

МОДЕЛЮВАННЯ КОЛИВАННЯ МАЯТНИКА ПІД ВІЗКОМ НА ПРИКЛАДІ МЕХАНІЧНОЇ МОДЕЛІ РІДИНИ У СМНОСТІ

Семків О.М., к.т.н.

Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Семенов-Куліш В.В., к.т.н.

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

Розглянуто метод визначення нехаотичного сліду коливань маятника під візком, поєднаного з пружиною, що має наближати форму профілю хвилі рідини, яка виникла в результаті позовжних коливань смісності.

Ключові слова: профіль хвилі рідини, маятник під візком, хвилі Фарадея, механічний аналог коливання рідини.

Постановка проблеми. Дослідження коливання рідини в рухомій смісності мають велике значення для розв'язання багатьох задач [1-3]. Одним із прикладів є задача про горизонтальні переміщення рідини в смісності з виникненням хвилі Фарадея [1]. При цьому для вивчення позовжних коливань використовується їх механічний аналог – маятник під візком (рис. 1, записаний з [1]).



Рис. 1. Експеримент із хвилями Фарадея в рухомій смісності (а); іхній механічний аналог – маятник під візком (б)

Використання «маятникової» аналогії для дослідження гідродинамічних ефектів коливання рідини у смісності дозволяє спростити хід розрахунків і значимий результати обчислень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У статті [2] розглянуто динаміку віскозної в'язкопружної рідини під час гальмування з урахуванням рухомих рідин, що є актуальним напрямком для спеціалізованих технологій машин. У роботі [3] досліджено динамічну модель автоостерів з урахуванням розширної смісності на відвіскі. При цьому використано аналогію між рухом маятника під візком з візковими коливаннями рідини у смісності з рівні

параметричного збурення стогачих хвиль. Крім того, розглянуто резонансні коливання маятника біля вертикального положення рівноваги під дією вертикальних коливань точки підвісу.

Ці суто аналітичні дослідження доцільно доповнити графічними уявленнями результатів коливань маятника під візком.

Формулювання цілей статті. Розробити спосіб визначення нехаотичного сліду коливань маятника під візком, поєднаного з пружиною, що має наближати форму профілю хвилі рідини, яка виникла внаслідок позовжних коливань смісності.

Основна частина. Визначимо, що гідродинамічні параметри хвиль рідини у рухомій смісності можна пов'язати з такими параметрами маятника під візком, поєднаного з пружиною: m_1 – маса візка, m_2 – маса маятника; k – коефіцієнт жорсткості пружини; d – довжина маятника (рис. 2).

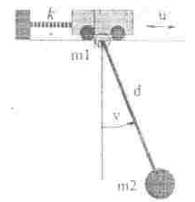


Рис. 2. Схеми маятника під візком

З геометричної точки зору для розв'язання поставленої задачі необхідно визначити таку комбінацію значень параметрів, щоб забезпечити утворення нехаотичного сліду руху маятника (тобто необхідно виключити і нехаотичні сліди з «вузлами»). Тоді набудену форму сліду вважатимемо наближеним профілем хвилі рідини, яка виникла в результаті позовжних коливань смісності (рис. 1, а).

Динаміку коливання маятника під візком будемо описувати системою диференціальних рівнянь. Лагранжа другого роду:

$$m_1 \left(\frac{d^2 X}{dt^2} \right) + m_2 \left(\frac{d^2 Y}{dt^2} \right) + \frac{1}{2} m_2 d^2 \left(\frac{d^2 \varphi}{dt^2} \right) \cos^2(\varphi(t)) + \frac{1}{2} m_2 d \left(\frac{d \varphi}{dt} \right)^2 \sin^2(\varphi(t)) + k X(t) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{1}{6} m_2 d \left(3 \left(\frac{d^2 X}{dt^2} \right) \cos(\varphi(t)) + 3 \left(\frac{d^2 Y}{dt^2} \right) + 4 \varphi \sin(\varphi(t)) \right) = 0$$

Тут використано синтаксис мови Maple і обрано позначення $\varphi(t)$ – величина горизонтального положення візка в момент часу t ; $\varphi(t)$ – величина кута відхилення маятника від вертикалі; $d = 9,81$.

Розв'язувати систему рівнянь (1) будемо чисельно за допомогою методу Рунге-Кутти з початковими умовами $\varphi(0) = \varphi_0$; $\dot{\varphi}(0) = \dot{\varphi}_0$; $X(0) = X_0$; $\dot{X}(0) = \dot{X}_0$.

Наведемо приклад розрахунку нехаотичної траєкторії руху маятника за умови обчислення коефіцієнту жорсткості k залежно від інших сталих параметрів системи. Для визначеності оберемо значення параметрів (усі в умовних одиницях): $m_1 = 1$; $m_2 = 20$; $d = 5$. Початкові умови обрано такі: $u(0) = 0$, $u'(0) = 0$, $v(0) = \pi/3$, $v'(0) = 0$.

Чисельно розв'яземо систему рівнянь (1) та побудуємо наближене зображення інтегральної кривої у фазовому просторі $\{u, Du, t\}$. Зображення складатиметься із мільйонів відрізків, що з'єднують послідовні точки, одержані в результаті наближеного розв'язання системи рівнянь. Це уявлення залежатиме від певного значення «управляючого» параметра k . При випадкових значеннях k у фазовому просторі $\{u, Du, t\}$ утвориться «пудугана» інтегральна крива, проекція якої на фазову площину $\{u, Du\}$ також буде «пудуваною» фазовою траєкторією (рис. 3, а), що призведе до хаотичних рухів маятника під вітком. У разі зміни значень «управляючого» параметра k має змінюватися і характер фазової траєкторії.

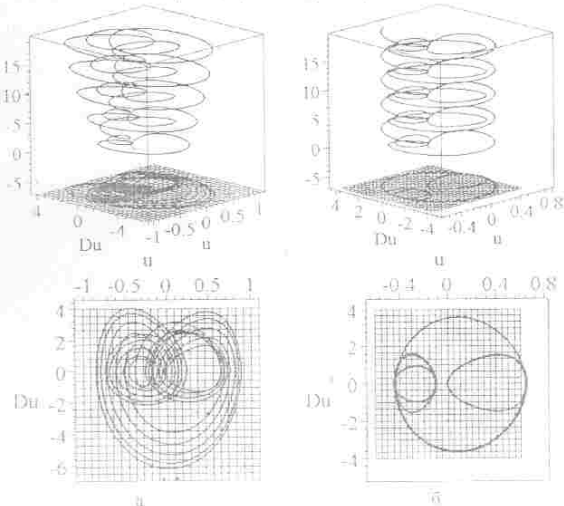


Рис. 3. Інтегральні криві (фазові траєкторії) для: а) випадкового значення k ; б) обчисленого значення $k = 323,5$. При критичному значенні $k = 323,5$ вона перетворюється на яєчко.

рівня перетвориться у «офокусовану» криву (рис. 3, б). На фазовій площині $\{u, Du\}$ здійсниться яєчний оптичний ефект «зведення на різкість» пудуваної фазової траєкторії (відбудеться проєкційне фокусування [4, 5]). Ураховуючи значення параметра $k = 323,5$ у процесі розв'язання системи рівнянь (1) дозволимо обчислити координати точки у декартовій системі координат $\{x, y\}$ (рис. 4, а), які мають ротаційну або нехаотичну траєкторію сліду маятника. При обранні «вхідних» параметрів існує декілька значень k , які спричиняють нехаотичні коливання сліду маятника (рис. 4, б-г).

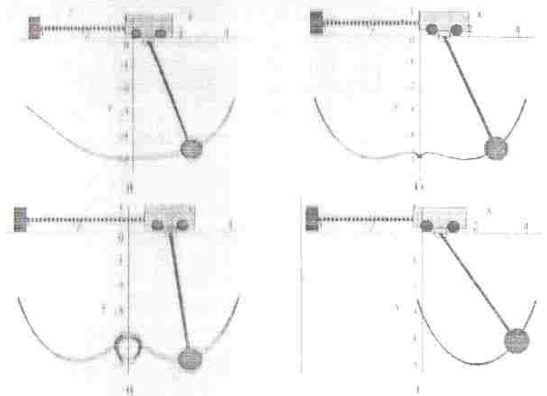


Рис. 4. Сліди маятника при різних значеннях параметра: а) $k = 323,5$; б) $k = 61$; в) $k = 25,2$; г) $k = 0$.

Із розглянутих переваг слід віддати перевагу з параметрами $k = 323,5$ (рис. 4, а). Це пов'язано насамперед тим, що її складають, а також необхідна ідеальна форма профілю шари рідини, що впливає на відхилення небажаних коливань шмочет.

Висновки. Розроблений спосіб дозволяє рекомендувати значення параметра для оптимальної траєкторії коливань маятника під вітком, що забезпечить форму профілю шари рідини, що впливає на відхилення небажаних коливань шмочет. Подальші дослідження будуть пов'язані з вивченням впливу параметрів маятника під вітком для забезпечення протипожежної надійності форми траєкторії.

Литература

1. Калининко В.А. Волны Фарадея в подвижном сосуде и их механический аналог [Электронный ресурс] / С. Аунг Нанг // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – № 12. Режим доступа: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1138.html>
2. Гринев С.Ю. Использование механического аналога жидкости для моделирования колебаний автоцистерны при разгоне и торможении / С.Ю. Гринев, А.Н. Будковой // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2011. – № 1. – С. 98-106.
3. Гринев С.Ю. Динамическое воздействие автоцистерны с отсеками на пути при учете гидроудара / С.Ю. Гринев, А.Н. Будковой // Строительная механика и конструкции. – 2012. – №4, т.2. – С.116-121.
4. Семків О.М. Метод визначення особливих траєкторій коливань вантажу 2d-пружинного маятника / О.М. Семків // Вісник ХНАДУ. – Харків, 2015. – № 71. – С. 36-44.
5. Семків О.М. Особливості геометричної форми коливань вантажу 2d-пружинного маятника / О.М. Семків // VII Міжнародна конференція по науковому розвитку України. – Вена, 2015. – С. 214-217.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЯ МАЯТНИКА
ПОД ТЕЛЕЖКОЙ НА ПРИМЕРЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ ЖИДКОСТИ В ЕМКОСТИ**

Семків О.М., Семенова-Кулиш В.В.

Рассмотрен метод определения нехаотического следа колебаний маятника под тележкой, объединенного с пружиной, который приближает форму профиля волны жидкости, возникшей в результате продольных колебаний емкости.

Ключевые слова: профиль волны жидкости, маятник под тележкой, волны Фарадея, механический аналог колебания жидкости.

**MODELING OSCILLATION OF PENDULUM UNDER THE
TRUCK AS MECHANICAL MODEL OF LIQUID IN VESSEL.**

O. Semkiv, V. Semenova-Kulish

A method for determining the non-chaotic trace of oscillations of a pendulum under the truck, combined with a spring, which brings the wave profile of fluid as a result of longitudinal vibrations of the container is examined.

Keywords: fluid wave profile, the pendulum under the truck, Faraday waves, mechanical vibrations analogue liquid.

**ПОСЛОТОВАНИЕ РАЙОНОВЫХ СХЕМ ПЕРВОГО
ПОРЯДКА В МЕТОДЕ ВАРИАЦИОННОГО ФОРМИРОВАНИЯ
РАЙОНОВЫХ СХЕМ УДЕЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ**

Спиринцев Д.В. к.т.н.

Лебедев П.А. к.т.н.

Балобан И.С. д.т.н.

Методология построения плановых схем трасс.

Методология построения районных схем трасс с учетом ограничений им. Босова Хмельницкого (Украина)

Предлагается решение задачи построения дискретно-представленной схемы (ДПС) методом вариационного формирования районных схем трасс с учетом параметров, с использованием алгоритма поиска в области установившегося угла смежности, который применяется в формировании районных схем первого порядка.

Ключевые слова: районные районные схемы, установившиеся параметры, вариационное формирование, дискретно-представленная.

Поставлена задача построения дискретно-представленной и управления формой представления ДПС трассы в результате нахождения районных параметров, основан на установившемся угле смежности в графе смежности вариационной схемы [1]. Кроме того, необходимо, чтобы она была достаточно эффективной формой моделирования трассы. Для этого рассмотрены и проведены расчеты и сравнение методов формирования плановой ДПС.

Анализ показывает, что наиболее эффективной является дискретно-представленная схема [1-3], основанная на установившемся угле смежности в графе смежности в [1, 2], после угла смежности в [1, 2] метод формирования вариационной ДПС. Однако, наряду с определенными преимуществами, районные на сегодняшний день ДПС характеризуются следующими недостатками [1-4]: они имеют первичные недостатки, связанные с первоначальной формой, были рассмотрены в работе [5, 6] и [7] и [8], в

Научная конференция: Укр. інж. вісник № 11