

1: Discharge model// IEEE Trans. on Plasma Sci. – 2011. – v.39. – P.615–623.

**PROCEDURES FOR ASSESSING THE CUMULATIVE DAMAGE AND EVALUATION OF THE REMAINING LIFE OF STEEL FURNACES TUBES OPERATING IN OIL REFINERIES**

*Zecheru G., \*Ramadan I.*

Petroleum-Gas University of Ploiesti, Romania

The paper analyses the main degradation mechanisms of pipes used in furnaces from refineries and petrochemical plants and suggests a procedure for determining the cumulative damage of these pipes, given their long use in fluctuating pressure and temperature regimes according to the needs of the technological processes served by the furnaces. It is established that the assessments for furnace pipes in refineries and petrochemical plants must be made considering the effects of creep phenomenon, combined with those of cyclic loading (fatigue) and with the action of the fluid that flows through pipes (which can cause superficial carburization on the inside surface of the pipes) and with the working environment inside the furnace (which can cause oxidation and superficial decarburization of the pipes). The proposed methods for examining and checking the pipes during periodic inspections of the furnaces are also indicated together with the ways these results may be used to increase the confidence level of the information provided in the procedure proposed by the authors for continuous monitoring of the pipes in use.

Furnace pipes in petroleum refineries and technological plants for hydrocarbons processing – PRFP are subject to severe thermal regimes during operation. In refineries, the working temperatures of these pipes reach 120...130 °C in desalination installations and can go up to 350...550 °C in atmospheric and vacuum distillation units and may be even higher – 500...700 °C – in thermal cracking plants and 650... 850 °C in pyrolysis installations. Furthermore, mechanical stresses of high intensity, variable in time, are generated during operation within PRFP, due to the action of transmitted fluids pressure, mass loads (weight of pipe and transported fluids) and frequent temperature fluctuations. In addition, due to the interaction with transmitted fluids and with the atmosphere inside the furnaces, the PRFP suffer (in their superficial layers or in all their section) significant changes of chemical composition, metallurgical structure and physical and mechanical properties. In time, due to the working conditions, the PRFP undergo a damage process (they have limited durability) and must be replaced periodically.

The main degradation phenomenon for PRFP is creep, but fatigue damage (due to cyclic stress) and also damage caused by the interaction with fluids circulating inside the pipes and the atmosphere in furnaces can have substantial effects on the endurance of the pipes.

Depending on the working conditions, the PRFP

can be made from plain steels, low, medium or high alloy steels, or from superalloys; generally, (seamless) rolled pipes are used, and also centrifugal cast pipes (austenitic stainless steel Cr – Ni type) are used for some other applications such as pyrolysis furnaces. The main materials used for PRFP will be briefly presented and characterized in the paper.

Rational use of PRFP involves continuous monitoring of their technical status, by tracking their working regime (temperature  $t_s$  and pressure  $p_s$ ) and by assessing cumulative damage and remaining life, applying the procedures proposed in this paper.

**LITERATURE**

1. Suciuh Gh., Ionescu C., Ionescu F.S. The Engineering of Hydrocarbon Processing. v. IV, Editura Thehică, București, 1993.
2. API 579-1 /ASME FFS-1, Fitness – For – Service, 2007.
3. ASM Specialty Handbook Heat-Resistant Materials, S.U.A. – 2006.
4. BS 7910. Guide to methods for assessing the acceptability of flaws in metallic structures. – 2005.

**АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ЕНЕРГІЇ ХВИЛЬОВОГО РУХУ В ДВОШАРОВІЙ РІДИНІ З ВІЛЬНОЮ ПОВЕРХНЕЮ**

*Авраменко О.В., \*Нарадовий В.В.*

Кіровоградський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка

Фізико-математичне моделювання шаруватих рідких систем і чисельний та фізичний аналіз отриманих результатів зумовлені потребами як самої теорії, так і потребами практики. Розв'язання задач поширення хвиль у системах зі стратифікованою структурою має застосування у океанології, біомеханіці, гідравліці, в інших галузях машино- та суднобудування. Ці дослідження не тільки дозволяють зі значною мірою точності моделювати реальні фізичні хвильові процеси, вони є необхідними для створення теоретичної бази для експериментів тощо.

Досліджується слабконелінійна задача про поширення хвиль на поверхні рідкого шару  $\Omega_1 = \{(x, z) : |x| < \infty, -h_1 \leq z < 0\}$  з густиною  $\rho_1$  та верхнього рідкого шару  $\Omega_2 = \{(x, z) : |x| < \infty, 0 \leq z \leq h_2\}$  з густиною  $\rho_2$ . Шари розділені поверхнею контакту  $z = \eta(x, t)$ , а верхній шар обмежений згори вільною поверхнею  $z = \eta_0(x, t)$ . При розв'язанні враховується сила поверхневого натягу на поверхні контакту та на вільній поверхні. Сила тяжіння направлена перпендикулярно поверхні розподілу у від'ємному  $z$ -напрямку, рідини вважаються нестисливими. Математична постановка задачі має вигляд:

$$\nabla^2 \varphi_j = 0 \quad \text{в } \Omega_j,$$

$$\eta_{,t} - \varphi_{,z} = -\varphi_{,x} \eta_{,x} \quad \text{при } z = \eta(x, t),$$

$$\begin{aligned} \eta_{0,t} - \varphi_{2,z} &= -\varphi_{2,x} \eta_{0,x} \text{ при } z = \eta_0(x, t), \\ \varphi_{1,t} - \rho \varphi_{2,t} + (1 - \rho) \eta + 0.5 \alpha [(\nabla \varphi_1)^2 - \rho (\nabla \varphi_2)^2] - \\ &- T(1 + \alpha^2 \eta_{,x}^2)^{-3/2} \eta_{,xx} = 0 \text{ при } z = \eta(x, t), \\ \varphi_{2,t} + \eta_0 + 0.5 \alpha (\nabla \varphi_2)^2 - T_0 (1 + \alpha^2 \eta_{0,x}^2)^{-3/2} \eta_{0,xx} &= 0, \\ &\text{при } z = h_2 \\ \varphi_{1,z} &= 0 \text{ при } z = -h_1. \end{aligned} \quad (1)$$

Для розв'язання задачі (1) використовувався метод багатомасштабних розвинень до третього порядку, були знайдені та проаналізовані розв'язки першого та другого наближень, отримані та проаналізовані еволюційні рівняння обвідних на поверхні контакту та на вільній поверхні [1–3].

Енергію, яку переносять внутрішня та поверхнева хвилі в першому наближенні, досліджено згідно [4]. Енергія, яку переносять за період  $\tau$  двовимірні прогресивні хвилі через площину  $x = \text{const}$  на поверхні контакту та на вільній поверхні, визначається так

$$\begin{aligned} E_{\text{vn}} &= -\frac{\rho}{\tau} \int_t^{t+\tau} dt \int_{-h_1}^0 \frac{\partial(\varphi_{11}^{(1)} + \varphi_{11}^{(2)})}{\partial t} \frac{\partial(\varphi_{11}^{(1)} + \varphi_{11}^{(2)})}{\partial x} dz, \\ E_{\text{пов}} &= -\frac{1}{\tau} \int_t^{t+\tau} dt \int_0^{h_2} \frac{\partial(\varphi_{21}^{(1)} + \varphi_{21}^{(2)})}{\partial t} \frac{\partial(\varphi_{21}^{(1)} + \varphi_{21}^{(2)})}{\partial x} dz, \end{aligned}$$

де  $E_{\text{vn}}$  – енергія, яку переносить внутрішня хвиля,  $E_{\text{пов}}$  – енергія, яку переносить поверхнева хвиля. На рис. 1 представлено залежність енергії, яку переносить внутрішня хвиля від товщини нижнього шару при різних хвильових числах

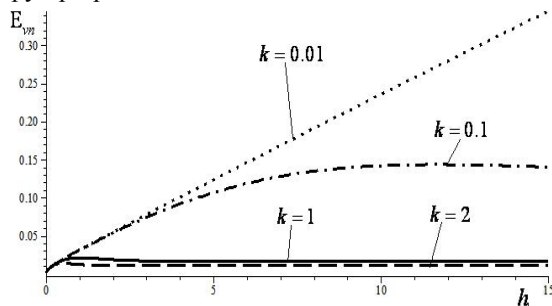


Рис.1. Залежність  $E_{\text{vn}}$  від  $h_1$ .

Виявлено, що внесок другого наближення в повну енергію системи складає 3% від загальної енергії хвильового руху, що можна пояснити тим, що розв'язки другого наближення входять в загальні розвинення для потенціалів та відхилень поверхні контакту та вільної поверхні [1, 3] з коефіцієнтом нелінійності  $\alpha$ , який є достатньо малим.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Avramenko O.V., Naradovyy V.V., Selezov I.T. Multyscale modelling of the wave interaction in two-layer fluid with free surface // Збірник праць Ін-ту математики НАН України. – 2010. – в.7, N2. – Р. 2-9.
2. Avramenko O., Naradovyy V. Stability of wave-packets in the two-layer fluid with free surface and rigid bottom // Contemporary problems of mathematics,

mechanics and computing sciences.– Kharkiv, 2012. – V. 1.

3. Selezov I.T., Avramenko O.V., Gurtovyy Yu.V., Naradovyy V.V. Nonlinear interaction of internal and surface gravity waves in a two-layer fluid with free surface // J. Math. Sci. – 2010. – v.168, N4. – P. 590 – 602.

4. Тарапов И.Е. Механика сплошной среды. В 3 ч.3: Механика невязкой жидкости. – Харьков: Золотые страницы, 2005. – 332 с.

#### НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ ЭВОЛЮЦИИ ВРАЩЕНИЙ ВОЛЧКА ЛАГРАНЖА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОЗМУЩАЮЩИХ МОМЕНТОВ СИЛ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Акуленко<sup>1</sup> Л. Д., Козаченко<sup>2</sup> Т. А., Леценко<sup>2</sup> Д. Д.,  
Рачинская<sup>3</sup> А. Л.

<sup>1</sup>Институт проблем механики РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Одесская государственная академия строительства  
и архитектуры, Украина

<sup>3</sup>Одесский национальный университет имени  
И.И. Мечникова, Украина

Вращения твердого тела относительно неподвижной точки могут быть достаточно строго сформулированы в рамках динамических моделей твердого тела в случае Лагранжа, который является опорным. Исследование моделей проводится путем учета определенных возмущающих факторов [1–5]. В прикладном аспекте анализ вращательных движений тел относительно неподвижной точки важен для решения задач космонавтики, гироскопии, технологии.

Рассмотрим возмущенное движение твердого тела близкое к случаю Лагранжа под действием возмущающего момента сил. Уравнения движения имеют вид:

$$\begin{aligned} A\dot{p} + (C - A)qr &= mgl \sin \theta \cos \varphi + \varepsilon M_1, \\ \dot{\psi} &= (p \sin \varphi + q \cos \varphi) \operatorname{cosec} \theta, \\ A\dot{q} + (A - C)pr &= -mgl \sin \theta \sin \varphi + \varepsilon M_2, \\ C\dot{r} &= \varepsilon M_3, \quad M_i = M_i(p, q, r, \psi, \theta, \varphi, \tau), \end{aligned} \quad (1)$$

$$(i = 1, 2, 3), \quad \tau = \varepsilon t$$

$$\dot{\theta} = p \cos \varphi - q \sin \varphi,$$

$$\dot{\varphi} = r - (p \sin \varphi + q \cos \varphi) \operatorname{ctg} \theta.$$

Здесь  $p, q, r$  – проекции вектора угловой скорости тела на главные оси инерции тела; величины  $M_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) – проекции вектора возмущающего момента на те же оси, они зависят от медленного времени  $\tau = \varepsilon t$  ( $\varepsilon \ll 1$  – малый параметр,  $t$  – время);  $\psi, \theta, \varphi$  – углы Эйлера;  $A$  – экваториальный,  $C$  – осевой момент инерции тела относительно точки  $O$ ;  $m$  – масса тела,  $g$  – ускорение силы тяжести,  $l$  – расстояние от неподвижной точки  $O$  до центра тяжести тела.

Ставится задача исследования асимптотического поведения решений системы (1) при малом  $\varepsilon$