ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

ЛІПБ, УкрНДІПБ
МВС України

№ 2, 2002

заснований у 2002 році

ВИХОДИТЬ РАЗ НА РІК,
МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ УКРАЇНСЬКОЮ,
РОСІЙСЬКОЮ, ПОЛЬСЬКОЮ, НІМЕЦЬКОЮ
ТА АНГЛІЙСЬКОЮ МОВАМИ

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

канд.техн.наук	**Ковалишин В.В.** - головний редактор
канд.техн.наук	**Антонов А.В.** - заступник головного редактора
д-р техн.наук	**Мичко Ф.Ф.** - науковий редактор
канд.техн.наук	**Харченко І.О.** - заступник наукового редактора
д-р техн.наук	**Булгаков Ю.Ф.**
д-р техн.наук	**Жартовський В.М.**
канд.пед.наук	**Козяр М.М.**
канд.пед.наук	**Коваль М.С.**
канд.фіз.-мат. наук	**Кузик А.Д.**
д-р техн.наук	**Мартин Є.В.**
д-р техн.наук	**Орловський Ю.І.**
канд.техн.наук	**Откідач М.Я.**
д-р техн.наук	**Пашковський П.С.**
д-р техн.наук	**Сушко Ю.Ф.**
д-р фіз.-мат.наук	**Юзевич В.М.**
канд.техн.наук	**Юзьків Т.Б.**

ЗАСНОВНИК ТА ВИДАВЕЦЬ Львівський інститут пожежної безпеки (ЛІПБ), УкрНДІПБ МВС України

ЗАРЕЄСТРОВАНО Державним комітетом інформаційної політики телебачення та радіомовлення України 07.05.2002 р. Серія КВ № 6132

ВКЛЮЧЕНО ВАК ДО ПЕРЕЛІКУ ФАХОВИХ ВИДАНЬ В ГАЛУЗІ ТЕХНІЧНИХ НАУК, в яких можуть публікуватись результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук *(Постанова ВАК від 12 червня 2002 року № 1-05/6)*

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ВИДАННЯ рішенням Вченої ради ЛІПБ МВС України *(протокол від 30.10.2002 р.)*

Літературний редактор Падик Г.М.
Редактор англійської мови Туз Е.П.
Технічний редактор та комп'ютерна верстка Цап С.В.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ: ЛІПБ, вул.Клепарівська, буд.35, м.Львів, 79000
Контактні телефони: (0322)33-24-79 тел/факс 33-00-88
E-mail: mail@lipb.lviv.ua

Шановні читачі та дописувачі
збірника наукових праць " Пожежна безпека"!

Вітаємо Вас з появою нового друкованого наукового видання. На сторінках нашого збірника планується публікувати статті з наступної тематики наукових досліджень: формування державної політики, розроблення правових і організаційно-управлінських заходів та стандартизації у галузі пожежної безпеки; розробка, дослідження, випробування та впровадження вогнегасних речовин, удосконалення технологій їх застосування; розробка, дослідження, випробування та впровадження пожежно-технічного озброєння, технічних засобів пожежогасіння та протипожежного захисту; дослідження пожеж та встановлення причин їх виникнення, вдосконалення способів і тактичних прийомів пожежогасіння; дослідження показників пожежної небезпеки речовин, матеріалів, виробів та вогнестійкості будівельних конструкцій; підвищення рівня забезпечення пожежної безпеки об'єктів та населених пунктів; проблеми підготовки спеціалістів Державної пожежної охорони; діяльність громадських організацій у справі профілактики пожеж; міжнародне співробітництво у галузі пожежної безпеки.

Маємо надію на плідну співпрацю науковців всіх країн, яким не байдужі проблеми приборкання вогню. Зичимо Вам здоров'я, успіхів у нашій справі, творчих здобутків.

Головний редактор ***В. Ковалишин***

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 6132
видане 07.05.2002 р.

За точність наведених фактів, економіко-статистичних та інших даних, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації, відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів. При передруковуванні матеріалів, посилання на збірник "Пожежна безпека" обов'язкове.

Наклад: 200.

$$\dot{m}_{сг} = \dot{m}_{исп}(1 - 0{,}02 \cdot H_{ПС}), \qquad (13)$$

где $H_{ПС}$ – толщина пенного слоя, мм , при выводе которого использованы приведенные в [9] данные о том, что слой пены толщиной $H_{ПС} \cong 50 мм$, уменьшает скорость поступления паров в зону горения в ~30-40 раз.

Предложенная методика, базирующаяся на фундаментальных представлениях о процессе горения жидкостей в резервуарах и экспериментальных данных, позволяет получить объективный прогноз процесса развития возможного пожара и его энергетики и осуществить обоснованый вибор режимных и проектных параметров эффективной системы предупреждения и тушения пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Казаков М.В., Петров И.И., Реутт В.Ч. Средства и способы тушения пламени горючих жидкостей.– М.: Стройиздат, 1977.-113 с.*
2. *Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров: Пер. с англ.– М.: Сройиздат, 1990. – 424с.*
3. *Блинов В.И., Худяков Г.Н. Горение жидких бассейнов // ДАН СССР. – 1957. – Т. 113. – №25. – С. 1094.*
4. *Блинов В.И., Худяков Г.Н. Диффузионное горение жидкостей. – М.: Изд. АН СССР, 1961. – 235 с.*
5. *В.С. Бабенко, Н.Ф. Свириденко, В.Ф. Кравчуновский, Е.Н. Кузичкин. Огневые испытания барботажной системы предупреждения и тушения пожара в резервуарах с нефтепродуктами // Теория и практика металлургии. – 2001. – №5(25). – С. 57-60.*
6. *Кошкин Н.Н., Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной физике. –М.: Наука, 1988. – 256с.*
7. *Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении / Ф.Ф. Абузова, И.С. Бронштейн, В.Ф. Новоселов и др. – М.: Недра, 1981. – 248с.*
8. *Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. Справ. Изд. /А.Н. Баратов, Е.Н. Иванов, А.Я. Корольченко и др. – М.: Химия, 1987. – 272с.*

УДК 621.873.01

Є. В. Харченко, д-р техн. наук, проф., А. М. Петренко

МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДВОСЕКЦІЙНОЇ СТРІЛИ КОЛІНЧАСТОГО ПІДІЙМАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Пропонується методика розрахунку частот і форм вільних коливань двосекційної стріли колінчастого підіймального пристрою. Секції стріли розглядаються як прямі стержні, параметри поперечних перерізів яких змінюються східчасто. Рівняння руху механічної системи побудовані на основі технічної теорії згину. Аналіз коливальних процесів здійснюється із застосуванням матричного методу початкових параметрів.

У нинішній час в будівництві, пожежній справі та в інших галузях народного господарства широко застосовуються колінчасті підіймальні пристрої [1–3]. Механізм, що утворюється шарнірно з'єднаними секціями стріли та двома гідроциліндрами, одночасно служить як для зміни висоти піднімання вантажу, так і для регулювання вильоту і забезпечує високу ефективність роботи технічного засобу. Крім цього, колінчасті підіймальні пристрої характеризуються компактністю та зручністю транспортування і легко приводяться в робоче положення. Актуальне для промисловості завдання піднесення технічного рівня підіймально-

транспортних машин безпосередньо пов'язане з необхідністю вдосконалення методів їх розрахунку. Як відомо [4, 5], несучі конструкції таких машин під час роботи несуть значні динамічні навантаження, зумовлені не лише перехідними режимами роботи привідних систем, а й дією навісного вібраційного обладнання [6]. Для того, щоб уникнути резонансних режимів роботи колінчастого підіймального пристрою, а також побудувати коректну математичну модель нестаціонарних динамічних процесів, постає потреба проведення модального аналізу механічної системи його двосекційної стріли. Розв'язанню цієї задачі присвячується дана стаття.

Побудуємо математичну модель вільних коливань двосекційної стріли колінчастого підіймального пристрою у вертикальній площині. Секції стріли здебільшого виготовляють у вигляді шарнірно з'єднаних між собою тонкостінних або стержневих довгомірних конструкцій змінного поперечного перерізу. Для спрощення розрахунку з деяким наближенням розглядатимемо їх як прямі стержні кусково-сталого поперечного перерізу. Оскільки довжини секцій є значними (у декілька десятків разів перевищують висоти поперечних перерізів), будемо враховувати лише деформації згину елементів стріли. Природно припустити, що деформації розтягу-стиску та зсуву мало впливатимуть як на характеристики деформованого стану, так і на частоти та форми вільних коливань механічної системи.

Розрахункова схема стріли зображена на рис. 1, де l_1, l_2, ..., l_6 – довжини ділянок секцій, в межах яких параметри поперечного перерізу вважатимемо сталими; m_1, m_2, m_3 – маси кріпильних вузлів, визначені з урахуванням зведених мас елементів гідроциліндрів; m_4 – маса люльки з вантажем; c_w – жорсткість гідроциліндра для піднімання нижньої секції стріли, що відповідає переміщенню опорного вузла в напрямі, перпендикулярному до осі секції; c_φ – жорсткість шарнірного вузла, котрим з'єднані секції, в обертальному напрямі; α_1, α_2 – кути нахилу осей секцій стріли до горизонталі; x_1, x_2, ..., x_6 – поздовжні координати ділянок секцій, початки яких розташовані в точках O_1, O_2, ..., O_6 відповідно; w_1, w_2, ..., w_6 – прогини ділянок секцій; y – переміщення верхньої секції стріли в поздовжньому напрямі. Рівняння поперечних коливань ділянок секцій стріли запишемо із застосуванням технічної теорії згину у вигляді

$$\frac{\partial^4 w_i}{\partial \xi_i^4} + \frac{\mu_i l_i^4}{EI_i}\frac{\partial^2 w_i}{\partial t^2} = 0 \qquad (i = 1, 2, ..., 6), \tag{1}$$

де E – модуль пружності матеріалу стріли; I_i, μ_i – усереднені осьовий момент інерції поперечного перерізу і погонна маса ділянки секції; $\xi_i = x_i/l_i$ – відносна поздовжня координата; t – час.

Кут повороту поперечного перерізу стержня, згинальний момент і поперечна сила визначаються із залежностей

$$\varphi_i = \frac{1}{l}\frac{\partial w_i}{\partial \xi_i}; \quad M_i = -\frac{EI_i}{l_i^2}\frac{\partial^2 w_i}{\partial \xi_i^2}; \quad Q_i = -\frac{EI_i}{l_i^3}\frac{\partial^3 w_i}{\partial \xi_i^3} \qquad (i = 1, 2, ..., 6). \tag{2}$$

Крайові умови для шарнірно опертого кінця нижньої секції записуємо у вигляді

$$w_1(0,t) = 0; \quad M_1(0,t) = 0. \tag{3}$$

Умови спряження ділянок, що належать одній секції, виражаються співвідношеннями

$$w_{i+1}(0,t) = w_i(1,t); \quad \varphi_{i+1}(0,t) = \varphi_i(1,t) \qquad (i = 1, 2, 4, 5). \tag{4}$$

Умови спряження шарнірно зв'язаних ділянок, одна з яких належить нижній, а інша – верхній секції, записуємо, згідно зі схемою, зображеною на рис. 2.*а*, у вигляді

$$w_4(0,t) = -w_3(1,t)\cos\alpha; \qquad \varphi_4(0,t) = \varphi_3(1,t) - \frac{1}{c_\varphi} M_3(1,t), \tag{5}$$

де $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ – кут між осями секцій стріли.

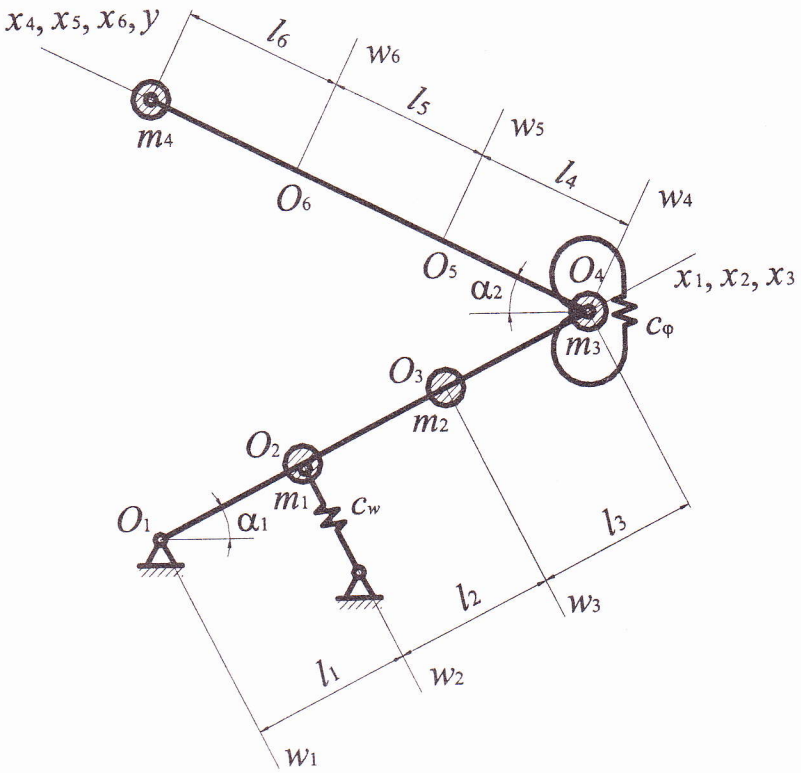

Рис. 1. Розрахункова схема двосекційної стріли колінчастого підіймального пристрою

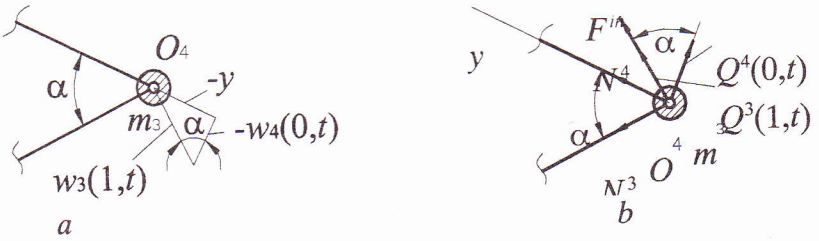

Рис. 2. Схема переміщень (а) шарніра, за допомогою якого з'єднані секції стріли, і зусиль (б) що діють на даний шарнір

Умови рівності згинальних моментів на спільних межах сусідніх ділянок подаємо як

$$M_{i+1}(0,t) = M_i(1,t) \qquad (i = 1, 2, \ldots, 5).$$

Для стиків ділянок секцій стріли поперечні сили задовольняють співвідношення

$$Q_2(0,t) = Q_1(1,t) + m_1 \frac{\partial^2 w_1(1,t)}{\partial t^2} + c_w w_1(1,t);$$

$$Q_3(0,t) = Q_2(1,t) + m_2 \frac{\partial^2 w_2(1,t)}{\partial t^2}; \tag{8}$$

$$Q_{i+1}(0,t) = Q_i(1,t) \qquad (i = 4, 5). \tag{9}$$

На шарнір, за допомогою якого з'єднані секції стріли, з боку нижньої частини конструкції діють сили $Q_3(1, t)$ і N_3 (рис. 2.*б*), а з боку верхньої частини – сили $Q_4(0, t)$ і N_4. Крім цього, шарнір перебуває під дією сили інерції $m_3(\partial^2 w_3(1,t))/\partial t^2$ елемента зосередженою масою m_3. Згідно зі схемою переміщень центра шарніра (рис. 2, *а*) і схемою зусиль, що діють на нього (рис. 2, *б*), запишемо такі співвідношення:

$$y = -w_3(1,t)\sin\alpha; \tag{10}$$

$$m_\Sigma \frac{d^2 y}{dt^2} + N_4 = 0; \tag{11}$$

$$Q_3(1,t) + m_3 \frac{\partial^2 w_3(1,t)}{\partial t^2} + Q_4(0,t)\cos\alpha + N_4 \sin\alpha = 0, \tag{12}$$

де m_Σ – сумарна маса верхньої секції стріли.

Диференціюючи вираз (10) двічі за часом і виключаючи з рівнянь (10)–(12) невідомі функції y і N_4, одержуємо

$$Q_4(0,t) = -\left(\frac{m_3}{\cos\alpha} + \frac{m_\Sigma \sin^2\alpha}{\cos\alpha}\right)\frac{\partial^2 w_3(1,t)}{\partial t^2} - \frac{1}{\cos\alpha} Q_3(1,t). \tag{13}$$

Крайові умови для вільного кінця верхньої секції стріли мають вигляд

$$M_6(1,t) = 0; \qquad Q_6(1,t) + m_4 \frac{\partial w_6(1,t)}{\partial t^2} = 0. \tag{14}$$

Таким чином, аналіз вільних коливань розглянутої двосекційної стріли колінчастого підіймального пристрою зводиться до знаходження таких розв'язків рівнянь з частковими похідними (1), які б задовольняли крайові умови (3)–(9), (13), (14).

У випадку гармонічних коливань механічної системи, розв'язки рівнянь (1) шукаємо у вигляді

$$w_i(\xi,t) = W_i(\xi_i)\sin\omega t \qquad (i = 1, 2, ..., 6), \tag{15}$$

де $W_i(\xi_i)$ – амплітудні функції прогинів ділянок секцій стріли.

Кут повороту поперечного перерізу і внутрішні силові фактори ділянки секції з урахуванням (2), (15) подаємо як

$$\varphi_i(\xi,t) = \Phi_i(\xi_i)\sin\omega t; \qquad M_i(\xi,t) = M_i^*(\xi_i)\sin\omega t;$$
$$Q_i(\xi,t) = Q_i^*(\xi_i)\sin\omega t \qquad (i = 1, 2, ..., 6), \tag{16}$$

де $\Phi_i(\xi_i)$, $M^*_i(\xi_i)$, $Q^*_i(\xi_i)$ – амплітудні функції обертального переміщення поперечного перерізу та відповідних внутрішніх силових факторів.

Розділяючи змінні в рівняннях (1) з урахуванням (15), одержуємо диференціальні рівняння амплітудних функцій

$$\frac{d^4 W_i}{d\xi_i^4} - c_i^4 W_i = 0 \qquad (i = 1, 2, ..., 6), \tag{17}$$

де

$$c_i^4 = \frac{\omega^2 \mu_i l_i^4}{EI_i}.$$

Відповідно до методу початкових параметрів, розв'язки рівнянь (17) подаємо у матричній формі

$$Y_i(\xi_i) = S_i(\xi_i) Y_i(0) \qquad (i = 1, 2, ..., 6), \tag{18}$$

де

$$Y_i(\xi_i) = \mathrm{col}\left(W_i(\xi_i),\ W_i'(\xi_i),\ W_i''(\xi_i),\ W_i'''(\xi_i)\right),$$

$$S_i(\xi_i) = \begin{pmatrix} \psi_{1i}(\xi_i) & \psi_{2i}(\xi_i) & \psi_{3i}(\xi_i) & \psi_{4i}(\xi_i) \\ \psi_{1i}'(\xi_i) & \psi_{2i}'(\xi_i) & \psi_{3i}'(\xi_i) & \psi_{4i}'(\xi_i) \\ \psi_{1i}''(\xi_i) & \psi_{2i}''(\xi_i) & \psi_{3i}''(\xi_i) & \psi_{4i}''(\xi_i) \\ \psi_{1i}'''(\xi_i) & \psi_{2i}'''(\xi_i) & \psi_{3i}'''(\xi_i) & \psi_{4i}'''(\xi_i) \end{pmatrix}. \tag{1}$$

Тут $\psi_{1i}, \psi_{2i}, \psi_{3i}, \psi_{4i}$ – фундаментальна система інтегралів рівняння (17), що визначаються за формулами

$$\psi_{1i}(\xi_i) = \frac{1}{2}\left(\mathrm{ch}\, c_i \xi_i + \cos c_i \xi_i\right), \qquad \psi_{2i}(\xi_i) = \frac{1}{2}\left(\mathrm{sh}\, c_i \xi_i + \sin c_i \xi_i\right),$$
$$\psi_{3i}(\xi_i) = \frac{1}{2}\left(\mathrm{ch}\, c_i \xi_i - \cos c_i \xi_i\right), \qquad \psi_{4i}(\xi_i) = \frac{1}{2}\left(\mathrm{sh}\, c_i \xi_i - \sin c_i \xi_i\right). \tag{1}$$

Із сумісного розгляду залежностей (2), (15), (16) одержуємо матричні рівності

$$F_i(\xi_i) = B_{1i} Y_i(\xi_i), \qquad Y_i(\xi_i) = B_{2i} F_i(\xi_i) \qquad (i = 1, 2, ..., 6),$$

де

$$B_{1i} = \mathrm{diag}\left(1, 1/l_i, -EI_i / l_i^2, -EI_i / l_i^3\right),$$

$$B_{2i} = \mathrm{diag}\left(1, l_i, -l_i^2 / (EI_i), -l_i^3 / (EI_i)\right).$$

Беручи до уваги залежності (18), (21), записуємо матричне співвідношення

$$F_i(\xi_i) = B_{1i} S_i(\xi_i) B_{2i} F_i(0) \qquad (i = 1, 2, ..., 6),$$

З урахуванням (15), (16) виключаємо з крайових умов (4)–(9), (13), (14) функції W_i і записуємо їх у вигляді

$$F_{i+1}(0) = R_i F_i(1) \quad (i = 1, 2, ..., 5); \qquad F_7 = R_6 F_6(1), \tag{25}$$

де

$$R_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ c_w - m_1\omega^2 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad R_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -m_2\omega^2 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix};$$

$$R_3 = \begin{pmatrix} -\cos\alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1/c_\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ (m_3 + m_\Sigma \sin^2\alpha)\omega^2/\cos\alpha & 0 & 0 & -1/\cos\alpha \end{pmatrix};$$

$$R_i = \mathrm{diag}(1,1,1,1) \quad (i = 4, 5); \qquad R_6 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -m_4\omega^2 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \tag{26}$$

причому

$$F_7 = \mathrm{col}(W_6(1), W_6(1), 0, 0). \tag{27}$$

Виключаючи функції часу із залежностей (3) з урахуванням (15) і другого співвідношення (16), одержуємо

$$W_1(0) = 0; \quad M_1^*(0) = 0. \tag{28}$$

З урахуванням залежностей (24)–(28) запишемо матричне співвідношення

$$F_7 = \prod_{i=6}^{1} (R_i B_{1i} S_i(1) B_{2i}) F_1(0), \tag{29}$$

де

$$F_1(0) = \mathrm{col}(0, \Phi_1(1), 0, Q_1^*(1)). \tag{30}$$

Реакції третього і четвертого елементів матриці-колонки F_7, що виражається співвідношенням (27), на одиничні значення другої та четвертої компонент матриці-колонки F_1, яка має вигляд (30), позначаємо m_φ, m_q, q_φ та q_q відповідно. Для того, щоб третій і четвертий елементи матриці-колонки F_7 дорівнювали нулю, повинні задовольнятися співвідношення

$$\begin{aligned} m_\varphi \Phi_1(1) + m_q Q_1(1) = 0; \\ q_\varphi \Phi_1(1) + q_q Q_1(1) = 0. \end{aligned} \tag{31}$$

Ненульові розв'язки однорідної системи рівнянь (31) існують за умови, що її визначник дорівнює нулю. Отже, частотне рівняння механічної системи має вигляд

$$m_\varphi q_q - m_q q_\varphi = 0. \tag{32}$$

Величини m_φ, m_q, q_φ, q_q, що входять до рівнянь (32), є функціями циклічної частоти ω визначаються за допомогою матричної рівності (29). З умови (32) визначаємо власні частоти механічної системи. Форми коливань ділянок секцій стріли знаходимо за залежністю (18) з урахуванням співвідношень (19), (20). Для того, щоб сформувати матрицю-колонку (30), яка містить початкові параметри першої ділянки, з точністю до сталого множника визначаємо невідомі однорідної системи рівнянь (31). Початкові параметри інших ділянок знаходимо за співвідношеннями

$$F_i(0) = \prod_{j=i-1}^{1} \left(R_j B_{1j} S_j(1) B_{2j}\right) F_1(0) \qquad (i = 1, 2, ..., 6),$$

що випливають із залежностей (24) та (25).

Розглянута методика розрахунку частот і форм вільних коливань двосекційної стріли колінчастого підіймального пристрою може бути використана в системах автоматизованого проектування підіймально-транспортних машин. Застосування методу початкових параметрів сприяє систематизації обчислювального процесу та полегшенню числової реалізації методики за допомогою комп'ютера.

Таблиця 1. Власні частоти двосекційної стріли колінчастого підіймального пристрою

m_4, кг	α, рад	Значення частот, Гц				
		1	2	3	4	5
210,5	0,5	1,250	1,739	12,78	19,27	38,89
	1,0	1,009	1,752	11,97	18,50	37,76
	1,5	0,8110	1,973	11,67	18,46	37,53
	2,0	0,6916	2,390	11,70	18,91	37,76
	2,5	0,6270	3,030	11,99	20,28	38,77
	3,0	0,6013	3,610	12,36	22,63	40,99
110,5	0,5	1,426	1,785	13,72	19,27	39,96
	1,0	1,104	1,868	12,87	18,53	38,83
	1,5	0,8844	2,108	12,54	18,52	38,59
	2,0	0,7605	2,536	12,53	19,01	38,80
	2,5	0,6956	3,204	12,75	20,48	39,76
	3,0	0,6702	3,823	13,02	23,00	41,83

Для прикладу визначимо частоти вільних коливань стріли, що має такі параметри: l_1 = 2,10 м; l_2 = 3,55 м; l_3 = 2,96 м; $l_4 = l_5 = l_6$ = 3,70 м; $A_1 = A_2 = A_3 = 0{,}7812 \cdot 10^{-2}$ м; $A_4 = 0{,}7216 \cdot 10^{-2}$ м; $A_5 = 0{,}6312 \cdot 10^{-2}$ м; $A_6 = 0{,}5408 \cdot 10^{-2}$ м; $I_1 = I_2 = I_3 = 0{,}1792 \cdot 10^{-3}$ м^4; $I_4 = 0{,}2016 \cdot 10^{-3}$ м^4; $I_5 = 0{,}1607 \cdot 10^{-3}$ м^4; $I_6 = 0{,}7137 \cdot 10^{-4}$ м^4; m_1 = 42,30 кг; m_2 = 42,40 кг; m_3 = 54,70 кг; m_4 = 110,5 ... 210,5 кг; $c_w = 0{,}1270 \cdot 10^7$ Н/м; $c_\varphi = 0{,}8730 \cdot 10^7$ Н·м/рад; α = 0,5 ... 3,0 рад.

Одержані результати (табл. 1) показують, що власні частоти механічної системи суттєво залежать не лише від пружно-інерційних характеристик її елементів, але й від положення секцій стріли. Отже, модальний аналіз стріл розглянутого типу має істотне значення як для створення раціональних конструкцій підіймальних пристроїв, так і для забезпечення сприятливих режимів експлуатації технічних об'єктів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Александров М. П. Подъемно-транспортные машины. Изд. 4-е. – М.: Высшая школа, 1972. – 504 с.*
2. *Пожарная техника. В 2-х ч. Ч.1. Пожарно-техническое оборудование/А. Ф. Иванов, П. П. Алексеев, М. Д. Безбородько и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 408 с.*

3. *Вайнсон А. А. Подъемно-транспортные машины строительной промышленности. Атлас конструкций. – М.: Машиностроение, 1976. – 144 с.*
4. *Комаров М. С. Динамика грузоподъемных машин. – М.: Машгиз, 1962. – 267 с.*
5. *Казак С. А. Динамика мостовых кранов. – М.: Машиностроение, 1968. – 322 с.*
6. *Шевченко А. Ф., Колесник Н. П. Динамические модели грузоподъемных кранов с навесным вибрационным технологическим оборудованием//Подъемно-транспортная техника. 2002. – №1–2. – С. 93–100.*
7. *Бидерман В. Л. Теория механических колебаний. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.*
8. *Харченко Е. В. Динамические процессы буровых установок. – Львов: Світ, 1991. – 176 с.*

УДК 614.841

В.Г. Мусін, канд. техн. наук, П.І. Заїка, Б.Б. Григор'ян, канд.техн.наук

ПОВОДЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ, ПІДДАНИХ КОРОЗІЙНИМ РУЙНУВАННЯМ, В УМОВАХ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Практика спостережень за станом залізобетонних конструкцій, що експлуатуються в агресивних умовах, або підданих впливу блукаючих струмів, показала, що в результаті впливу високих температур при пожежі спостерігається інтенсивне відколювання бетону захисного шару, особливо в місцях тріщин, що утворилися в результаті корозії арматури. Слід зазначити, впливу тріщин, що утворилися в бетоні захисного шару в результаті корозії арматури під час експлуатації залізобетонних конструкцій в агресивних умовах, на вогнестійкість останніх, не приділяється достатньої уваги, про що свідчить відсутність відповідних вказівок у нормативній літературі. А це питання вимагає рішення оскільки несучі залізобетонні конструкції промислових будинків і споруд багатьох галузей промисловості працюють в агресивних умовах експлуатації, і, що закономірно, вже після 5-7 років в них з'являються тріщини, а при наявності блукаючих струмів і ще раніше [1].

Згідно з [2, табл. 3, с. 4], до тріщиностійкості конструкцій, які піддавалися впливу високих температур, пред'являються вимоги [3, табл. 2] з урахуванням додаткових вказівок [2, табл. 3], у яких нормуються категорії вимог до тріщиностійкості залізобетонних конструкцій в залежності від умов їхньої роботи, виду арматури, а також величини гранично припустимої ширини розкриття тріщин з урахуванням впливу температури на елементи, експлуатовані в умовах неагресивного середовища, для забезпечення цілісності арматури. Згідно з цими вимогами [2, табл. 3] допускається утворення тріщин в основному для конструкцій 3-ї категорії тріщиностійкості (a_{crc1}=0,2-0,6 мм; a_{crc2}=0,1– 0,5 мм) й з обмеженням для окремих класів арматури і конструкцій 2-го класу тріщиностійкості й умов їхньої експлуатації (тільки тріщин a_{crc1}=0,1-0,3 мм). У той же час практика показала, що при пожежах у всіх залізобетонних конструкціях утворюються тріщини шириною 0,1 мм із подальшим розкриттям при вистиганні конструкцій, у тому числі й у конструкціях, що експлуатуються в агресивних умовах, першої категорії тріщиностійкості, в яких згідно з [3] при експлуатації утворення тріщин не допускається, або в конструкціях 2-ї категорії тріщиностійкості, в яких допускається обмежене по ширині нетривале розкриття тріщин a_{arc1} за умови забезпечення їх наступного надійного закриття (затиснення).

Задача роботи – розробити теоретичні уявлення про фізичні процеси утворення тріщин та їхній вплив на вогнестійкість залізобетонних конструкцій.

У практиці спостережень за станом залізобетонних конструкцій під час впливу на них блукаючих струмів і агресивних умов експлуатації прояв електрокорозії фіксують по наяв-