

УДК 514.18 + 614.842

## РОЗРОБКА МОДЕЛІ КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ НОВОГО СПОСОБУ ДОСТАВКИ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН

Калиновський А.Я., к.т.н.,

[kalinovskiy.a@nuczu.edu.ua](mailto:kalinovskiy.a@nuczu.edu.ua), ORCID: 0000-0002-1021-5799

Національний університет цивільного захисту України (м. Харків, Україна)

*Запропонована геометрична модель контейнера для нового способу доставки вогнегасної речовини в зону пожежі, розташованої на значній відстані. Ідея доставки основана на механічній операції метання. Для цього речовину (наприклад, вогнегасний порошок) поміщають у тверду оболонку – спеціальний контейнер. Після доставки до місця пожежі контейнер повинен зруйнуватися і вивільнити речовину, що сприятиме гасінню пожежі.*

*У відомому способі віддаленої доставки вогнегасної речовини використовується пневматична гармата з контейнером циліндричної форми. В процесі доставки циліндр повинен обертатися навколо своєї осі для забезпечення стійкості руху. При цьому виникають складнощі регулювання розподілу потоків стисненого повітря в дулі гармати.*

*У новому способі доставки використовується контейнер, який складається з двох сферичних ємностей, сполучених стержнем (подібно гантелі). Ініціювання обертково-поступального руху гантелі у вертикальній площині здійснюється завдяки дії вибухових імпульсів, спрямованих на кожний її вантаж заздалегідь розрахованим чином.*

*Запропонований спосіб віддаленої доставки вогнегасної речовини, упаковану в оболонку гантелеподібної форми, вимагає досліджень конструкції елементів гантелі. Необхідно поєднати розв'язки декількох задач з суперечливими вимогами. По-перше, конструкція гантелі повинна бути міцною і витримати стартові зусилля, створені вибуховими імпульсами піропатронів. По-друге, конструкція повинна забезпечити її миттєве руйнування після доставки до зони пожежі. І, по-третє, конструкція гантелі повинна забезпечити зручну технологію наповнення ємностей вогнегасними речовинами. Розв'язання цієї задачі пропонується здійснити за допомогою одного з многогранних тіл Архімеда.*

*Можливість роздільної доставки двох вогнегасних речовин завдяки наявності двох сферичних ємностей гантелі дозволить започаткувати нову технологію пожежогасінні. Вона базується на тому, що для збільшення ефекту гасіння деякі хімічні речовини доцільно поєднувати і змішувати безпосередньо в зоні пожежі.*

*Ключові слова: гантелеподібна форма контейнеру, обертково-поступальний рух контейнера, елементи гантелеподібного контейнера.*

**Постановка проблеми.** Проблема ліквідації масштабних пожеж пов'язана з двома ключовими моментами – розробкою вискоєфективних вогнегасник речовин, а також із способами їх доставки в зону горіння. Частіше доставка на велику відстань вогнегасних засобів здійснюється за допомогою пристрою для метання типу пневматичної гармати. Для цього речовину (вогнегасний порошок) поміщають у спеціальну тверду оболонку – контейнер, який після його доставки до місця пожежі повинен зруйнуватися і вивільнити речовину і цим сприяти гасінню пожежі. Тому актуальними будуть питання розробки нового способу доставки вогнегасної речовини до віддаленої зони загоряння. Нами обрано гантелеподібну форму контейнера. Тобто форму, подібну спортивній гантелі. Вона складається з двох сферичних ємностей, сполучених стержнем. Наявність двох сферичних ємностей дозволить здійснити роздільну доставку двох вогнегасних речовин. Доцільність цього базується на тому, що існують хімічні речовини, які необхідно поєднати безпосередньо в зоні пожежі (після руйнування контейнера). Завдяки такому поєднанню збільшиться ефект їх дії по ліквідації пожежі. При цьому виникає проблема конструювання елементів контейнера. Необхідно погодити розв'язки декількох задач з суперечливими вимогами. По-перше, конструкція гантелі повинна бути міцною і витримувати стартові навантаження, створені вибуховими імпульсами піропатронів. По-друге, конструкція повинна забезпечити її миттєве руйнування після доставки до зони пожежі. І, по-третє, конструкція гантелі повинна забезпечити зручну технологію наповнення ємностей гантелі вогнегасними речовинами.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В роботах [1-4] запропоновано геометричне моделювання доставки вогнегасних речовин з використанням контейнерів у вигляді гантелі. Прототипом запропонованого способу доставки контейнерів можна вважати використання пневматичної гармати. В роботах [5-8] наведено дослідження, пов'язані з конструктивними особливостями стволової установки. Показано, що в процесі доставки для стійкості руху згідно основ балістики циліндр повинен обертатися навколо своєї осі. Початковий імпульс обертання циліндричному контейнеру надає спеціальна турбіна. Але залишилися невирішеними питання, пов'язані з надійністю пристрою для розподілу в стволі гармати потоку повітря, що впливає на його функціонування.

Тому актуальним буде розробка нового способу доставки вогнегасної речовини до віддаленої зони загоряння. Застосування контейнеру з двома ємностями дозволить реалізувати роздільну доставки двох вогнегасних речовин. Наявність двох сферичних ємностей гантелі дозволить започаткувати нову технологію пожежогасінні. Вона базується на тому, що для збільшення ефекту гасіння деякі хімічні речовини доцільно поєднувати і змішувати безпосередньо в зоні пожежі.

**Формулювання цілей статті.** Розробити геометричну модель твердої оболонки контейнера гантелеподібної форми для нового способу доставки в зону віддаленої пожежі вогнегасної речовини.

**Основна частина.** Суттєвим в новому способі є те, що контейнер складається з двох рознесених вантажів. Тому ініціювання руху гантелі можна здійснити шляхом одночасної дії направлених вибухових імпульсів, спрямованих на центри мас кожного з її вантажів [1-3]. В результаті одержимо обертово-поступальний рух контейнера (рис.1). Анімацію процесу старту при різних значеннях величин вибухових імпульсів можна переглянути на сайті [4]. На рис. 2 наведено схему стартової установки, яка має вигляд металевого кута з двома отворами; на рисунку їх показано в перетині вертикальною площиною. За допомогою одночасної дії вибухових імпульсів піропатронів утворюються імпульси  $P_x$  і  $P_y$  і гантель починає рухатись у вертикальній площині.

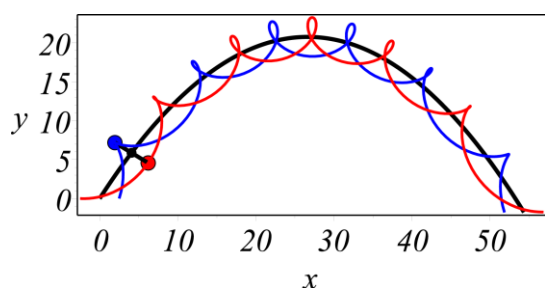


Рис. 1. Траєкторії руху центрів мас вантажів гантелі

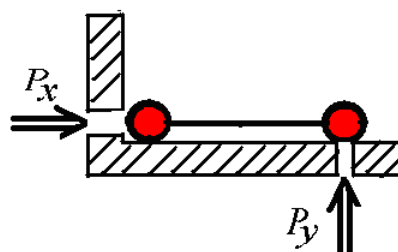


Рис. 2. Схема стартової установки у перетині нормальною площиною

Запропонований спосіб віддаленої доставки вогнегасної речовини, упаковану в оболонку гантелеподібної форми, вимагає досліджень стосовно конструкції «сферичних» елементів гантелі. Необхідно розв'язати декілька задач з суперечливими вимогами.

По-перше, конструкція гантелі повинна бути міцною і витримати стартові напруги, створені вибуховими імпульсами піропатронів. По-друге, конструкція гантелі повинна забезпечити її миттєве руйнування після доставки до зони пожежі. І по-третє, конструкція гантелі повинна забезпечити зручну технологію наповнення ємностей гантелі вогнегасними речовинами.

Отже, ключовим питанням нової технології доставки є вибір матеріалу для виготовлення корпусу гантелі. Він повинен бути міцним і протидіяти руйнуванню під час старту. А з іншого боку – який би легко руйнувався в зоні пожежі внаслідок удару або під впливом її температури.

В якості оболонок для наповнення вогнегасними речовинами гантелі пропонується використати різновиди многогранних тіл Архімеда [9-13]. Наприклад, на рис. 3 зображено два тіла, які у літературі прийнято називати плосконосими ромбоікосидодекаедрами.

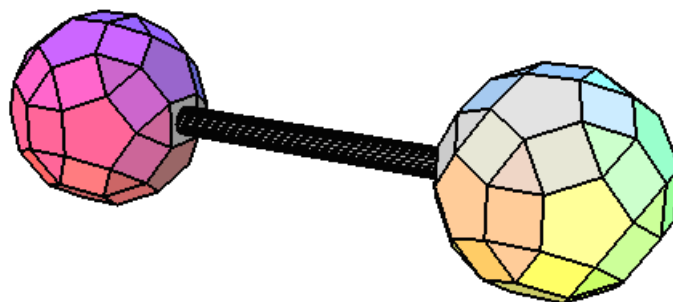


Рис. 4. Гантель, поверхню якої утворює пара плосконосих ікосододекаедрів (спрощених)

Ромбоікосидододекаедр можна трансформувати у інше многогранне тіло Архімеда (рис. 5), яке у літературі прийнято називати плосконосим (або кирпатим) ікосододекаедром (Snub dodecahedron). На рис. 6 зображена його розгортка для виготовлення (складання) поверхні цього тіла [9-13].

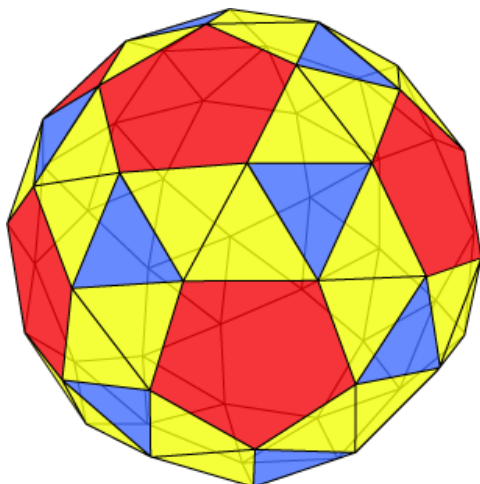


Рис. 5. Плосконосий Ікосододекаедр

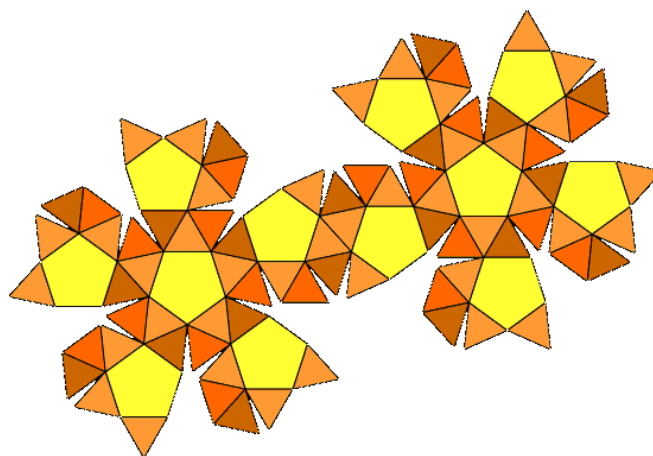


Рис. 6. Розгортка плосконосого ікосододекаедра

Плосконосий ікосододекаедр є одним із тринадцяти многогранних тіл Архімеда. У нього 92 грані двох видів: 12 правильних п'ятикутників і 80 рівносторонніх трикутників. Також у нього 150 ребер і 60 вершин. Ікосододекаедр відрізняється від ромбоікосидододекаедра поділом ромбовидних граней на два трикутника. Такий поділ наближає поверхню плосконосого ікосододекаедра до поверхні кулі. Плосконосий ікосододекаедр має найвищу сферичність із всіх архімедових тіл.

Для плосконосого ікосододекаедра з довжиною ребра одиниця площа поверхні дорівнює  $A = 20\sqrt{3} + 3\sqrt{25 + 10\sqrt{5}} \approx 55,2867$ , а об'єм обчислюється за складнішою формулою і дорівнює  $V = 37,6166$ .

Декартові координати для курного ікосододекаедра з центром в початку координат являються парні перестановки координат зі зміною знака [ 12]:

$$(2A, 2, 2B); (A + B / \varphi + \varphi, -A\varphi + B + 1 / \varphi, A / \varphi + B\varphi - 1);$$

$$(A + B / \varphi - \varphi, A\varphi - B + 1 / \varphi, A / \varphi + B\varphi + 1);$$

$$(-A / \varphi + B\varphi + 1, -A + B / \varphi - \varphi, A\varphi + B - 1 / \varphi);$$

$$(-A / \varphi + B\varphi - 1, A - B / \varphi - \varphi, A\varphi + B + 1 / \varphi),$$

де  $\varphi = (1 + \sqrt{5}) / 2$  - золотий перетин,  $A = \xi - 1 / \xi$ ;  $B = \xi\varphi + \varphi^2 + \varphi / \xi$ ,  
 $\xi = 1,7156$ .

Ці формули покладені в основу Maple- програми визначення координат вершин ікосододекаедра з метою розв'язання позиційних та метричних задач.

На практиці, на відміну від використання розгортки на площині, пропонується створювати поверхню умовно плосконосого ікосододекаедра (рис. 7) за допомогою його складання з елементів граней [9] (рис. 8).



Рис. 7. Умовний плосконосий ікосододекаедр, складений з граней

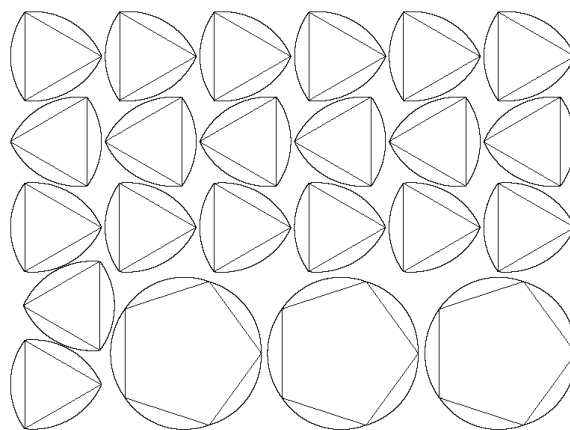


Рис. 8. Набір граней для складання плосконосого ікосододекаедра

Така конструкція дозволяє задовольнити суперечливим вимогам при розв'язанні поставленої задачі - розробити геометричну модель твердої оболонки як частини контейнера гантелеподібної форми для нового способу доставки в зону віддаленої пожежі вогнегасної речовини.

А саме, таку конструкцію ємності гантелі можна створити міцною завдяки виготовлення набору граней з тугоплавкого матеріалу. Наприклад, з листового спеціального металу. Далі, необхідно забезпечити поєднання граней завдяки розробці відповідного спеціального кріплення. Це дозволить витримати значні стартові зусилля, створені вибуховими імпульсами піропатронів. Грані для складання плосконосого ікосододекаедра можна виготовити способом штампуванням. Для одного екземпляра плосконосого ікосододекаедра весь комплект граней забезпечується чотирма металевими листами з розмітками, зображеними на рис. 8.

Попарне кріплення граней доцільно здійснити за допомогою пристрою типу степлера з використанням міцної, але легкоплавкої спеціальної ліски. Завдяки впливу високої температури така конструкція

забезпечить миттєве руйнування поверхні після її доставки до зони пожежі. Звільнена вогнегасна речовина сприятиме гасінню пожежі. Ефект гасіння посилиться завдяки поєднанню звільнених вогнегасник речовин з обох ємностей контейнера.

Крім того, запропонована конструкція ємності гантелі забезпечить зручну технологію її наповнення вогнегасними речовинами. Для цього необхідно залишити отвір, тимчасово не використовуючи одну з граней. Після наповнення речовиною грань закріплюється на місце. До переваг використання контейнера у вигляді умовного плосконого ікосододекаедра слід віднести можливість багаторазового використання граней при його складанні.

В теоретичному плані плосконосий (кирпатий) додекаедр одержується при послідовному зрізанні кожної з вершин ромбоусіченого ікосододекаедра [14]. У результаті виходить напівправильний опуклий многогранник з такими властивостями: а) всієї грані є правильними многокутниками двох типів - п'ятикутник і трикутник; б) для будь-якої пари вершин існує симетрія многогранника (тобто рух, що переводить многогранник у себе); при цьому одна вершина буде переводитися в іншу.

При дослідженні картонної моделі многогранника можна виявити її жорсткість. Жорсткість моделі не випадкова, вона обумовлена існуючими зв'язками між гранями багатогранника. Питання про жорсткість многогранника виявиться актуальним при подальшому дослідженні міцності конструкції ємностей гантелі.

**Висновки.** Наявність двох сферичних ємностей гантелі дозволить здійснити роздільну доставку до зони пожежі двох вогнегасних речовин. Поєднання яких посилить ефект ліквідації пожежі. Наприклад, поєднання речовин при утворенні гексафториду сірки може гасити вогонь. Адже гексафторид сірки в п'ять разів щільніший повітря. Він повинен витіснити інші гази в атмосфері, такі як кисень, а це значить, що він допоможе гасити вогонь.

В якості оболонок для наповнення вогнегасними речовинами «сферичних» елементів гантелі пропонується використати різновид многогранного тіла Архімеда. На відміну від традиційного використання розгортки на площині для його утворення, пропонується утворювати поверхню за допомогою її складання з елементів граней. Необхідні властивості такої оболонки забезпечать міцність спеціальних матеріалів елементів граней і ліски для їх поєднання, а також легкоплавкість матеріалу ліски.

### *Література*

1. Куценко Л.М., Калиновський А.Я., Поліванов О.Г. Геометричне моделювання способу метання для боротьби з пожежами. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 98. С.94-103.



2. Kutsenko L, Vanin V., Naidysh A., Nazarenko S., Kalynovskyi A., Cherniavskyi A., Shoman O., Semenova-Kulish V., Polivanov O., Sivak E. Development of a geometrics mode of a new method for delivering extinguishing substances to a distant fire zone. Eastern-European Journal of Enterprise Technol.: Applied mechanics. 2020. Vol. 4, No.7. (106) P. 88-102.
3. Куценко Л.М., Калиновський А.Я., Адашевська І.Ю., Шеліхова І.Б. Моделювання доставки вогнегасних речовин з використанням контейнерів у вигляді гантелі. *Сучасні проблеми моделювання. Технічні науки*. Мелітополь, 2020. Вип.20. С.136-143.
4. Куценко Л.М., Калиновський А.Я., Поліванов О.Г. Анімаційні ілюстрації до статті "Комп'ютерне моделювання нової технології віддаленої доставки засобів гасіння пожеж", 2020, Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10860>
5. Царев А.М., Жуйков Д.А. Вопросы внешней баллистики полета контейнера для доставки огнетушащих составов в контейнерах методом метания с применением установок пожаротушения стволового типа. Известия Самарского научного центра РАН. 2007. Т.9. №3. С.786 – 795.
6. Царев А.М., Жуйков Д.А. Механика действия перспективных огнетушащих составов в установках пожаротушения стволового типа контейнерной доставки методом метания. Известия Самарского научного центра РАН. 2007. Т.9. №3. С. 771 – 785.
7. Каришин А.В., Царев А.М., Степанюченко В.С. Применение высокодисперсных порошковых огнетушащих составов в контейнерах для метания в установках пожаротушения стволового типа. Известия Самарского научного центра РАН. 2010. Т.12, №1(9). С. 2239-2245.
8. Царев А.М. Стволовые установки пожаротушения контейнерного метания огнетушащих веществ. Экология и промышленность России. 2012. № 6. С. 4-9.
9. Paper Models of Polyhedra. Paper Snub Dodecahedron.  
URL: <https://www.polyhedra.net/en/model.php?name-en=snub-dodecahedron>
10. Snub dodecahedron. How to make pdf template  
URL: <https://polyhedr.com/snub-dodecahedron.html>
11. Snub Dodecahedron, Wolfram Web Resources  
URL: <https://mathworld.wolfram.com/SnubDodecahedron.html>
12. Snub dodecahedron From Wikipedia, the free encyclopedia  
URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Snub\\_dodecahedron](https://en.wikipedia.org/wiki/Snub_dodecahedron)
13. Instructables craft. Making a Snub Dodecahedron  
URL: <https://www.instructables.com/Making-a-Snub-Dodecahedron/>
14. Плосконосый (курносый) додекаэдр  
URL: <https://mnogogranniki.ru/ploskonosyj-kurnosyj-dodekaedr.html>

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ НОВОГО СПОСОБА ДОСТАВКИ ОГнетушащих Веществ

Калиновский А.Я.

*Предложенная геометрическая модель контейнера для нового способа доставки огнетушащего вещества в зону пожара, расположенного на значительном расстоянии. Идея доставки основана на механической операции метания. Для этого вещество (например, огнетушащий порошок) помещают в твердую оболочку – специальный контейнер. После доставки к месту пожара контейнер должен разрушиться и высвободить вещество, которое будет оказывать содействие при тушении пожара.*

*В известном способе отдаленной доставки огнетушащего вещества используется пневматическая пушка с контейнером цилиндрической формы. В процессе доставки цилиндр должен вращаться вокруг своей оси для обеспечения устойчивости движения. При этом возникает сложность регулирования распределения потоков сжатого воздуха в дуле пушки. В новом способе доставки используется контейнер, который состоит из двух сферических емкостей, соединенных стержнем (подобно гантели). Иницирование вращательно-поступательного движения гантели осуществляется благодаря одновременному воздействию взрывных импульсов, направленных на каждый ее груз заранее рассчитанным образом. Предложенный способ отдаленной доставки огнетушащего вещества, упакованного в оболочку гантелеподобной формы, требует исследований конструкции элементов гантели. Необходимо объединить решения нескольких задач с противоречивыми условиями. Во-первых, конструкция гантели должна быть крепкой и выдерживать стартовые усилия, созданные взрывными импульсами пиропатронов. Во-вторых, конструкция должна обеспечить ее мгновенное разрушение после доставки в зону пожара. И, в-третьих, конструкция гантели должна обеспечить удобную технологию наполнения емкостей огнетушащими веществами. Для решения этой задачи предлагается использовать одно из многогранных тел Архимеда.*

*Возможность раздельной доставки двух огнетушащего веществ благодаря наличию двух сферических емкостей гантели позволяет разработать новую технологию пожаротушения. Она базируется на том, что для увеличения эффекта гашения некоторые химические вещества целесообразно объединять и смешивать непосредственно в зоне пожара.*

*Ключевые слова: гантелеподобная форма контейнера, вращательно-поступательное движение контейнера, элементы гантелеподобного контейнера.*



## **DEVELOPMENT OF A CONTAINER MODEL FOR A NEW METHOD OF DELIVERY OF FIRE EXTINGUISHES**

Andrii Kalinovsky

*The proposed geometric container model for a new way to deliver a fire extinguishing agent into a fire zone located at a considerable distance. The shipping idea is based on a mechanical process of throwing. For this, the substance (for example, the fire extinguishing powder) is placed in a solid shell - a special container. After delivery to the place of fire, the container should be collapsed and released a substance that will assist when steaming a fire.*

*In the known method of remote delivery of the fire extinguishing agent, a pneumatic gun with a cylindrical container is used. In the process of delivery, the cylinder should rotate around its axis to ensure the stability of the movement. At the same time, the difficulty of regulating the distribution of compressed air flows in the dule of cannons.*

*In a new delivery method, a container is used, which consists of two spherical tanks connected by a rod (like dumbbells). The initiation of the rotational and progressive movement dumbbells is carried out by simultaneously exposure to explosive pulses aimed at each cargo in advance.*

*The proposed method of remote delivery of a fire extinguishing agent, packed into the shell of a dumbbell-like form, requires studies of the design of the elements of the dumbbells. It is necessary to combine solutions of several tasks with contradictory conditions. First, the design of the dumbbells should be strong and withstand the starting force created by explosive pulses of sickness. Secondly, the design should provide its instant destruction after delivery to the fire zone. And, thirdly, the design of the dumbbells should provide a convenient technology of filling the containers with fire extinguishes. To solve this problem, it is proposed to use one of the multifaceted bodies of Archimedes.*

*The possibility of separate delivery of two fire extinguishing substances due to the presence of two spherical tanks dumbbells allows you to develop a new fire extinguishing technology. It is based on the fact that in order to increase the effect of quenching, some chemicals should be combined and mixed directly in the fire zone.*

*Keywords: a dumbbell form of a container, a rotational and progressive movement of the container, elements of a dumbbell container.*

### **Referenses**

1. Kutsenko, L.M., Kalynovs'kyi, A.YA., Polivanov, O.H. (2020) Geometric moduluanna is a way of methane to fight with the same. *Prykladna heometriya ta inzhenerna hrafika*. Kyiv: KNUBA, 98, 94-103
2. Kutsenko L, Vanin V., Naidysh A., Nazarenko S., Kalynovskyi A., Cherniavskyi A., Shoman O., Semenova-Kulish V., Polivanov O., Sivak E. (2020) Development of a geometrics mode of a new method for delivering

- extinguishing substances to a distant fire zone. *Eastern-European Journal of Enterprise Technol.: Applied mechanics*. 4, 7 (106), 88-102 . [in English]
3. Kutsenko L.M., Kalynovsky A.YA., Adashevskaya I.Y., Shelikhova I.B. (2020) Modeling the delivery of fire extinguishers using containers in the form of dumbbells. *Suchasni problemy modelyuvannya*. Melitopol, 20, 136-143. [in Ukrainian]
  4. Kutsenko, L.M., Kalynovskyy, A.Y., Polivanov, O.H. (2020) Animated illustrations for the article "Computer simulation of a new technology for remote delivery of fire extinguishing equipment", Retrieved from: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10860>.
  5. Tsarev, A.M., Zhuykov, D.A. (2007) Issues of external ballistics of the container flight for delivery of fire extinguishing trains in containers by throwing with the use of barrel-type firefighting units. *Yzvestyia Samarskoho nauchnoho tsentra RAN*, 9, 3, 786 – 795. [in Russian]
  6. Tsarev, A.M., Zhuykov, D.A. (2007) The mechanics of the action of prospective fire extinguishing compounds in the installations of barrel-type firefighting type of container delivery by throwing. *Yzvestyia Samarskoho nauchnoho tsentra RAN*, 9, 3, 771 – 785. [in Russian]
  7. Karyshyn, A.V., Tsarev, A.M., Stepanyuchenko, V.S. (2010) Use of high-dispersal powdered fire extinguishing compounds in containers for throwing in barrel-type firefighting units. *Yzvestyia Samarskoho nauchnoho tsentra RAN*, 12, 1(9), 2239-2245. [in Russian]
  8. Tsarev, A.M. (2012) Stem-fighting units of container-throwing fire extinguishing substances. *Ékologyya y promyshlennost' Rossyy*, 6, S. 4-9. [in Russian]
  9. Paper Models of Polyhedra. Paper Snub Dodecahedron.  
Retrieved from: <https://www.polyhedra.net/en/model.php?name-en=snub-dodecahedron>
  10. Snub dodecahedron. How to make pdf template.  
Retrieved from: <https://polyhedr.com/snub-dodecahedron.html>
  11. Snub Dodecahedron, Wolfram Web Resources.  
Retrieved from: <https://mathworld.wolfram.com/SnubDodecahedron.html>
  12. Snub dodecahedron From Wikipedia, the free encyclopedia  
Retrieved from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Snub\\_dodecahedron](https://en.wikipedia.org/wiki/Snub_dodecahedron).
  13. Instructables craft. Making a Snub Dodecahedron.  
Retrieved from: <https://www.instructables.com/Making-a-Snub-Dodecahedron/>
  14. Ploskonosyy (kurnosyy) dodekaedr.  
Retrieved from: <https://mnogogranniki.ru/ploskonosyj-kurnosyj-dodekaedr.html>