

Для кожної строки матриці попарних порівнянь визначається значення власного векторі сума значень власних векторів оцінок критеріїв, векторів ритет.

Заповнення матриця полярних порівнянь з урахуванням відносної важливості критеріїв

Критерії	1. Схоронність вантажу	2. Імобілізація коштів	3. Ціна
1. Схоронність вантажу	1	7	2
2. Імобілізація коштів	1/7	1	1/6
3. Ціна	1/2	6	1
Сума по стовпцях	9/14	13	21/6

Узгодженість вважається задовільною, коли $OC \leq 10\%$ (в деяких випадках можна припустити $OC \leq 20\%$ але не більш). В даному випадку для обраної критеріїв та визначеної кількості експертів узгодженість становить $OC = 6.03\%$.

Після проведення анкетування і обробки даних, аналізуючи результати вище наданих методик, послідовність ваги складових витрат при доставці вантажів у міжнародному сполученні буде наступною: схоронність (0,450), імобілізація (0,147).

При визначенні загальних витрат замовника транспортної послуги на доставку вантажів у міжнародному сполученні та підвищення якості обслуговування, слід враховувати ймовірні вимоги останнього. При проведенні дослідження методом експертних оцінок було визначено - незалежно від того у якій сфері діяльності підприємство працює підприємство важливо для нього перш за все є схоронність вантажу при доставці, надалі - вартість транспортування вантажу у міжнародному сполученні не дуже вагомими є витрати на імобілізацію коштів.

Література

1. Орлов А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях. - М.: Наука 1979. - 288 с.
2. Орлов А.И. Статистика объектов нечисловой природы: в экспертных оценках. - Тезисы докладов III Всесоюзной научной школы "Прогнозирование научно-технического прогресса". - Минск. - 1979. - Ч.1. - С.160-161.
3. Орлов А.И. Статистика объектов нечисловой природы и экспертные оценки. - В кн. "Экспертные оценки. Вопросы кибернетики". - М., 1979. - Вып.58. - С. 17-33.
4. В.Г.Андреев, А.И.Орлов, Ю.Н.Толстова Анализ нечисловой информации в социальных исследованиях. - М.: Наука, 1985. - 220 с.
5. Орлов А.И. Статистика объектов нечисловой природы. Обзор / Заводская лаборатория. - 1990, Т.56. - № 3 - С.76-83.
6. Венецкий И.Г., Кильдышев Г.С. Основы теории вероятностей и математической статистики. - М.: Статистика, 1968. - 363 с.
7. Бешелев С.Д. Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. - М.: Статистика, 1974. - 161 с.

Рекомендована к публикации д.т.н. Блохиным С.
Поступила в редакцию 28.03.2004

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ ПОВЕДІНКИ НЕОДНОРІДНОЇ РІДИНИ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ В РЕЗЕРВУАРІ

Вивчаються коливання об'єму рідини в резервуарі прямокутної форми. Жидкость состоит из двух слоев разной плотности. Собственные формы и частоты колебаний системы определяются аналитически. Полученные точные решения могут служить тестовыми примерами для численных методов решения задачи для резервуаров более сложной формы. Рассматриваются колебания объема жидкости в резервуаре прямоугольной формы. Рідина складається з двох шарів різної густини. Власні форми й частоти коливань системи визначені аналітично. Отримані точні розв'язки можуть служити тестовими прикладами при розробці чисельних методів розв'язання задачі для резервуарів більш складної форми.

The liquid volume vibrations in the tank of the rectangular form are investigated. The liquid is consisted of two different density layers. The natural forms and frequencies of vibrations of system are determined analytically. The obtained exact solutions can serve as the test examples in the numerical methods development for the solution of problems with more complex configuration tanks.

Постановка проблеми. Аналіз коливань рідини, що міститься в резервуарі, є актуальним в багатьох задачах транспорту, машинобудування, літакобудування та ін. Ці задачі розглянуті в роботах [1-3]. У всіх цих роботах рідина вважається однорідною. Однак практичний інтерес має також задача про коливання неоднорідної за густиною рідини. Така рідина може утворюватися на підприємстві хімічних виробництв. Крім того, додатковий шар рідини може виділятися для зменшення вібрацій рідини при її транспортуванні. На даний час такі задачі недостатньо досліджені.

Мета роботи. Метою роботи є отримання аналітичних розв'язків задачі про коливання об'єму рідини в резервуарі прямокутної форми (рис. 1). Розглядається потенціальний рух двохкомпонентної рідини у площині xz (рис. 1). Значення потенціалів, густин, тисків, швидкостей для двох шарів рідини позначені відповідно $\Phi_1, \Phi_2, \rho_1, \rho_2, p_1, p_2, v_1, v_2$. Рухомі поверхні розділу компонентів рідини визначаються рівнянням $z = \zeta(x, t)$.

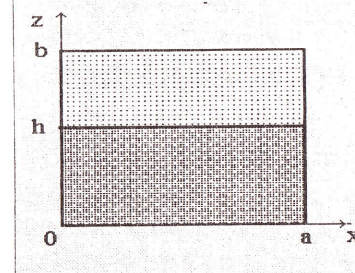


Рис. 1. Резервуар з двома шарами рідини різної густини.

Для внутрішніх точок об'єму резервуара умова нестисливості рідини представляється рівняннями:

$$\Delta\phi_1=0; \quad \Delta\phi_2=0,$$

де Δ – оператор Лапласа.

На змочуваних поверхнях резервуара виконуються умови непротікання рідини

$$\frac{\partial\phi_1}{\partial n}=0, \quad \frac{\partial\phi_2}{\partial n}=0.$$

На поверхні розділу компонентів рідини задаються умови:
- рівності тисків з протилежних сторін

$$p_1=p_2$$

- рівності значень швидкостей рідини по нормалі до поверхні

$$\frac{\partial\phi_1}{\partial n} = - \frac{\partial\phi_2}{\partial n}$$

Тиск в об'ємі рідини визначається інтегралом Лагранжа–Коши у вигляді [2, 4]:

$$\frac{p}{\rho} + \frac{\partial\phi}{\partial t} + \frac{1}{2}v^2 + gz = F(t),$$

де g – прискорення вільного падіння, $F(t)$ – довільна функція часу.

Задача визначення потенціалів ϕ_1 і ϕ_2 зводиться до обчислення функцій ϕ_1, ϕ_2 для заданих геометричних параметрів резервуара [1, 2]:

$$\phi_1(x,z,t) = \phi_1(x,z) \cos \omega t,$$

$$\phi_2(x,z,t) = \phi_2(x,z) \cos \omega t.$$

З урахуванням (6) рівняння (1), (2) можна представити у вигляді:

$$\Delta\phi_2=0 \text{ при } 0 < x < a, 0 < z < h,$$

$$\Delta\phi_1=0 \text{ при } 0 < x < a, h < z < b,$$

$$\frac{\partial\phi_2}{\partial x}=0 \text{ при } x=0, x=a, \quad \frac{\partial\phi_2}{\partial z}=0 \text{ при } z=0,$$

$$\frac{\partial\phi_1}{\partial x}=0 \text{ при } x=0, x=a, \quad \frac{\partial\phi_1}{\partial z}=0 \text{ при } z=b.$$

Граничні умови (3), (4) зводяться до рівнянь

$$\frac{\partial\phi_2}{\partial z} = \frac{\partial\phi_1}{\partial z} \text{ при } z=h,$$

$$\frac{\partial\phi_2}{\partial z} = \frac{\omega^2 (\rho_2 \phi_2 - \rho_1 \phi_1)}{g(\rho_2 - \rho_1)} \text{ при } z=h.$$

Для кожного компонента нестисливої рідини відповідно теореми Стокса [4] виконується умова:

$$\int_{\tau} \text{div } V \, d\tau = \int_{\tau} \Delta\phi \, d\tau = 0 = \oint_S \nabla \phi \cdot \vec{n} \, ds = \oint_S \frac{\partial\phi}{\partial n} \, ds,$$

де S – поверхня, що обмежує об'єм рідини.

Враховуючи умову непротікання рідини крізь змочувані границі резервуару, обчислення інтегралів (13) зводиться до інтегрування тільки по поверхні контакту двох рідин. Це призводить до наступної умови існування розв'язку задачі

$$\int_S (\rho_2 \phi_2 - \rho_1 \phi_1) \, ds = 0.$$

Для розв'язання задачі (7)–(12) застосовується метод розділення змінних:

$$\phi_2 = X(x) Z_2(z), \quad \phi_1 = X(x) Z_1(z).$$

У рівняннях (7), (8) маємо

$$\frac{X''}{X} + \frac{Z_2''}{Z_2} = 0, \quad \frac{X''}{X} + \frac{Z_1''}{Z_1} = 0. \quad (15)$$

Урахуванням граничних умов (9), (10) знаходимо

$$X(x) = \cos(\alpha x), \quad (16)$$

де $\alpha = n\pi/a$.

Таким чином

$$\phi_2 = \cos(\alpha x) Z_2(z); \quad \phi_1 = \cos(\alpha x) Z_1(z). \quad (17)$$

Підставляючи знайдене значення ϕ_2 у рівняння (7), отримуємо диференціальне рівняння для визначення $Z_2(z)$

$$Z_2'' - \alpha^2 Z_2 = 0. \quad (18)$$

Розв'язок рівняння (18) методом функції Крилова [5] дає наступні значення частот коливань двохкомпонентної рідини:

$$\omega^2 = \frac{\alpha g (\rho_2 - \rho_1) \text{sh}(\alpha h) \text{sh}[\alpha(b-h)]}{\rho_2 \text{ch}(\alpha h) \text{sh}[\alpha(b-h)] + \rho_1 \text{sh}(\alpha h) \text{ch}[\alpha(b-h)]}. \quad (19)$$

Кількість числа піхвиць форми коливань у напрямку осі x в (19) враховано параметром α згідно формули (16).

Для зазначити, що для випадку однокомпонентної рідини ($\rho_1=0$) формула (19) перетворюється у відоме співвідношення [1]:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{ng\pi}{a} \frac{\text{sh}\left(n\frac{\pi h}{a}\right)}{\text{ch}\left(n\frac{\pi h}{a}\right)}}. \quad (20)$$

На рис. 2 прикладі з використанням формули (19) розраховано три нижні частоти коливань для резервуара з розмірами $a=1$ м і $b=1$ м. Товщина нижнього шару рідини h змінюється в інтервалі 0.1–0.9 м. На рис. 2 при постійній густині верхнього шару рідини 500 кг/м^3 представлена залежність частот коливань рідини від товщини шару нижньої компоненти.

Залежність частот коливань від густини верхнього шару рідини при $h=0.5$ м представлена на рис. 3. Густина нижнього шару рідини складає $\rho_2=1000 \text{ кг/м}^3$, а густина верхнього шару рідини може змінюватися в межах $\rho_1=50 - 950 \text{ кг/м}^3$.

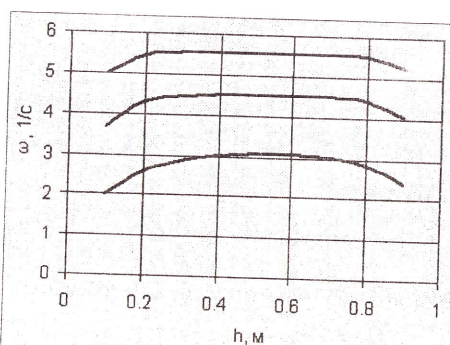


Рис. 2 Залежність частот коливань від товщини нижнього шару рідини

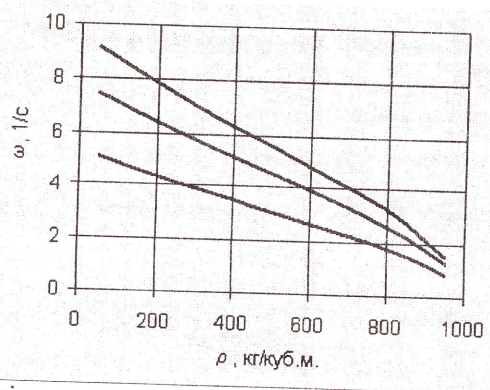


Рис. 3 Залежність частот коливань від густини верхнього шару рідини

Висновок. В роботі в аналітичній формі отримані розв'язки задач про частоти і форми вільних коливань двошарової рідини, що заповнює канал прямокутного перетину. Отримані аналітичні розв'язки можуть бути використані подальшому як тестові приклади при розробці чисельних методів визначення частот і форм коливань двошарової рідини.

Література

1. Н.Н.Моисеев, А.А.Петров. Численные методы расчета собственных частот ограниченного объема жидкости. -М.: Изд-во АН СССР, 1956. -270с.
2. И.А.Луковский. Нелинейные колебания жидкости в сосудах сложной геометрической формы. -Киев: Наукова думка, 1975. -136с.
3. Нариманов Г.С., Докучаев Л.В., Луковский И.А. Нелинейная динамика летательного аппарата с жидкостью. -М.: Машиностроение, 1977. -208 с.
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. -М.: Наука, 1973. - 848 с.
5. Бабаков И.М. Теория колебаний. -М.: Наука, 1968. -560 с.

Рекомендована к публикации д.т.н. Кириченко Е.А.
Поступила в редакцию 27.03.06

ВИШЕННЯ І МОДЕЛІ РЕСУРСООБЕСПЕЧЕННЯ АВТОПОЕЗДОВ

Система ресурсобезпечення автопоездів розглянута в вигляді семантичної мережі, яка включає в себе структурні елементи, що підлягають зміні технічного стану. Семантична діагностична модель управління роботою автопоездів. Система ресурсобезпечення автопоездів розглянута у вигляді семантичної мережі, яка включає в себе структурні елементи, що змінюють технічний стан. Система ресурсобезпечення автопоездів розглянута у вигляді семантичної мережі, яка включає в себе структурні елементи, що змінюють технічний стан. Система ресурсобезпечення автопоездів розглянута у вигляді семантичної мережі, яка включає в себе структурні елементи, що змінюють технічний стан.

Глобальною задачею задоволення перевізних процесів вантажів є забезпечення використання автопоездів. Практична реалізація задачі передбачає підвищення вимог до якості їх виготовлення, обслуговування і ремонту. Головним в досягненні цього є комплексне забезпечення процесів технологічних. Основною новою підходом стало застосування спеціальних методів і режимів діагностичної налаштування виробу в найбільш відповідальних моментах всього технологічного процесу від виготовлення до забезпечення експлуатаційної надійності автопоездів. Технологічне формування високої якості збирання рухомого складу, а також комплексне забезпечення надійності їх в експлуатації ефективно вирішені на модельному рівні застосуванням теорії надійності, динаміки неавтономних систем, методів дослідження операцій і прийняття оптимальних рішень.

Для функціонування нової системи забезпечення високої надійності автопоездів розроблені моделі появи несправностей і управління роботою автопоездів [1], проведені теоретичні і експериментальні дослідження, установлені нові (в порівнянні з окремим автомобілем) діагностичні параметри, розроблено діагностичне обладнання. Автопоезд розглянутий як семантична структурна модель [2, 3], динамічна система і семантична еволюція якої описується Марковим процесом з коінтегруючим множиною станів і управлінням.

Модель включає множиною внутрішніх зв'язків і зовнішніх зв'язків $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$, що впливають на експлуатаційну надійність автопоезда (параметри технічного стану, комплекси обслуговування і ремонту, обладнання, персонал), що утворюють підмножину станів $F = F_1 \cup F_2 \cup \dots \cup F_n$. Враховуючи, що стан автопоезда в більшості випадків характеризується зміною параметрів окремих елементів, необхідно побудувати модель змін, то необхідно моделювати реалізацію процесу змін параметрів технічного стану.

В семантичній структурній моделі автопоезда (рис. 1) вершини представляють деякі сутності (об'єкти, процеси), а дуги зв'язків між сутностями, які вони зв'язують [2, 4]. Колою представлені елементи, що відповідають об'єктам реальної конструкції автопоезда, тобто