

УДК 631.3.015.23:536.24

С. Р. Кирницький, канд. техн. наук, заступник директора по науковій роботі  
Науково-виробниче об'єднання "МЕТА"

## Визначення змін профілю потенціалу деформацій середовищ триботехнологічного шару і шару матеріалу підложки при термічній обробці

В ході досліджень є визначення значень змін профілю потенціалу деформацій середовищ триботехнологічного шару і шару матеріалу підложки при термічній обробці.  
**опис, ефект, об'єкт, середовище, шар, підложка, матеріал, пам'ять, рівняння, вплив**

**Визначення проблеми.** Умови фінансово-економічної кризи диктують необхідність технологічного переозброєння і технічного оновлення машинно-тракторного парку сільськогосподарського виробництва [1], що зумовлює поступовий перехід до використання багатопрофільних енергетичних засобів малої потужності.

**Аналіз останніх публікацій і досліджень.** При вирішенні задач створення двигуна трактора Т-25 фахівцями Первомайського політехнічного інституту Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова [2] була розглянута задача виникнення збурень у результаті зовнішнього впливу навантажень і внутрішніх змін середовища системи-об'єкту (поверхня шару і підложка циліндрів ДВЗ) із-за теплового впливу при взаємодії пар тертя двигуна трактора Т-25 в процесі експлуатації. Були виявлені умови, при виконанні яких визначена кінцева швидкість зміни концентрацій збурень у середовища системи-об'єкту [3], та розповсюдження збурень у середовищі [4].

**Невирішена частина проблеми.** Предметом досліджень при визначенні змін профілю потенціалу деформацій середовищ матеріалу трибо-технологічного шару і підложки циліндрів двигуна внутрішнього згорання трактора Т-25 при термічній обробці. В ході досліджень встановлено, що значні відхилення наведених систем-об'єктів поглинаються технологічним середовищем – повехнею триботехнологічного шару, підложкою і основним матеріалом циліндрів ДВЗ. Визначення профілю потенціалу деформацій середовищ шару і матеріалу циліндрів ДВЗ трактора Т-25 потребує створення окремих локальних моделей, які забезпечують імітаційне моделювання процесів деформацій та використання структурно-функціональної моделі середовищ шару і підложки циліндрів.

**Мета досліджень.** Задачею досліджень є визначення значень змін профілю потенціалу деформацій середовищ триботехнологічного шару і шару матеріалу підложки при термічній обробці.

**Основна частина.** У відповідності з [5] опис процесів деформацій за умов нестационарного процесу напружень триботехнологічного шару і підложки за достатньо малий проміжок часу здійснюється з використанням методу аналогій [6] за допомогою рівняння [7]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{(l_1^u)^2} = \frac{\partial^2 J_1^u}{\partial (\tau_1^u)^2} + \frac{1}{\zeta_1^u} \frac{\partial J_1^u}{\partial \tau_1^u} = \nabla^2 J_1^u \cdot x \\ \frac{1}{(l_2^n)^2} = \frac{\partial^2 J_2^n}{\partial (\tau_2^n)^2} + \frac{1}{\zeta_2^n} \frac{\partial J_2^n}{\partial \tau_2^n} = \nabla^2 J_2^n \cdot x \end{array} \right. , \quad (1)$$

де  $l_1^u$  і  $l_2^n$  – відповідно зміни товщини середовища триботехнологічного шару матеріалу і підложки під час термічної обробки [8], м;

$J^u$  і  $J^n$  – відповідно триботехнологічна придатність матеріалу прикордонного шару [9] і пружні властивості підложки [10], Па/(м<sup>2</sup> °К);

$\zeta_1^u$  і  $\zeta_2^n$  – відповідно коефіцієнти деформацій структури поверхні системи: внутрішніх шарів прикордонного шару і внутрішніх шарів підложки [11,12], м/(м<sup>2</sup> °К);

$\tau_1^u$  і  $\tau_2^n$  – відповідно час релаксації потоку деформацій системи з внутрішніх шарів матеріалу до поверхні підложки і з поверхні підложки у прикордонний шар, с;

$X$  – проміжки часу спостережень, с;

індекс “ $u$ ” і “ $n$ ” – відповідно значення характеристик підложки і середовища триботехнологічного шару.

Системи-об’єкти – поверхні триботехнологічного шару (далі середовище) і підложки (далі матеріал), здатні акумулювати напруження та відповідні деформації за термін часу  $\tau_{1\mu}^u \mp \Delta \tau_{1\mu}^u$  і  $\tau_{2\mu}^n \mp \Delta \tau_{2\mu}^n$ . Оскільки наведені системи-об’єкти

представляють інерційні об’єкти, тому при  $\tau_{1\mu}^u$  і  $\tau_{2\mu}^n$  – термінах часу, за який об’єкт

підтримує свої пружні властивості, незважаючи на зовнішній між груповий вплив, можливо розглядати середовище і матеріал як систему-об’єкт з пам’яттю за умов впливу на середовище потоку напружень  $u_1^u$  і  $u_2^n$ , яке викликає зміну деформацій

середовищ  $d_1^u$  і  $d_2^n$ . При чому приріст деформацій середовища трибо-технологічного шару в силу нерозривності з’єднання його з підложкою дорівнює деформації середовища матеріалу внаслідок між групової взаємодії:  $\Delta d_1^u \mp \Delta d_2^n = 0$ . Зв’язок

змін стану деформацій в процесі термічної обробки при впливі температури зовнішнього середовища  $dT$  у середовищі триботехнологічного шару  $\Delta d_1^u$  і

матеріалі  $\Delta d_2^n$  відбувається в результаті змін *потенціалів* систем-об’єктів:

середовища триботехнологічного шару  $p_1^u$

$$\Delta p_{1\mu}^u = d_1^u dT = f_1 \left( u_{1\mu}^u \tau_{1\mu}^u \right) dT , \quad (2)$$

і матеріалу підложки  $p_2^n$

$$\Delta p_{2\mu}^n = d_2^n dT = f_2 \left( u_{2\mu}^n \tau_{2\mu}^n \right) dT. \quad (3)$$

В розрахунку на  $1/^\circ p$  приріст потенціалу деформацій середовищ шару і матеріалу складає  $\Delta p_{1T}^u - \Delta p_{2T}^n \mp \Delta p_{2T}^n = \Delta U_{x_T} / \Delta (E_{1T}^u - E_{2T}^n)$  при стаціонарному процесі енергонасичення шару і матеріалу  $E_1^u, E_2^n$ .

Представимо результат взаємного впливу за період ситуаційного часу термічної обробки або температурного впливу при експлуатації на середовище шару і матеріал за час, за який система-об'єкт підтримує свої пружні властивості, незважаючи на зовнішній між груповий вплив на об'єкт у вигляді виразів [10]:

$$\begin{cases} J(d_1^u) = \Phi_{1\mu}^u [ \nabla D (\tau_{1\mu}^u) ] \Big|_0^d \\ J(u_1^u) = \Phi_{1\mu}^u [ \nabla U (\tau_{1\mu}^u) ] \Big|_0^u \end{cases}; \quad (4)$$

$$\begin{cases} J(d_2^n) = \Phi_2^n [ \nabla D_2^n (\tau_{2\mu}^n) ] \Big|_0^d \\ J(u_2^n) = \Phi_2^n [ \nabla U_2^n (\tau_{2\mu}^n) ] \Big|_0^u \end{cases}, \quad (5)$$

де  $\nabla D (\tau_{1\mu}^u)$  і  $\nabla D (\tau_{2\mu}^n)$  – градієнт потоку напружень відповідно середовищ з пам'яттю триботехнологічного шару і матеріалу підложки, Па/м<sup>2</sup>;

$\nabla U (\tau_{1\mu}^u)$  і  $\nabla U (\tau_{2\mu}^n)$  – градієнт потоку змін щільності структури матеріалу відповідно середовищ з пам'яттю триботехнологічного шару і матеріалу підложки, кг/м<sup>2</sup>;

$\Phi \tau_{1\mu}^u$  і  $\Phi \tau_{2\mu}^n$  – функціонал системи-об'єкту.

При розрахунку деформації складових системи-об'єкту триботехнологічного шару і матеріалу підложки під час системи-процесу термічної обробки або температурного впливу за час експлуатації, приймаємо для нестационарного процесу деформації об'єкту – шару і матеріалу, на протязі малого проміжку часу з урахуванням аналогій [6] і щільності деформацій триботехнологічного шару і матеріалу підложки [13,14] отримуємо:

$$\begin{aligned} \zeta_{u_p} \rho_1^u \frac{\partial J(d_1^u)}{\partial \tau_1^u} &= \frac{\partial}{\partial x} \left[ \zeta_1^u (J(d_1^u)) \frac{\partial J(d_1^u)}{\partial x} \right] \\ \zeta_{u_T} \rho_2^n \frac{\partial J(d_2^n)}{\partial \tau_2^n} &= \frac{\partial}{\partial x} \left[ \zeta_2^n (J(d_2^n)) \frac{\partial J(d_2^n)}{\partial x} \right], \end{aligned} \quad (6)$$

де  $\zeta_{u_p}, \zeta_{u_T}$  – відповідно ізобарна і ізотермічна ємності деформації середовища шару і шару матеріалу підложки у певному обсязі  $V$ , м/(Па\*м<sup>3</sup>), Па/(град\*м<sup>3</sup>);

$\rho_1^u$  і  $\rho_2^n$  – відповідно щільність матеріалу (речовини) триботехнологічного шару і підложки, кг/м<sup>3</sup>.

За умов нелінійної деформації об'єкту і матеріалу під час термічної обробки об'єктів – матеріалу (речовини) триботехнологічного шару і підложки, кінцева швидкість розповсюдження збурень деформації матеріалу шару і підложки або фронту потоків деформації системи-об'єкту та матеріалу шару і підложки може бути зумовленою існуванням об'ємного поглинання збурень (деформацій) структури технологічним середовищем матеріалами шару і підложки  $m(J(d_1^u))$  і  $m(J(d_2^n))$  (6) має вигляд:

$$\begin{aligned} \zeta_{u_p} \rho_1^u \frac{\partial J(d_1^u)}{\partial \tau_1^u} &= \frac{\partial}{\partial x} \left[ \zeta_1^u(J(d_1^u)) \frac{\partial J(d_1^u)}{\partial x} \right] + mJ(d_1^u); \\ \zeta_{u_T} \rho_2^n \frac{\partial J(d_2^n)}{\partial \tau_2^n} &= \frac{\partial}{\partial x} \left[ \zeta_2^n(J(d_2^n)) \frac{\partial J(d_2^n)}{\partial x} \right] + mJ(d_2^n). \end{aligned} \quad (7)$$

Застосування рівнянь (6) і (7) можливо при виявленні умов, при виконанні яких існує кінцева швидкість розповсюдження збурень деформації об'єкту та матеріалу шару і підложки або просторова локалізація потоків речовини.

**Висновки.** Проведене визначення значень розповсюдження фронту деформацій у системі-об'єкті – підложці, і фронту поглинання деформацій у триботехнологічному шарі матеріалу за умов збереження їх триботехнологічних властивостей і забезпечення знешкодження впливу деформацій.

## Список літератури

1. “Програма розвитку продуктивних сил Миколаївської області на засадах збільшення економічної активності сільського населення у 2008-2012 роках“, *реєстраційний номер* 0107U009112 від 10.2007 р.
2. Доценко С.М., Литвин С.М., Кирницький С.Р. Задачі створення двигуна трактора Т-25 // Бюл. наук. пр. Прибужжя.– 2009.– №17(94). – С.3-4.
3. Доценко С.М., Литвин С.М., Кирницький С.Р. Визначення зміни концентрацій збурень у середовищі системи-об'єкту // Бюл. наук. пр. Прибужжя.– 2009.– №18(95). – С.66-72.
4. Доценко С.М., Литвин С.М., Кирницький С.Р. Визначення розповсюджень збурень у середовищі системи-об'єкту // Бюл. наук. пр. Прибужжя.– 2009.– №18(95). – С.37-40.
5. Кирницький С.Р. Опис процесів деформацій за умов нестационарного процесу напружень триботехнологічного шару і підложки циліндрів ДВЗ // Бюл. наук. пр. Прибужжя.– 2008.– №2(66). – С.30-36.
6. Доценко С.М., Литвин С.М., Кирницький С.Р. Метод аналогій деформацій середовища системи-об'єкту // Бюл. наук. пр. Прибужжя.– 2009.– №18(95). – С.75-81.
7. Доценко С.М., Литвин С.М., Кирницький С.Р. Визначення концентрацій напружень (збурень середовища) у місцях спостережень системи-об'єкту // Бюл. наук. пр. Прибужжя.– 2009.– №18(95). – С.72-75.
8. Кирницький С.Р. Проведення досліджень процесу зміни товщини середовища триботехнологічного шару матеріалу і підложки циліндрів ДВЗ під час термічної обробки // Бюл. наук. пр. Прибужжя.– 2008.– №2(66). – С.59-63.
9. Кирницький С.Р. Визначення триботехнологічної придатності матеріалу прикордонного шару в системі-процесі термічної обробки поверхні триботехнологічного шару циліндрів ДВЗ // Бюл. наук. пр. Прибужжя.– 2008.– №2(66). – С.63-66.
10. Кирницький С.Р. Визначення пружних властивостей шару підложки в системі-процесі термічної обробки поверхні циліндрів ДВЗ // Бюл. наук. пр. Прибужжя.– 2008.– №2(66). – С.66-69.

11. Кирницький С.Р. Визначення коефіцієнтів деформацій структури поверхні системи: внутрішніх шарів триботехнологічного шару циліндрів ДВЗ // Бюл. наук. пр. Прибужжя.– 2008.– №2(66). – С.69-72.
12. Кирницький С.Р. Визначення коефіцієнтів деформацій структури поверхні системи: внутрішніх шарів підложки циліндрів ДВЗ // Бюл. наук. пр. Прибужжя.– 2008.– №2(66). – С.72-75.
13. Кирницький С.Р. Визначення щільності деформацій матеріалу триботехнологічного шару і підложки циліндрів ДВЗ // Бюл. наук. пр. Прибужжя.– 2008.– №2(66). – С.42-43.
14. Кирницький С.Р. Визначення щільності деформацій матеріалу підложки циліндрів ДВЗ // Бюл. наук. пр. Прибужжя.– 2008.– №2(66). – С.43-44.

*С. Кирницький*

**Определение смены профиля потенциала деформаций сред триботехнологического слоя и слоя материала подложки при термической обработке**

В ходе исследований определены значения изменений профиля потенциала деформаций сред триботехнологического слоя и слоя материала подложки при термической обработке.

*S. Kirnitsky*

**Definition of changes a profile of potential of deformations of medium in tribotechnological a layer and a backing material layer at high-heat treatment**

During researches of definitely value of changes a profile of potential of deformations of medium in tribotechnological a layer and a backing material layer at high-heat treatment.

Одержано 18.09.09

**УДК 621.95**

**В.М. Пестунов, проф., канд. техн. наук, В.В. Свяцький, канд. техн. наук,  
Л.П. Свяцька, асист.**

*Кіровоградський національний технічний університет*

## **Використання методів вібраційного свердління в сільськогосподарському машинобудуванні**

Виконано аналіз можливості інтенсифікації процесу обробки глибоких отворів на верстатах вертикально-свердлильної групи. Представлено конструкцію кулькового вібраційного патрона для обробки глибоких отворів у в'язких сталях.  
**свердління, отвір, патрон, вібрація, пристрій, машинобудування, інтенсифікація**

У загальному об'ємі металообробки свердління отворів складає близько 30% всіх операцій. Особливі труднощі у виробничих умовах визиває обробка глибоких отворів, у яких відношення глибини різання до діаметра більше трьох [1 – 2]. В системі верстат – пристосування – інструмент – деталь при глибокому свердлінні в найбільш важких умовах працює інструмент – свердло [3]. Замкнений об'єм обробки, різноманітні функції, виконання яких повинна забезпечувати конструкція інструменту, форсовані режими різання змушують працювати корпус свердла, його ріжучі і напрямні елементи з високими напруженнями.

© В.М. Пестунов, В.В. Свяцький, Л.П. Свяцька, 2010