

*Л. М. Куценко, д.т.н., професор, проф. каф., НУЦЗУ,  
А. Я. Калиновський, к.т.н., доцент, нач. каф., НУЦЗУ,  
О. О. Ковальов, к.т.н., доцент, доц. каф., НУЦЗУ,  
О. Г. Поліванов, ад'юнкт ад'юнктури, НУЦЗУ,  
Е. М. Полтавський, к.ю.н., ст. викладач каф., НАНГУ*

## НОВИЙ СПОСІБ ДИСКРЕТНОЇ ДОСТАВКИ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН

У новому способі дискретної доставки використовується контейнер у вигляді двох рознесених вантажів, подібний спортивній гантелі (двох масового контейнера). Ініціювання руху ДМК здійснюється завдяки одночасній дії вибухових імпульсів, спрямованих на кожний її вантаж заздалегідь розрахованим чином. В результаті утворюється обертово-поступальний рух контейнера. Для опису динаміки руху ДМК визначено лагранжіан, а також складено та розв'язано систему диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду.

**Ключові слова:** вибухові імпульси, двох масовий контейнер, дискретна доставка вогнегасних речовин.

**Постановка проблеми.** Застосування дискретної доставки вогнегасних речовин в зону віддаленої пожежі є одним з перспективних напрямків в пожежогасінні. Основні проблеми, що стримують широке впровадження даного способу є відсутність ефективної конструкцій (в тому числі масогабаритних характеристик) контейнеру, що наповнюється вогнегасною речовиною, а також відсутність технічних засобів для організації доставки контейнерів з вогнегасними речовинами на віддалену відстань в зону горіння.

Проведення робіт з ліквідації масштабних пожеж можливо лише з безпечної для особового складу пожежних підрозділів відстані, тому актуальною науково-технічною задачею, є визначення ефективної конструкцій контейнеру, що наповнюється вогнегасною речовиною, а також визначення способу його доставки на віддалену відстань в зону горіння.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Авторами [1] проведений аналіз існуючих технічних засобів для гасіння пожеж дрібно розпиленими струменями, та запропоновано установку періодично-імпульсної дії газоводяного гасіння розвинених пожеж в будівлях. Недоліком даної установки, є її значні габарити, складність доставки до місця пожежі та мала відстань доставки аерозольного струменя для гасіння пожежі.

Проаналізовано гасіння пожеж на відкритих територіях гелікоптерами [2]. Недоліком цього способу є необхідність наявності водойми в достатній близькості до вогнища пожежі і можливість зависання над ним гелікоптера для забору води. Також йому необхідно

якомога нижче опускати до вогнища пожежі, щоб вода не розпорошувалася вітром, що небезпечно, а іноді і неможливо. Частина води над вогнищем випаровується, а також вода розподіляється над вогнищем пожежі не рівномірно, а точково, що призводить до невеликої площі гасіння.

У статті [3] запропонований пристрій працює наступним чином. Картонний контейнер попередньо на землі заповнюється ємностями гасіння з рідиною гасіння пожежі. В якості ємностей гасіння використовуються пакети, що розбиваються при ударі о землю. Контейнер вантажиться на вертоліт або транспортний літак, доставляється до місця пожежі і скидається над ним. Деякий час контейнер летить без парашута, потім викидається парашут, який гальмує падіння контейнера і одночасно руйнує контейнер, викидаючи ємності гасіння з рідиною гасіння (пакети). Пакети падають в осередок пожежі, розбиваються або розплавляються і рідина гасить вогонь. Також з'являється можливість скидання контейнера з літаків і з великої висоти. Недоліками даного пристрою є: невелика площа гасіння пожежі, недостатня ефективність кожного пакета, невисока точність доставки пакетів, неможливість управління спрацюванням пакетів.

**Постановка завдання та його вирішення.** Для визначення форми контейнеру, що наповнюється вогнегасною речовиною, а також розробки відповідного технічного засобу для організації доставки даних контейнерів на віддалену відстань в зону горіння, необхідно розробити геометричну модель переміщення гантелі (далі ДМК) в межах вертикальної площини  $Oxy$  залежно від параметрів ДМК та початкових умов.

Для того щоб забезпечити точність дискретної доставки контейнерів в зону горіння з дотриманням заданої траєкторії, їх політ треба стабілізувати.

Для забезпечення стійкості руху ДМК у вертикальній площині необхідно надати йому обертово-поступальне переміщення. В загальному випадку це задача динаміки твердого тіла з рухомим центом мас. Цей клас задач розв'язується на основі теореми Кьоніга [4]. Приклад такого розв'язання наведено в роботі [5]. В роботі [6] наведені деякі розрахунки, пов'язані з рухом гантелі.

Для інженерних розрахунків застосовують наближені методи, що мають недостатню точність, тому в даній публікації розглядається варіант графоаналітичного метода, а саме – геометрична модель переміщення ДМК за умови ініціювання його руху подібно маятниковій аналогії.

Виникнення руху ДМК пояснимо з використанням маятникової аналогії. Для цього розглянемо математичний маятник довжиною  $h$  з вантажем  $A$ , підвішеного до нерухомого вантажу  $B$ . Нехай у певний момент маятникового коливання вантаж  $B$  відокремиться від кріплення. Тоді маятник позбудеться зв'язку з нерухою точкою кріплення. Його рух нагадуватиме переміщення гімнаста, який здійснює кульбіт з поперечини. В результаті відокремлення новоутворений об'єкт з двома рознесеними вантажами здійснюватиме рух у вигляді комбінації поступального з обертальним переміщеннями. При чому, новоутворений

об'єкт продовжуватиме рух в межах площини коливань маятника. В момент відриву кріплення об'єкт дослідження формально перестає бути маятником. Тому точку кріплення будемо називати точкою відліку.

Розглянемо ДМК, до складу якої входить невагомий стержень та два вантажі масами  $m_1$  і  $m_2$  на його кінцях. Відстань між центрами мас вантажів дорівнює  $h$ . Нехай в декартовій системі координат  $Oxy$  рухома точка відліку має координати  $x=u(t)$  і  $y=v(t)$ . Центр мас першого вантажу суміщений з рухомою точкою відліку. Стержень виконує обертові коливання навколо точки відліку завдяки зміні величині кута  $w(t)$ .

Ставиться задача розробити геометричну модель переміщення ДМК в межах вертикальної площини  $Oxy$  залежно від параметрів ДМК та початкових умов. Зазначимо, що умови, які сприяли виникненню руху ДМК, крім "маятникових" можуть бути і "вибуховими". Тобто рух ДМК може виникнути завдяки вибуховим імпульсам, спрямованими на центри мас вантажів ДМК. Про це мова піде далі. В основу покладено спосіб обчислень, подібний описаному в роботах [7, 8].

Розглянемо декартові координати  $Oxy$  вертикальної площини, на якій має переміщуватися ДМК. Узагальненими координатами руху вважатимемо кут  $w(t)$ , утворений віссю стержня з віссю  $Oy$ , а також координати зміщення  $u(t)$  і  $v(t)$  точки відліку (рис. 1).

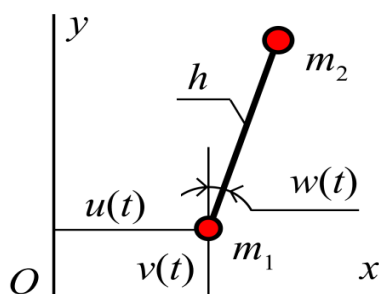


Рис. 1. Стержень з рухомою точкою відліку

Запуск руху стержня здійснюється завдяки дії імпульсу  $m_2 Dw(0)$ , наданого куту відхилення  $w(t)$ . Тобто куту відхилення  $w(t)$  надано початкову швидкість  $Dw(0)$ . Вектор напрямку надання швидкостей співпадає з напрямком дії імпульсу пристрою на центр мас другого вантажу, направлено перпендикулярно осі ДМК. З врахуванням наданого імпульсом миттєвої швидкості  $Dw(0)$ , ДМК далі має рухатися за інерцією. Для запуску руху ДМК одночасно з діями імпульсу  $m_2 Dw(0)$  можуть одночасно діяти і імпульси  $m_1 Du(0)$  і  $m_1 Dv(0)$ , спрямовані на точку відліку з координатами  $(u(t), v(t))$ . Тобто точці відліку можна надати початкові швидкості  $Du(0)$  або  $Dv(0)$  у напрямках відповідних координат  $Ox$  або  $Oy$ . Значення всіх величин в умовних одиницях.

Для опису динаміки переміщення ДМК з рухомою точкою відліку необхідно скласти та розв'язати систему рівнянь Лагранжа другого роду. За основу взято лагранжиан для математичного маятника. До узагальненої координати – кута відхилення маятника – ще необхідно додати дві узагальнені координати у вигляді функцій опису руху точки відліку.

Спочатку за допомогою узагальнених координат обчислюємо «віртуальні» координати точки відліку:

$$\begin{aligned}x(t) &= h \sin(w(t)) + u(t); \\y(t) &= h \cos(w(t)) - v(t).\end{aligned}\tag{1}$$

За умови відсутності дисипативних сил опис руху ДМК на вертикальній площині можна обчислити за допомогою лагранжіана  $L=T-P$ . Вирази для кінетичної і потенціальної енергій мають вигляд ( $g=9.81$ ):

$$\begin{aligned}T &= \frac{m_1}{2} \left( \left( \frac{du}{dt} \right)^2 + \left( \frac{dv}{dt} \right)^2 \right) + \frac{m_2}{2} \left( \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 + \left( \frac{dy}{dt} \right)^2 \right); \\P &= -yg(2m_1 + m_2).\end{aligned}\tag{2}$$

За допомогою лагранжіана  $L=T-P$  опис руху ДМК одержано у вигляді системи з трьох диференціальних рівнянь Лагранжа другого роду відносно функцій  $u(t)$ ,  $v(t)$ ,  $w(t)$ .

$$\begin{aligned}m_2 h \cos(w) \frac{d^2 u}{dt^2} + m_2 h^2 \frac{d^2 w}{dt^2} + m_2 h \sin(w) \frac{d^2 v}{dt^2} + g \sin(w)(2m_1 + m_2) &= 0, \\m_2 h \sin(w) \left( \frac{dw}{dt} \right)^2 + h m_2 \cos(w) \frac{d^2 w}{dt^2} + (m_1 + m_2) \frac{d^2 u}{dt^2} &= 0; \\h m_2 \cos(w) \left( \frac{dw}{dt} \right)^2 + h m_2 \sin(w) \frac{d^2 w}{dt^2} + (m_1 + m_2) \frac{d^2 v}{dt^2} + & \\+ g(2m_1 + m_2) &= 0.\end{aligned}\tag{3}$$

При розв'язанні системи рівнянь (3) слід враховувати основні параметри ДМК. А саме, її довжину  $h$  та значення мас вантажів  $m_1$  і  $m_2$ . А також початкові умови: значення початкових зміщень точки відліку та кута відхилення  $u(0)$ ,  $v(0)$ ,  $w(0)$ . До цього необхідні значення початкових швидкостей, наданих точці зміщення та куту відхилення  $Du(0)$ ,  $Dv(0)$ ,  $Dw(0)$ .

З врахуванням відповідних початкових умов систему рівнянь Лагранжа другого роду розв'язано методом Рунге-Кутти в середовищі математичного пакету *maple*. Одержані наближені розв'язки позначено символами  $U(t)$ ,  $V(t)$ ,  $W(t)$ , які можуть мати вигляд послідовності *maple*-кодів. В обраний на площині системі координат  $Oxy$  з використанням наближених розв'язків визначаємо координати центрів мас вантажів ДМК в момент часу  $t$ . Для цього використовуємо вирази (1), формально замінивши там малі літери на великі:  $u$  на  $U$ ,  $v$  на  $V$ ,  $w$  на  $W$ .

Враховуючи обчислені координати центрів мас вантажів ДМК як функції в часі, було складено програму побудови кадрів комп'ютерної анімації процесу руху ДМК. На сайті [9] можна ознайомитися з варіантами комп'ютерних анімацій.

Далі наведемо приклади виконання програми. Однаковими для них будуть параметри ДМК  $h=2$ ;  $m_1=1$  і  $m_2=1$ . Нагадаємо, що згідно синтаксису мови *maple* вираз, наприклад,  $Dw(0)$  означає значення похідної функції  $w(t)$  в момент часу  $t=0$ . Варіанти обчислень будуть відрізнятися початковими умовами. Попередньо зазначмо, що побудувати траєкторії переміщення вантажів ДМК можливо при довільних значеннях миттєвих швидкостей  $Dw(0)$  і  $Du(0)=10$  як початкових умов. Наприклад, на рис. 2 наведено траєкторію руху для значень  $Dw(0)=18$  і  $Du(0)=13.5$ .

Недолік траєкторії, побудованої з довільними значеннями миттєвих швидкостей полягає у її несиметричності відносно половини дистанції польоту ДМК. Це призведе до порушення рівномірності обертів ДМК, про що свідчить нерегулярна форми фазової траєкторії для узагальненої координати  $v(t)$  (рис. 3). Тому в подальшому будемо зображувати траєкторії переміщення ДМК сумісно з відповідною фазовою траєкторією.

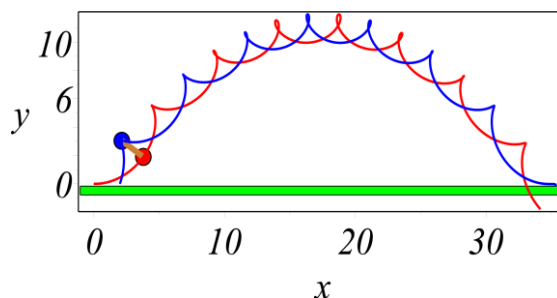


Рис. 2. Траєкторії руху для початкових умов:  $w(0)=\pi/2$ ;  $Dw(0)=18$ ;  $u(0)=0$ ;  $Du(0)=13.5$ ;  $v(0)=0$ ;  $Dv(0)=0$ ;  $T=2.5$

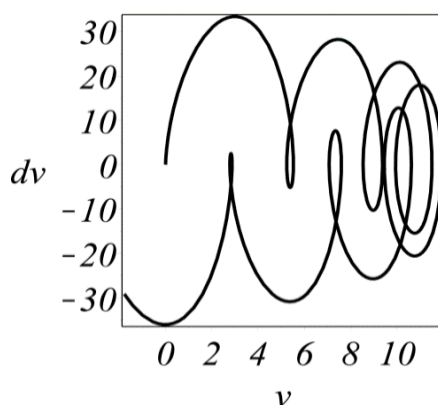


Рис. 3. Фазові траєкторії для узагальненої координати  $v(t)$ , яка відповідає значенням  $Dw(0)=18$  і  $Du(0)=13.5$

Приклад 1.  $h=2$ ;  $m_1=1$  і  $m_2=1$ . На рис. 4–8 зображені траєкторії переміщення вантажів ДМК при різних значеннях початкових умов. Щоб не завантажувати рисунок умовно буде позначено лише одне миттєве положення ДМК.

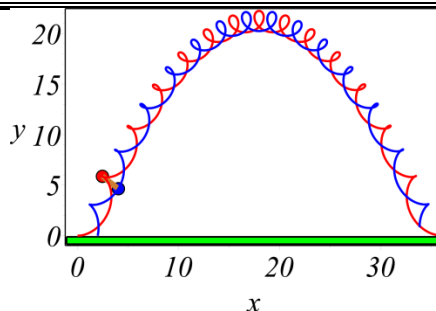


Рис. 4. Навісні траєкторії руху для початкових умов:  $w(0)=\pi/2$ ;  $Dw(0)=25$ ;  $u(0)=0$ ;  $Du(0)=10$ ;  $v(0)=0$ ;  $Dv(0)=0$ ;  $T=3.4$

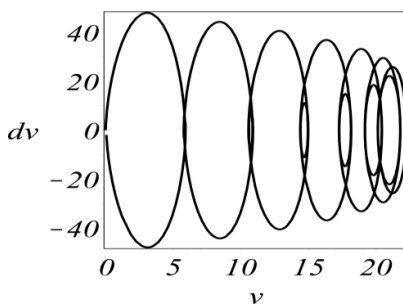


Рис. 5. Фазові траєкторії для узагальненої координати  $v(t)$ , яка відповідає значенням  $Dw(0)=25$  і  $Du(0)=10$

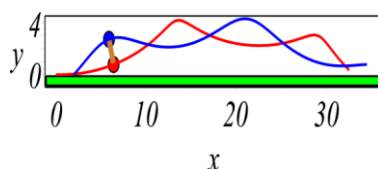


Рис. 6. Настільні траєкторії руху для початкових умов:  $w(0)=\pi/2$ ;  $Dw(0)=10$ ;  $u(0)=0$ ;  $Du(0)=25$ ;  $v(0)=0$ ;  $Dv(0)=0$ ;  $T=1.4$

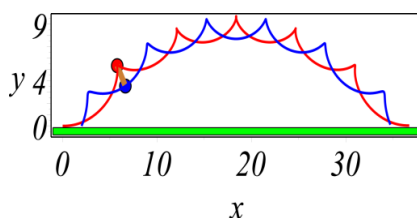


Рис. 7. Траєкторії руху для початкових умов:  $w(0)=\pi/2$ ;  $Dw(0)=16$ ;  $u(0)=0$ ;  $Du(0)=16$ ;  $v(0)=0$ ;  $Dv(0)=0$ ;  $T=2.17$

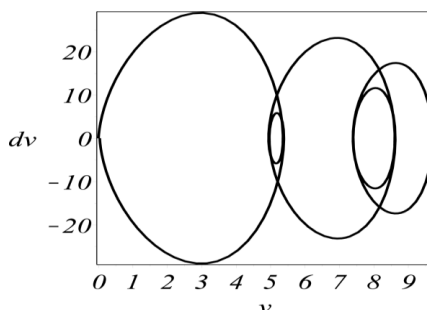


Рис. 8. Фазові траєкторії для узагальненої координати  $v(t)$ , яка відповідає значенням  $Dw(0)=16$  і  $Du(0)=16$

Результати прикладу 1 дозволяють зробити такі висновки:

1. Переміна місцями значень миттєвих швидкостей  $Dw(0)=25$  і  $Du(0)=10$  призводить до переходу від навісного до настільного способу доставки ДМК з різною кількістю її обертань.

2. Доставити ДМК на відстань, наведену у прикладі 1, можливо і за умови однакових значень миттєвих швидкостей  $Dw(0)=16$  і  $Du(0)=16$ .

3. Аналіз фазової траєкторії для узагальненої координати  $v(t)$  дозволяє оцінити швидкості переміщення ДМК.

Приклад 2. Для параметрів  $h=4$ ;  $m_1=1$  і  $m_2=1$  на рис. 9 зображено траєкторію руху ДМК з трьома однаковими початковими умовами – миттєвими швидкостями 9.25 умовних величин. Відповідна цьому випадку фазова траєкторія узагальненої координати  $v(t)$  наведена на рис. 10.

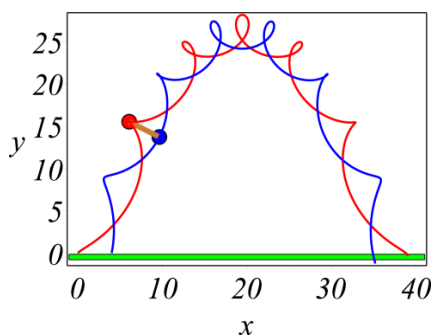


Рис. 9. Траєкторії руху для початкових умов  $w(0)=\pi/2$ ;  $Dw(0)=9.25$ ;  $u(0)=0$ ;  $Du(0)=9.25$ ;  $v(0)=0$ ;  $Dv(0)=9.25$

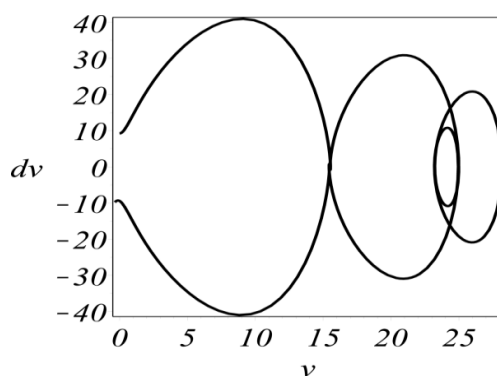


Рис. 10. Фазова траєкторія функції  $v(t)$ , що відповідає значенням  $Dw(0)=Du(0)=Dv(0)=9.25$

Схема стартового пристрою для реалізації обертово-поступального руху контейнерів гантелеподібної форми. Стартовий пристрій призначений для ініціювання переміщення ДМК у просторі в межах вертикальної площини. Вважатимемо, що вантажі ДМК мають сферичні форми. Рушіями руху пропонується використовувати вибухові імпульси піротехнічних пристроїв. Вибухову речовину бажано оформити у вигляді піропатрона (піроболта), спроможного створити спрямований вибуховий імпульс наперед заданої величини [10, 11]. Для цього необхідно передбачити у конструкції стартового пристрою затвори для кріплення піропатронів, а також спрямування вибухових імпульсів піропатронів на центри мас вантажів ДМК. На рис. 11 наведено схему стартової установки [12]. Вона має вигляд металевого кута з двома отворами, які показані в перетині вертикальною площиною.

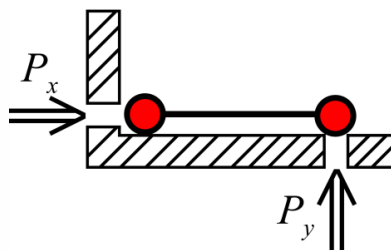


Рис. 11. Схема старту гантелі у перетині нормальною площиною

Перед стартом ДМК встановлюється на відповідні отвори. За допомогою одночасної дії вибухових імпульсів піропатронів утворюються імпульси  $P_x$  і  $P_y$  і гантель починає рухатись у вертикальній площині. Її рух матиме поступально-обертний вигляд і в польоті гантель обертатиметься навколо центру мас. Позначення умовних величин вибухових імпульсів піропатронів з врахуванням початкових умов, розглянутих вище, прийнято такі:  $P_x = D_x(0)$  і  $P_y = D_w(0)$ . Щільність прилягання до отворів сферичних поверхонь вантажів гантелі забезпечується масами вантажів.

На рис. 12 наведено етапи старту гантелі та її польоту у просторі. Показані траєкторії руху центрів мас двох вантажів, а також траєкторію руху центру мас всієї гантелі в цілому. Анімацію процесу старту можна переглянути на сайті [9].

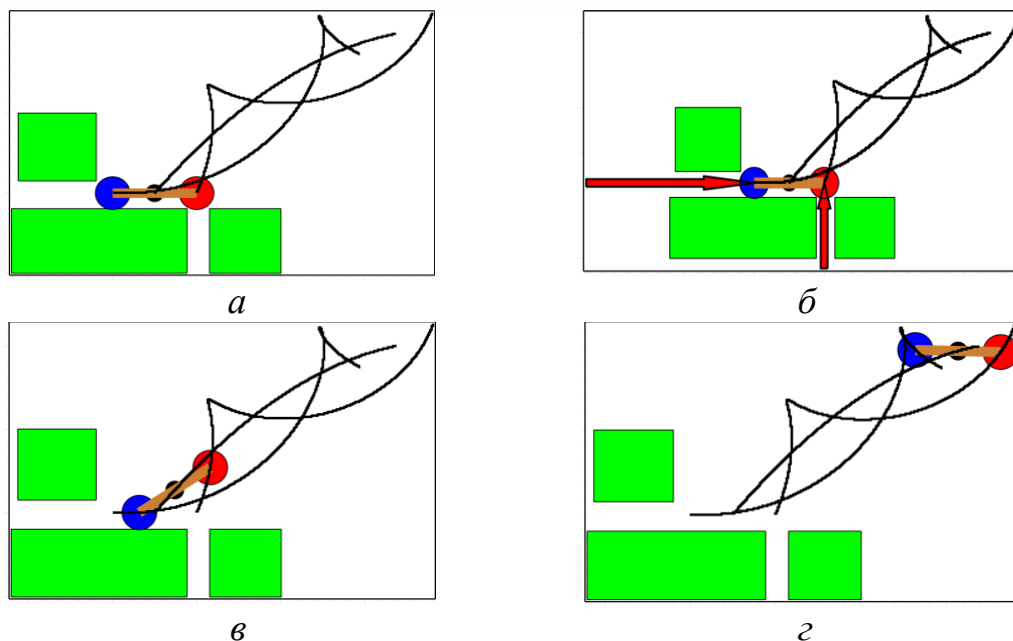


Рис. 12. Схематичні етапи старту гантелі: а – початкове положення гантелі; б – стрілками показані напрямки вибухових імпульсів піропатронів; в – початкова фаза польоту; г – поточна фаза польоту

**Висновки.** В розглянутих прикладах наведено геометричне моделювання руху гантелі як переміщення двох окремих рознесених вантажів (кінцевих точок математичного маятника). Це не зовсім стосується поняття гантелі як єдиного цілого геометричного об'єкта. Було визначено траєкторії переміщення лише центрів мас вантажів. Траєкторію переміщення центру мас всієї гантелі в цілому можна визначити посередньо за допомогою центрів



мас вантажів. Все це впливає на адекватність геометричного моделювання впливу опору повітря на траєкторію переміщення всієї гантелі. Щоб позбутися цього недоліку необхідно визначити кінетичну і потенціальну енергії гантелі в цілому. Тоді рознесені вантажі будуть поєднані енергетично. Це приведе до більш адекватного комп'ютерного моделювання переміщення гантелі. І що головне - адекватного реагування на ініціювання її руху за допомогою вибухових імпульсів піропатронів, дія яких направлена на кінцеві точки гантелі. В тому числі - переміщення з врахуванням опору повітря.

Схему стартової установки можна модифікувати. Наприклад, виконавши її для трьох типів розмірів гантель. Для цього на горизонтальній частині схеми необхідно зробити три отвори, що відповідають довжинам трьох типів гантель. Також необхідно сконструювати спеціальні затвори для піропатронів, які забезпечать безпеку використання стартової установки.

Зазначимо, що для такого стартового пристрою нема необхідності вкладати кошти в забезпечення його постійної готовності для доставки вогнегасної речовини на відстань. Крім того, такий пристрій не потребує тривалого розгортання, що особливо важливо для оперативних дій пожежних.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Дубінін Д. П., Коритченко К. В., Лісняк А. А. Технічні засоби пожежогасіння дрібнорозпилим водяним струменем. Проблемы пожарной безопасности. 2018. № 43. С. 45–53. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppb\\_2018\\_43\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppb_2018_43_10) (дата звернення 10.10.2020).

2. Murgatroyd, I. (2002). Technical Note by Ian R Murgatroyd of Forest Research. Forest and Moorland Fire Suppression. Retrieved from: [https://www.forestry.gov.uk/pdf/FCTN3.pdf/\\$FILE/FCTN3.pdf](https://www.forestry.gov.uk/pdf/FCTN3.pdf/$FILE/FCTN3.pdf) (дата звернення 10.10.2020).

3. New Atlas. The Precision Container Air Delivery System (PCADS) URL: <https://newatlas.com/the-precision-container-air-delivery-system-pcads/7635/> (дата звернення 12.10.2020).

4. Теоретична механіка-3. Загальні теореми динаміки та елементи аналітичної механіки [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студентів механіко-машинобудівного інституту напрямів підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» та 6.050503 «Машинобудування» для всіх форм навчання / НТУУ «КПІ»; уклад. О. А. Бабаєв, В. Ф. Кришталь. – текстові дані. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 82 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/23456789/17661> (дата звернення 12.10.2020).

5. Егоров А. Д., Потапова И. А. Теорема Кёнига: Простой пример URL: [https://www.researchgate.net/publication/339149106\\_TEOREMA\\_KENIGA\\_PROSTOJ\\_PRIMER](https://www.researchgate.net/publication/339149106_TEOREMA_KENIGA_PROSTOJ_PRIMER) (дата звернення 12.10.2020).

6. Wikipedia. Mass matrix. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mass\\_matrix](https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_matrix) (дата звернення 12.10.2020).

7. Kutsenko L., Semkiv O., & Zapolskiy L. Model disclosures of a four-link rod structure with a moving reference point. Modern Problems of

Modeling, (17). 2020. 47–53. URL: <https://doi.org/10.33842/2313-125X/2019/17/47/53> (дата звернення 12.10.2020).

8. Запольський Л. Л., Куценко Л. М. Геометричне моделювання переміщення в невагомості чотирьохланкового маятника з рухомою точкою кріплення. Вісник Херсонського національного технічного університету : науковий журнал. Херсон: КХНТУ, 2018. Вип. 3(66). С. 153–158.

9. Куценко Л. М., Калиновский А. Я., Поліванов О. Г. Анімаційні ілюстрації до статті "Комп'ютерне моделювання нової технології віддаленої доставки засобів гасіння пожеж" 2020. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10860> (дата звернення 13.10.2020).

10. Буянова Л. В., Журавлёв Е. И. Методика проектирования пиротехнических устройств систем отделения. Инженерный вестник. № 7. 2015. С. 56–62.

11. Пиротехническое устройство для создания ударных воздействий. 2012. URL: <https://findpatent.ru/patent/239/2394217.html> (дата звернення 12.10.2020).

12. Куценко Л. М., Калиновский А. Я., Поліванов О. Г. Геометричне моделювання способу метання для боротьби з пожежами. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Вип. 98. 2020. С. 94–103. URL: <http://dx.doi.org/10.32347/0131-579x.2020.98.94-103> (дата звернення 12.10.2020).

Л. Н. Куценко, А. Я. Калиновский, А. А. Ковалев, А. Г. Поливанов, Э. М. Полтавский

#### **Новый способ дискретной доставки огнетушащих веществ**

В новом способе дискретной доставки используется контейнер в виде двух разнесенных грузов, подобный спортивной гантели. Инициирование движения гантели осуществляется благодаря одновременной действия взрывных импульсов, направленных на каждый ее груз заранее рассчитанным образом. В результате образуется вращательно-поступательное движение контейнера. Для описания динамики движения гантели определен лагранжиан, а также составлена и решена система дифференциальных уравнений Лагранжа второго рода.

**Ключевые слова:** взрывные импульсы, контейнер, дискретная доставка огнетушащих веществ.

L. Kutsenko, A. Kalinovskyi, O. Kovalev, O. Polivanov, E. Poltavski

#### **A new method for discrete delivery of fire extinguishing agents**

The new method of discrete delivery uses a container in the form of two spaced loads, similar to a sports dumbbell. The dumbbell movement is initiated by the simultaneous action of explosive impulses directed at each of its loads in a pre - calculated way. As a result, a rotational-translational movement of the container is formed. To describe the dynamics of the dumbbell movement, the Lagrangian is defined, and a system of Lagrange differential equations of the second kind is compiled and solved.

**Keywords:** explosive impulses, container, discrete delivery of fire extinguishing agents.