абразивних частинок;

a_6 – коефіцієнт, що враховує кочення абразивних частинок;

a_7 – коефіцієнт пропорційності, 1/см;

γ – щільність матеріалу плунжера;

P – навантаження на одиничну абразивну частинку, кГ;

H – твердість металу плунжера, кГ/мм²;

δ – діаметральний зазор пари, мм;

S – шлях тертя, м;

Q_1 – витрки палива, см³/сек;

Q – витрата палива, см³/сек;

N – кількість подач палива за час роботи плунжера;

$a_{кв}$ – коефіцієнт, що враховує абразивні властивості кварцових частинок забруднень;

$a_{гл}$ – коефіцієнт, що враховує абразивні властивості частинок глинозему;

$K_{(\delta)}$ – середнє число абразивних частинок даної фракції (δ) в паливі за одну подачу.

K_{ξ} – коефіцієнт агресивності середовища;

K_t – коефіцієнт режиму роботи,

$$\text{або } G_1 = a_5 \cdot a_6 \cdot a_7 \cdot \gamma \cdot V_1 \cdot N \cdot \delta \cdot (a_{\text{кв}} + a_{\text{гл}}) \frac{Q_1}{Q_2} \cdot K_{(\delta)} \quad (5)$$

Величина зносу згідно даної формули залежить від об'єму металу, вилученого кожною абразивної частинкою. Цей об'єм залежить від розміру частинки і глибини її проникнення в матеріал.

За теорією Ташпулатова [1] знос за певний час роботи становить:

$$U = (V_{\text{др}} + \frac{V_{\text{пл}}}{n_p} \cdot \frac{n_{\text{абр}} \cdot K \cdot m \cdot T}{A_a}), \quad (6)$$

де $V_{\text{др}}$ – об'єм який утворився про проникненні частинок при подрібненні, мкм³;

$V_{\text{пл}}$ – об'єм, який бере участь у пластичній деформації, мкм;

n_p – число циклів, що призводять до руйнування матеріалу при пластичних деформаціях;

$n_{\text{абр}}$ – кількість абразивних частинок, штук;

K – коефіцієнт подрібнення;

M – число циклів за 1 годину роботи паливної апаратури;

T – час роботи паливної апаратури, год;

A_a – номінальна площа тертя.

Тут

$$V_{\text{др}} = (\frac{1}{6} \cdot \pi \cdot h_{\text{др}} [3 \cdot (2a)^2 + h_{\text{др}}^2]) \cdot K_{\xi} \cdot K_t^{-1}, \quad (7)$$

де $V_{\text{др}}$ – об'єм який утворився про проникненні частинок при подрібненні, мкм³;

$2a$ – довжина хорди, обумовлена глибиною проникнення і радіусом абразивної частинки, мкм;

$h_{\text{др}}$ – глибина проникнення частинки в матеріал поверхні тертя до подрібнення.

Об'єм металу, що піддається тільки пластичній деформації:

$$V_{\text{пл}} = V_{\text{деф}} - V_{\text{пр}} \quad (8)$$

$V_{\text{пр}}$ – об'єм, який бере участь у пружній деформації.

Загальний об'єм металу, що піддається пластичному і пружному деформуванню $V_{\text{деф}}$ розраховується з геометрії усіченого конуса, утвореного в результаті відносного ковзання і одночасного проникнення абразивної частинки в поверхню тертя:

$$V_{\text{деф}} = \frac{1}{3} FL, \quad (9)$$

де F – площа основи усіченого конуса, відповідного моменту подрібнення частинки, мкм²;

L – висота усіченого конуса, дорівнює глибині проникнення частинки в матеріал поверхні тертя, тобто $L = h_{\text{кін}}$.

Визначимо площу перерізу $F_{\text{пр}}$, відповідну переходу від пружної деформації до пластичної, допускаючи, що перехід відбувається при:

$$h = 0,01 \cdot R_{\text{абр}}.$$

З подоби усічених конусів отримаємо:

$$\frac{F_{\text{пр}}}{F} = \frac{V_{\text{пр}}}{V_{\text{деф}}} \text{ або } V_{\text{пр}} = \frac{F_{\text{пр}} \cdot F_{\text{деф}}}{F} \quad (10)$$

З рівнянь (6)...(10) маємо:

$$U = \left(\frac{1}{6} \pi \cdot h_{\text{др}} [3(2a)^2 + h_{\text{др}}^2] + \frac{(F \cdot h_{\text{кін}} - V_{\text{пр}})}{3n_p} \cdot \frac{K \cdot m \cdot T}{A_a} \cdot K_{\xi} \cdot K_t^{-1} \right) \quad (11)$$

Величина зносу також залежить від глибини проникнення абразивної частинки.

Для пластичного контакту коефіцієнт тертя розраховують за формулою [1,7]:

$$f = \frac{\tau_0}{c \cdot \sigma_s} + \beta + 0,4 \sqrt{\frac{h_{\text{кін}}}{R_{\text{вн}}}} \cdot K_{\xi}^{-1} \cdot K_t, \quad (12)$$

де τ_0 – межа міцності на зріз адгезійних зв'язків;

c – коефіцієнт форми одиничної нерівності;

σ_s – межа текучості матеріалу;

β – п'єзокоефіцієнт, що характеризує збільшення міцності на зріз від нормального тиску;

$h_{\text{кін}}$ – глибина проникнення абразивної частинки;

$R_{\text{вн}}$ – радіус вхідного виступу.

Величина $\frac{\tau_0}{c \cdot \sigma_s} + \beta$ – адгезійна складова коефіцієнта тертя.

З формули (12) можна виразити значення глибини проникнення частинки:

$$h_{\text{кін}} = 6,25 R_{\text{вн}} \left(f \cdot K_{\xi}^{-1} \cdot K_t - \left(\frac{\tau_0}{c \cdot \sigma_s} + \beta \right) \right)^2 \quad (13)$$

Як можна бачити, згідно з формулою (13) глибина проникнення частинки в матеріал поверхні тертя залежить від коефіцієнта тертя і форми абразивної частинки.

При додаванні в дизельне паливо біодизеля коефіцієнт тертя в спряженні зменшується, отже, повинна зменшуватися $h_{\text{кін}}$, так як на форму абразивної частинки біорідина не впливає. Тому можна зробити висновок, що зниження коефіцієнта тертя при абразивній взаємодії відбувається за рахунок зменшення глибини проникнення частинки в поверхню металу.

Знос поверхні тертя в процесі абразивного зношування прецизійних пар дизельної паливної апаратури представимо у вигляді функції:

$$U = f(T, n, V_{\text{абр}}), \quad (14)$$

де U – об'ємний знос поверхні тертя, мм³;

T – час роботи спряження, годин;

V – об'єм матеріалу, вилученого однією абразивною частинкою, мм³;

n – кількість абразивних частинок, що проходять через

спряження за одиницю часу, шт/год.

Тут V залежить від глибини проникнення абразивної частинки в матеріал поверхні тертя.

Характерні два випадки проникнення абразивної частинки в матеріал поверхні тертя: частинка під тиском проникає в поверхню тертя (пластична деформація, (рис. 1); частинка під тиском проникає в поверхню тертя і переміщується, залишаючи подряпину (рис. 1).

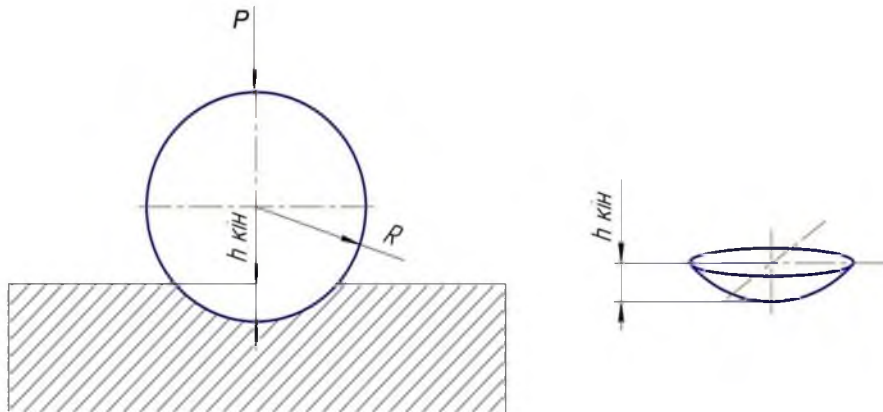


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення об'єму проникнення абразивної частинки в поверхню тертя

При цьому приймаємо наступні обмеження:

- абразивна частинка має форму кулі зі сферичною поверхнею проникнення;
- об'ємний знос дорівнює об'єму частини абразивної частинки, яка проникла в матеріал;
- проникнення абразивної частинки є постійним на всьому шляху її переміщення.

Розглянемо перший випадок.

Об'єм проникнення частини абразивної частинки в поверхню тертя можна розрахувати за формулою:

$$V = \pi \cdot H^2 \left(R - \frac{H}{3} \right), \text{ мм}^3, \quad (15)$$

де R – радіус проникаючої частинки, мм;

H – висота проникаючої частини, мм.

Прийнявши $H = h_{\text{кін}}$, запишемо формулу (15) у вигляді:

$$V = \pi \cdot h_{\text{кін}}^2 \left(R - \frac{h_{\text{кін}}}{3} \right), \text{ мм}^3, \quad (16)$$

Запишемо вираз для визначення зносу у вигляді:

$$U = x \cdot V \cdot n \cdot T, \text{ мм}^3, \quad (17)$$

де x – коефіцієнт пропорційності.

Підставивши формулу (17) у вираз (16), отримаємо:

$$U = x \cdot n \cdot T \cdot \pi \cdot h_{\text{кін}}^2 \left(R - \frac{h_{\text{кін}}}{3} \right) \quad (18)$$

Для пластичного контакту коефіцієнт тертя розраховують за

формулою (12):

$$f = \frac{\tau_0}{c \cdot \sigma_s} + \beta + 0.4 \sqrt{\frac{h_{\text{кін}}}{R_{\text{вн}}}}, \quad (19)$$

З формули (19) можна виразити значення глибини проникнення частинки:

$$h_{\text{кін}} = 6,25 R_{\text{вн}} \left(f \cdot K_{\xi}^{-1} \cdot K_t - \left(\frac{\tau_0}{c \cdot \sigma_s} + \beta \right) \right)^2 \quad (20)$$

Таким чином залежність (20) показує, що глибина проникнення частинки в матеріал поверхні тертя залежить від коефіцієнта тертя і форми абразивної частинки.

В умовах постійного змащування поверхонь тертя сумішевим мінерально–рослинним паливом поверхневі адгезійні зв'язки вступають в реакцію з поверхнево–активними частинками органічного походження, які надходять в середовище з біопаливом, в результаті чого утворюється демпферна плівка. Ця плівка перешкоджатиме адгезійному контакту тертьових поверхонь, отже, адгезійною складовою можна знехтувати. Такі ж висновки наведені в роботі [1].

Звідси

$$h_{\text{кін}} = 6,25 \cdot R \cdot f^2 \cdot K_{\xi}^{-1} \cdot K_t, \text{ мм} \quad (21)$$

Підставимо вираз (21) у формулу (18) і після ряду перетворень одержимо:

$$U = 122,656 \cdot x \cdot n \cdot T \cdot R^3 \cdot f^4 (1 - 208f^2), \text{ мм}^3 \quad (22)$$

Перетворимо вираз (1.22), ввівши коефіцієнт Ψ_1 :

$$U = \Psi_1 \cdot f^4 (1 - 208f^2), \text{ мм}^3, \quad (23)$$

де $\Psi_1 = 122,656 \cdot x \cdot n \cdot T \cdot R^3, \text{ мм}^3$.

Коефіцієнт Ψ_1 характеризує вплив на параметри тертя геометричних розмірів абразивних частинок, їх кількість, що потрапляє в спряження за одиницю часу, і час роботи спряження.

Розглянемо другий випадок. Виразимо сумарний знос від проникнення частинки і її переміщення з утворенням подряпини у вигляді:

$$U = U_1 + U, \quad (24)$$

де $U_1 = \Psi_1 \cdot f^4 (1 - 208f^2), \text{ мм}^3$ – знос при проникненні частинки в поверхню тертя і пластичної деформації;

U_2 – знос при переміщенні частинки з утворенням подряпини.

Об'єм матеріалу, що видаляється з поверхні тертя однією частинкою, розрахуємо за формулою:

$$V = S \cdot l \cdot K_{\xi}^{-1} \cdot K_t, \text{ мм}^3, \quad (25)$$

де S – площа сегмента, мм^2 ; l – шлях тертя, мм .

Площа сегмента визначається за формулою:

$$S = \left(\frac{\pi \cdot R^2}{360} \cdot \alpha - S_{\Delta} \right) \cdot K_{\xi}^{-1} \cdot K_t, \text{ мм}^2, \quad (26)$$

де S_{Δ} – площа трикутника ABC (рис. 2):

$$S_{\Delta} = \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot \sin \alpha, \text{ мм}^2, \quad (27)$$

Виразимо радіус проникаючої частинки R через глибину проникнення частинки $h_{\text{кін}}$:

$$R = \frac{h_{\text{кін}}}{1 - \cos \frac{\alpha}{2}}, \text{ мм}, \quad (28)$$

Тоді,
$$S_{\Delta} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{h_{\text{кін}}}{1 - \cos \frac{\alpha}{2}} \right)^2 \cdot \sin \alpha, \text{ мм}^2, \quad (29)$$

або після перетворень

$$S_{\Delta} = h_{\text{кін}}^2 \cdot \frac{0,5 \sin \alpha}{(1 - \cos \frac{\alpha}{2})^2}, \text{ мм}^2. \quad (30)$$

Підставивши вираз (30) у формулу (25) і після перетворень отримаємо:

$$S = h_{\text{кін}}^2 \cdot \left(\frac{\alpha \cdot \pi}{360 \cdot (1 - \cos \frac{\alpha}{2})^2} - \frac{\sin \alpha}{2 \cdot (1 - \cos \frac{\alpha}{2})^2} \right), \text{ мм}^2 \quad (31)$$

Підставимо у вираз (31) вираз (21) і після перетворень отримаємо:

$$S = 6,25 \cdot R^2 \cdot f^4 \cdot \left(\frac{\alpha \cdot \pi}{360 \cdot (1 - \cos \frac{\alpha}{2})^2} - \frac{\sin \alpha}{2 \cdot (1 - \cos \frac{\alpha}{2})^2} \right), \text{ мм}^2 \quad (32)$$

Визначимо об'єм матеріалу, вилученого однією частинкою:

$$V = 6,25 \cdot R^2 \cdot f^4 \cdot \left(\frac{\alpha \cdot \pi}{360 \cdot (1 - \cos \frac{\alpha}{2})^2} - \frac{\sin \alpha}{2 \cdot (1 - \cos \frac{\alpha}{2})^2} \right) \cdot l, \text{ мм}^3 \quad (33)$$

Знос U_2 визначимо за формулою:

$$U_2 = 6,25 \cdot x \cdot n \cdot T \cdot l \cdot R^2 \cdot \left(\frac{\alpha \cdot \pi}{360 \cdot (1 - \cos \frac{\alpha}{2})^2} - \frac{\sin \alpha}{2 \cdot (1 - \cos \frac{\alpha}{2})^2} \right) \cdot f^4, \text{ мм}^3 \quad (34)$$

Введемо коефіцієнт Ψ_2 :

$$\Psi_2 = 6,25 \cdot x \cdot n \cdot T \cdot l \cdot R^2 \cdot \left(\frac{\alpha \cdot \pi}{360 \cdot (1 - \cos \frac{\alpha}{2})^2} - \frac{\sin \alpha}{2 \cdot (1 - \cos \frac{\alpha}{2})^2} \right), \text{ мм}^3. \quad (35)$$

Коефіцієнт Ψ_2 характеризує вплив на параметри тертя геометричних розмірів абразивних частинок, їх кількість, що потрапляє в спряження за одиницю часу, і час роботи спряження при русі абразивних частинок у сполученні, що супроводжується мікрорізнанням.

Тоді,
$$U_2 = \Psi_2 \cdot f^4, \text{ мм}^3. \quad (36)$$

Сумарний знос від проникнення частинки в поверхню тертя і її переміщення з утворенням подряпини буде виражатися такою формулою:

$$U = f^4 \cdot [\Psi_1 \cdot (1 - 2,08f^2) + \Psi_2 \cdot f^4], \text{ мм}^3. \quad (37)$$

У розглянутих випадках залежність графічно буде виражатися кривою, представленою на рис. 2.

З формул (23) і (37) видно, що на величину зносу спряження впливають не тільки умови роботи деталей (кількість і розмір частинок, час роботи), а й умови змащування спряження.

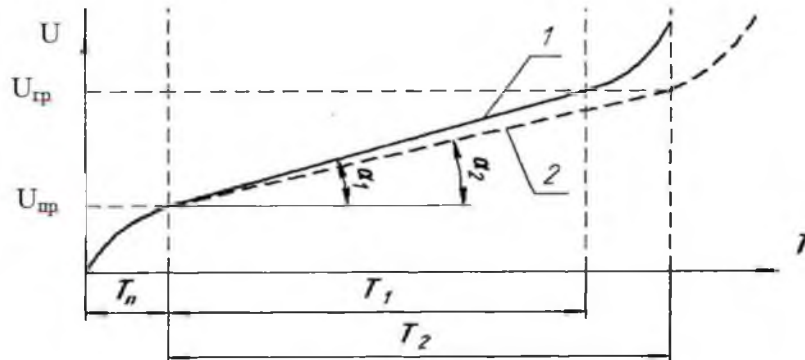


Рис. 2. Прогнозування ресурсу T в залежності від режиму роботи вузлів і агрегатів

- 1 – при змащуванні деталей прецизійної пари біодизеля (з простоями)
2 – при змащуванні деталей прецизійної пари біодизеля (без простоїв)

Для характеристики умов змащування введемо коефіцієнт абразивної агресивності мастильного середовища $k[1]$.

Коефіцієнт абразивної агресивності змащувального середовища – це відношення коефіцієнта тертя в сполученні при змащуванні сумішевим мінерально–рослинним паливом до коефіцієнта тертя в спряженні при змащуванні еталонним мастильним матеріалом. У нашому випадку за еталонний мастильний матеріал приймаємо товарне літнє дизельне паливо за відсутності абразивних забруднень.

$$k = \frac{f}{f_e}, \quad (38)$$

де f – коефіцієнт тертя в сполученні при змащуванні сумішевим мінерально–рослинним паливом;

f_e – коефіцієнт тертя в сполученні при змащуванні еталонним мінеральним паливом.

Коефіцієнт абразивної агресивності дозволяє визначати трибологічні властивості мастильного середовища виходячи зі складу сумішевого мінерально–рослинного палива і наявності абразивних домішок, а також змінювати їх, наближаючи трибологічні якості сумішевого мінерально–рослинного палива до еталонного залежно від умов роботи.

У такому випадку знос буде виражатися формулою:

$$U = k^4 \cdot f_3^4 [\Psi_1 \cdot (1 - 2,08k^2 \cdot f_2^4) + \Psi_2], \text{ мм}^3, \quad (39)$$

де k – коефіцієнт абразивної агресивності змащувального середовища.

Для прогнозування ресурсу прецизійних пар СГТ при

періодичному режимі експлуатації (з простоями) необхідно враховувати коефіцієнт режиму роботи $K(t)$.

У цьому випадку отримуємо графічні залежності ресурсу T в залежності від режиму роботи вузлів і агрегатів, застосовуючи принцип надійності – мінімуму градієнта параметру, які наведені на рис. 2.

За час роботи T_1 прецизійних пар (з простоями) в середовищі біодизеля здійснюється зношування деталей до граничного зносу, що відповідає критерію об'ємного зносу U_1 .

За такий же час роботи T_2 прецизійних пар (без простоїв) в середовищі біодизеля здійснюється зношування деталей до граничного зносу, що відповідає критерію об'ємного зносу U_2 .

Встановлено, що зміна розмірів деталей прецизійних пар відбувається нерівномірно по поверхні тертя і не постійна в часі. Ресурс прецизійних пар визначається граничним зносом трибоспряжень і співвідношенням параметрів нормальної роботи.

Ресурс деталей прецизійних пар при експлуатації на біодизеля (з простоями) визначається із рівняння:

$$T_1 = \frac{U_{sp} - U_{np}}{tg\alpha_1}, \text{ мото-год,} \quad (41)$$

де U_{sp} – граничний знос деталей, мкм;

U_{np} – знос при припрацюванні (обкатці) прецизійних пар, мкм;

U_1 – швидкість зношування деталей прецизійних пар (з простоями), мкм/мото-год.

Ресурс деталей прецизійних пар (без простоїв), що працює при змащуванні біодизеля, визначається із рівняння:

$$T_2 = \frac{U_{sp} - U_{np}}{tg\alpha_2}, \text{ мото-год.} \quad (42)$$

де $tg\alpha_2 = U_2$ – швидкість зношування деталей прецизійних пар в середовищі біодизеля (без простоїв), мкм/мото-год.

Отже, при збільшенні $K(t)$ збільшується $tg\alpha$. Таким чином, існує можливість збільшення ресурсу прецизійних пар шляхом, як підбору складу сумішевих біопальних, так і регулювання режиму роботи функціональних систем СГТ.

Висновки. Встановлено, що внаслідок застосування біопальних щорічно відмовляють додатково 15...20 % сільськогосподарської техніки, яка експлуатується в Україні. Доведено що біодизель по відношенню до конструкційних матеріалів є більш агресивним в порівнянні із дизельним паливом. Це пояснюється виникненням вільного водню на поверхні матеріалів, який сприяє створенню окисних плівок та проникнення водню в поверхневі шари металу, який сприяє водневому зношенню. Невілювання цих негативних

явищ можливо за рахунок зменшення в біодизелі кількості метанолу.

Підвищити ресурс сільськогосподарської техніки при роботі на біологічному пальному, можливо за рахунок промивки мінеральним паливом всієї паливної системи. Цим самим виключається шкідливий вплив метанолу на метали в процесі простоїв вузлів і агрегатів.

Як показали проведені дослідження, збільшити ресурси роботи сільськогосподарської техніки можливо за рахунок застосування матеріалів деталей сполучень, що контактують з біологічними паливними, які мають підвищену стійкість до ефірів метанолу.

Література:

1. Быченин А. П. Повышение ресурса плунжерных пар топливного насоса высокого давления тракторных дизелей применением смесового минерально–растительного топлива: дис... канд. техн. наук: 05.20.03 / А. П. Быченин. – Пенза, 2007. – 173 с.

2. Журавель Д. П. Вплив біопалива на знос матеріалів паливної апаратури двигунів мобільної техніки / Д. П. Журавель, В. Б. Юдовинський, С. В. Кюрчев // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету: зб. наук. праць / ЛНАУ. – Луганськ, 2010. – № 3. – С. 96–99.

3. Журавель Д. П. Вплив меркаптанів біопального на водневе зношування поверхонь тертя / Д. П. Журавель, В. Б. Юдовинський // Вісник Львівського національного аграрного університету: зб. наук. праць / Львівський НАУ. – Львів, 2009. – № 13, т. 2. – С. 182–189. – (Агроінженерні дослідження).

4. Журавель Д. П. Моделирование процесса изнашивания прецизионных соединений топливных систем ДВС, работающих в среде биотоплива / Д. П. Журавель, В. Б. Юдовинский, В. А. Колomoец // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. – Луганськ, 2011. – № 29. – С. 380–389.

5. Журавель Д. П. Исследования видов изнашивания деталей топливной аппаратуры в среде биоуглеводородных жидкостей / Д. П. Журавель, В. Б. Юдовинский, В. А. Колomoец // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 12, т. 1. – С. 62–67.

6. Хрущев М. М. Исследование изнашивания металлов / М. М. Хрущев, М. А. Бабичев. – М.: Изд. АН СССР, 1960. – 351 с.

7. Журавель Д. П. Методологія оцінки надійності мобільної сільськогосподарської техніки при експлуатації на різних видах паливо–мастильних матеріалів / Д. П. Журавель // Вісник Сумського національного аграрного університету / СНАУ. – Суми, 2016. – Вип. 10/3 (31). – С. 66–72. – (Механізація та автоматизація виробничих процесів).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗНОСА ПРЕЦИЗИОННЫХ ПАР ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА БИОДИЗЕЛЕ

Журавель Д.П.

Аннотация – работа посвящена исследованию процесса изнашивания прецизионных пар топливных систем мобильной техники при эксплуатации на биодизеле с учетом среды и условий эксплуатации. Переход мобильной техники на биотопливо, основу которого составляют метанола, требует тщательного подхода к подбору материалов топливных и других систем двигателей мобильной техники. При износе элементов топливных насосов наблюдается как механический (абразивный) износ, так и эрозионный износ. Износ элементов топливных насосов увеличивается за счет агрессивности среды биоуглеводородных жидкостей. Износ зависит от времени простоя техники, что в итоге приводит к увеличению значений коэффициента износа от 36% до 54% в зависимости от времени и периодичности простоев. Особенно это отражается на сталях, которые включают 1–3% хрома, как катализатора углеводородного охрупчивания.

MODELING OF THE PROCESS OF THE PRESIDENTIAL SOFTWARE OF FUEL SYSTEMS OF MOBILE EQUIPMENT AT THE USE OF BIODIESEL

D. Zhuravel

Summary

The work is devoted to the study of the process of wearing precision pairs of mobile equipment during operation on biodiesel, taking into account the environment and operating conditions.

The transition of mobile technology to biofuels, which are based on methanol, requires a careful approach to the selection of materials for fuel and other systems of engines of mobile technology. When the fuel pump elements are worn, both mechanical (abrasive) wear and erosion wear are observed. The wear of fuel pump elements is increased due to the aggressiveness of the environment of biocarbon liquids. Depreciation depends on the downtime of equipment, which ultimately leads to an increase in the values of the coefficient of wear from 36% to 54% depending on the time and frequency of downtime. This is especially reflected in steels, which include 1–3% chromium as a hydrocarbon embrittlement catalyst.