

УДК 620.178.16.004

Д.П. Журавель, доц., канд. техн. наук

Таврический государственный агротехнологический университет

Прогнозирование ресурса плунжерных пар топливных насосов

Работа посвящена прогнозированию ресурса плунжерных пар топливных насосов по характеристикам материалов деталей сопряжения и режиму работы.

ресурс, сопряжение, плунжерная пара, энергоёмкость, поверхностные слои, пластическая деформация, абразивное зерно

Постановка проблемы. Наиболее распространенным видом изнашивания деталей узлов и агрегатов машин является абразивное изнашивание. Для абразивного изнашивания характерно внедрение абразивного зерна в поверхностные слои металлов под действием внешних сил, что является основным фактором разрушения поверхностного слоя. Кроме того, абразив, попадая в зону контакта двух поверхностей, не только является микрорезцами, но и прямыми деформаторами поверхностного слоя, приводя к накоплению деформаций, что способствует разрушению и дальнейшему ускоренному износу поверхностных слоев металлов [1].

Анализ последних исследований. Важные методические аспекты прогнозирования ресурса деталей и узлов, работающих в среде ТСМ, предложили А.А. Гуреев, Г.Ф. Большаков, К.В. Рыбаков, Г.П. Лышко, Н.К. Итинская, В.П. Коваленко и др. Эксплуатационная надежность узлов сельскохозяйственной техники, работающих в среде ТСМ, рассматривалась в работах М.А. Григорьева, Е.Н. Жулдыбина, А.В. Кузнецова, А.И. Селиванова, Э.А. Сухарева и т.д. [2, 3]. Однако процесс абразивного изнашивания рассматривался с точки зрения влияния прочностных и геометрических параметров трибосопряжений, что не в полной мере характеризует поведение поверхностных слоёв при данном виде изнашивания [4].

Формулирование целей статьи. Целью статьи является установление аналитической зависимости прогнозирования ресурса плунжерных пар топливных насосов.

Основная часть. Одним из параметров, характеризующих поведение поверхностного слоев металлов, является их энергоёмкость. Энергоёмкость – это количество энергии необходимое для деформации объема основной структуры поверхностного слоя металла. Энергоёмкость поверхностных слоев зависит от механических и физических свойств материала детали и упрочняющих технологий.

Иначе можно сказать, что энергоёмкость поверхностных слоев металла – это отношение внешней единичной нагрузки Δq_i , действующей на i -тое абразивное зерно к объему деформированного материала поверхностного слоя V_{Mi} .

$$\mathcal{E}_M = \frac{\Delta q_i}{V_{Mi}}, \frac{H}{M^2}. \quad (1)$$

При рассмотрении единичной площади, энергоёмкость материала определяется отношением удельной нагрузки P_u к единичному объему деформированного материала V_{IM} ,

$$\mathcal{E}_M^1 = \frac{P_V}{V_M^1}, \frac{H}{M^2}. \quad (2)$$

Таким образом, объем деформированного металла поверхности можно определить через энергоемкость поверхностных слоев металлов деталей сопряжения.

$$V_M = \frac{P_V}{\mathcal{E}_M}. \quad (3)$$

Давление на абразивное зерно создается за счет изменения зазоров в сопряжениях топливного насоса в процессе работы. Рабочий цикл топливного насоса можно разделить на три периода. В период впуска топлива зазор равен исходному. В период нагнетания топлива из-за возникающего высокого давления зазор увеличивается до 6 мкм и в него поступают соизмеримые с зазором абразивные частицы. Только за период впрыска топлива может происходить силовое взаимодействие абразивных частиц с поверхностью трения и, как результат, изнашивание.

Анализ изношенных прецизионных деталей показал, что износ плунжера и втулки происходит около впускного отверстия на дуге 0,52...1,05 рад. в зависимости от размера абразивных частиц и продолжительности работы топливного насоса [4].

Если принять форму абразивной частицы близкую к сферической, то объем всех абразивных частиц, поступающих в зазор за цикл, равен

$$V_a = \frac{G_a}{\gamma_a} = \frac{\varepsilon \cdot V_3 \cdot \gamma_T}{\gamma_a}, \quad (4)$$

где G_a – общий вес абразива,

ε – концентрация абразивных частиц в топливе,

γ_T, γ_a – плотность дизельного топлива и абразивных частиц.

V_3 – объем зазора между плунжером и втулкой.

$$V_3 = \frac{\alpha(R_{вт}^2 - R_{пл}^2) \cdot l_{пл}}{2}, \quad (5)$$

где $R_{вт}, R_{пл}$ – радиусы втулки и плунжера,

$l_{пл}$ – длина плунжера.

Количество абразивных частиц в зазоре может быть определено по соотношению

$$n = \frac{V_a}{V_i} = \frac{6 \cdot \varepsilon \cdot V_3 \cdot \gamma_T}{\pi \cdot d_{cp}^3 \cdot \gamma_a}, \quad (6)$$

где d_{cp} – средний диаметр абразивных частиц.

Объем металла, подвергающийся пластическому деформированию, рассчитывается по геометрии усеченного конуса, образуемого в результате относительного скольжения и одновременного внедрения абразивной частицы в поверхность трения

$$V_{пл} = \frac{L \cdot (F - F_{упр})}{3}, \quad (7)$$

где F – площадь основания усеченного конуса, при $h=0,01R$,

$$F = \frac{R^2 \cdot (\alpha - \sin \alpha)}{2}, \quad (8)$$

где $\sin \alpha/2 = \alpha/R$

Объем деформации с точки зрения геометрии шарового сегмента равен

$$V_{\text{деф}} = \frac{\pi \cdot h_{\text{деф}} \cdot [3(2a)^2 + h_{\text{деф}}]}{6}, \quad (9)$$

где $V_{\text{деф}}$ – объем внедренных абразивных частиц,
 $2a$ – длина хорды, определяемая глубиной внедрения и радиусом абразивной частицы.

Однако, объем деформированного металла, зависит от свойств материалов плунжера и втулки, характеристикой которого, является энергоемкость поверхностных слоев материалов деталей сопряжения и их силовых характеристик (2).

$$\mathcal{E}_M = \frac{6 \cdot P_V}{\pi \cdot h_{\text{деф}} [3(2a)^2 + h_{\text{деф}}]}, \quad (10)$$

Объемный износ в результате пластических деформаций, равен:

$$U_{\text{пл}} = \frac{(V_{\text{пл}} + V_{\text{вт}})}{n_p}. \quad (11)$$

Число циклов, приводящих к разрушению материала при пластических деформациях равно:

$$n_p = \varepsilon_0', \quad (12)$$

где ε_0 – относительное удлинение материала при разрыве;
 t – коэффициент усталости при пластических деформациях.
 Объемный износ втулки и плунжера за один цикл равен:

$$U = (U_{\text{деф}} + U_{\text{пл}}) \cdot n \cdot k. \quad (13)$$

Коэффициент дробления $k=7$, показывает увеличение величины износа, производимого частицей абразива к моменту ее дробления.

Таким образом, величина линейного износа деталей за определенное время работы сопряжения плунжер– втулка, определяется зависимостью:

$$U = \frac{U_u \cdot m \cdot T}{A_{a1(2)}} = \alpha \cdot k \cdot m \cdot n \cdot T \cdot (R_{\text{пл}} \cdot l_{\text{пл}} + R_{\text{вт}} \cdot l_{\text{вт}}) \cdot (U_{\text{деф}} + U_{\text{пл}}), \quad (14)$$

где $m=573,25\omega$ – число циклов за один час работы,

T – время работы топливного насоса в часах,

A_a – номинальная площадь трения, которая определяется:

для плунжера $A_{a1} = R_{\text{пл}} \cdot l_{\text{пл}} \cdot a$;

для втулки $A_{a2} = R_{\text{вт}} \cdot l_{\text{вт}} \cdot a$,

Здесь $l_{\text{пл}}$, $l_{\text{вт}}$ – длина рабочей поверхности втулки и плунжера.

Прогнозируя сроки наработки топливных насосов по износу плунжера и втулки, заменив величину износа на максимально допустимый износ, который определяется величиной подачи топлива и давлением, получим:

$$T = \frac{[U]_{\text{max}}}{a \cdot k \cdot m \cdot n \cdot (R_{\text{пл}} \cdot l_{\text{пл}} + R_{\text{вт}} \cdot l_{\text{вт}}) \cdot (U_{\text{деф}} + U_{\text{пл}})}. \quad (15)$$

Но так как, износы за счет пластической деформации, определяются энергоемкостью поверхностных слоев плунжера и втулки, то можно, учитывая зависимость (3), ресурс сопряжения плунжер – втулка представить в таком виде:

$$T = \frac{[U]_{\text{max}} \cdot (\mathcal{E}_{M_{\text{пл}}} + \mathcal{E}_{M_{\text{вт}}})}{a \cdot k \cdot m \cdot n \cdot (R_{\text{пл}} \cdot l_{\text{пл}} + R_{\text{вт}} \cdot l_{\text{вт}}) \cdot P_{\text{уд}}}. \quad (16)$$

Выводы. Ресурс сопряжения плунжер – втулка зависит от характеристики поверхностных слоев металла плунжера и втулки, максимально допустимого износа по работоспособности сопряжения и режима работы топливного насоса.

Список літератури

1. Макхамов К.Х. Расчёт износостойкости машин/ К.Х. Макхамов//Ташкент. ТашГУ,2002. – 144 с.
2. Дідур В.А. Вплив забрудненості дизельного палива на ефективність використання машинно-тракторних агрегатів (МТА) / В.А. Дідур, В.В. Дідур, І.Б.Вороновський // Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2005 – Вип. 33.- 194с.
3. Сухарев Э.А. Теория эксплуатационной надёжности машин /Э.А.Сухарев//– Ровно: Изд-во РГГУ. – 2000. – 164 с.
4. Икрамов У.А. Расчет абразивного износа сопряжения плунжер втулка топливоподающей аппаратуры дизелей/ У.А.Икрамов, М.М.Тамкулашов, К.Х. Макхамов //Проблемы трения и изнашивания. Вып.17. – Киев: Техника,1980. – С. 75-78.

Д.П. Журавель

Прогнозування ресурсу плунжерних пар паливних насосів

Робота присвячена прогнозуванню ресурсу плунжерних пар паливних насосів за характеристиками матеріалів деталей трибоспряджень та режиму роботи.

D. Juravel

Prediction of resource plunger fuel pump

The work is devoted to the prediction of the resource plunger fuel pumps on the characteristics of the material details of interface and operation.

Одержано 20.03.12

УДК.631.632

О.В. Нестеренко, ас., О.М. Васильковський, канд. техн. наук., С.М. Лещенко, канд. техн. наук., Д.І. Петренко, канд. техн. наук., Д.В. Богатирьов, канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Перспективний напрямок інтенсифікації повітряної сепарації зерна

Стаття присвячена огляду живильних пристроїв для повітряної сепарації зерна. Запропоновано перспективний напрямок інтенсифікації пневмосепарації зерна та нову конструкцію живильного пристрою пневмосепаруючого каналу (ПСК), яка дозволить підвищити продуктивність, зменшити енергоємність та покращити ефективність процесу сепарації.

зерноочисна машина, сепарація, повітряний потік, зерновий матеріал, багаторівневий живильний пристрій, пневмосепаруючий канал (ПСК), багаторівневе введення зерна

Тенденція збільшення вирощування зерна в Україні потребує використання високопродуктивних зерноочисних машин для швидкої та своєчасної обробки, що забезпечить збереження продовольчих та посівних кондицій зернового матеріалу при відповідних нормах вологості та чистоти.

© О.В. Нестеренко, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, Д.І. Петренко, Д.В. Богатирьов, 2012