

УДК 629.735.33

DOI: <https://doi.org/> <https://doi.org/10.20535/0203-3771462023299508>

С. В. Радченко<sup>1</sup>, бакалавр, Д. І. Конотоп<sup>2</sup>, к.т.н., старший викладач

## **ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТВОРЕННЯ МЕХАНІЗМУ СКИДАННЯ КВАДРОКОПТЕРА СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

**Ua** За допомогою програм 3D проектування та моделювання моделі було створено скидальний механізм для квадрокоптера спеціального призначення. Метою роботи була розробка механізму скидання для квадрокоптера який поєднає в собі простоту, широкі можливості до модернізації, легкість обслуговування, доволі значну вагу корисного навантаження та що саме головне низьку вартість виготовлення установки та її універсальність.

**En** This article described the concept of a dropping mechanism for a special purpose quadcopter using graphical design methods. Also described is the information support for the creation of a dropping mechanism for special purpose quadcopters with wide modification possibilities, ease of maintenance of the dropping mechanism, and most importantly - with a low cost in the execution of the mechanism.

The article described the developed and implemented dropping mechanism for special-purpose quadcopters with a wide range of modernization possibilities and fairly easy operational characteristics, namely: the dropping mechanism is designed to deliver cargo with a payload of up to 8 kg. During the implementation of the project, information support for the creation of a dropping mechanism for special-purpose quadcopters was described, in particular: a graphical calculation of the strength of the dropping mechanism under the conditions of payloads of different weights was performed and it was found that with a payload of up to 8 kg, the

---

<sup>1</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

<sup>2</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського

structure of the dropping mechanism can withstand the required load.

A 3D model of the dropping mechanism was made, which combines ease of maintenance and wide possibilities for modernization. After the analysis of existing mechanisms, the basic form factor of the mechanism and its purpose were determined.

Focusing on the calculations and construction of the developed dropping mechanism, an experimental model of the dropping mechanism was made using 3D printing.

## **Вступ**

Квадрокоптери спеціального призначення з механізмом скидання – це один із найпопулярніших видів літальних апаратів (ЛА), який зазвичай є вузькоспеціалізованим та призначеним для доставки різноманітних вантажів до важкодоступних місць.

За основу даного сегменту ЛА було взято спеціально призначений механізм скидання, найпершим завданням якого є скидання вантажів у заздалегідь визначених або встановлених місцях за координатами або у відповідних точках, що знаходяться у візуальній їх видимості [1 – 3].

Загалом, квадрокоптери з механізмом скидання використовуються у наступних сферах:

- Доставка різних вантажів: ЛА з механізмом скидання можуть виконувати доставку продуктів харчування, медикаментів, військового обладнання тощо. Квадрокоптери можуть бути оснащені різними типами механізмів, які будуть описані далі.
- Доставка обладнання будь-якого призначення: ЛА з механізмом скидання впевнено можуть виконувати доставку дронів меншого розміру, камер та будь-якого обладнання, що не перевищує вантажопідйомність зазначеного ЛА.
- Знешкодження пожеж у важкодоступних місцях розповсюдження вогню: ЛА із механізмом скидання виконують доставку матеріалів для усунення пожежі таких як вода, піна, порошок для гасіння тощо. ЛА можуть бути оснащені спеціальним механізмом скидання, що дозволить так само гасити пожежі методом безпосереднього розпилення матеріалів для пожежогасіння.
- Медична допомога: ЛА із механізмом скидання виконують доставку медичних препаратів, таких як: вакцини, кров тощо. Також ЛА можуть бути оснащені спеціальними скидальними механізмами, метою яких є безпечна та швидка доставка лікарського обладнання у важкодоступні місця, де відсутній доступ до медичної допомоги.

**Постановка задачі**

Основна задача – створення та відображення концепції скидального механізму для квадрокоптера спеціального призначення із застосуванням графічних методів проектування; опис інформаційного забезпечення створення механізму скидання із широкими можливостями модифікації, легкістю його обслуговування та найголовніше – із низькою вартістю виготовлення механізму.

**Розробка механізму скидання для квадрокоптера спеціального призначення**

Після визначення основних цілей, які повинен виконувати квадрокоптер із механізмом скидання, можна розпочати розробку експериментальної моделі скидального механізму.

Розробка експериментальної моделі ЛА із механізмом скидання є основна частина у процесі проектування та розробки подібного типу квадрокоптерів.

Розробка експериментальної моделі дозволить визначити найкращі шляхи для побудови працездатного механізму скидання у реальних умовах, виявити потенційні проблеми під час побудови та шляхи їх вирішення.

Для коректного виконання процесу проектування ЛА із механізмом скидання необхідно визначити наступне [4]:

- *Визначення типу ЛА та конструкції механізму*: на даному етапі проектування необхідно визначити тип побудови ЛА та конструкцію механізму, які залежать від поставлених завдань, що повинен виконувати механізм; визначити необхідну вантажопідйомність та інші фактори, які будуть впливати на політ ЛА.
- *Визначення параметрів та розробка ескізу скидального механізму*: на цьому етапі необхідно виконати розробку ескізного проекту механізму; а також під час проектування буде визначено основні елементи скидального механізму та процес їх взаємодії.
- *Визначення та розробка конструкторської документації*: виконується розробка конструкторської документації, яка складається із креслень, специфікацій та інших необхідних документів для проектування.
- *Виготовлення експериментальної моделі ЛА, спираючись на попередні пункти проектування*: виготовляється експериментальна модель скидального механізму із використанням вибраних матеріалів та технологій; надалі, у разі комбінування всіх зазначених пунктів проектування буде визначено модель механізму для серійного виробництва.
- *Перехід до випробувань механізму та визначення переваг установки над конкурентами*: На даному етапі проектування виконується випробування виготовленого механізму та перевірка його на працездатність.

Для завершення розробки експериментальної моделі скидального механізму необхідно скомбінувати два методи, а саме, метод моделювання (даний метод передбачає використання комп'ютерного моделювання для дослідження працездатності моделі механізму) та метод виготовлення прототипу (даний метод передбачає фізичне виготовлення прототипу скидального механізму із використанням визначених матеріалів та технологій, які в подальшому буде задіяно для серійного виробництва ЛА із механізмом скидання).

В даних методах проектування є свої переваги та недоліки. Головніми перевагами даних методів є :

- виявлення працездатності механізму в реальних умовах,
- виявлення потенційних проблем у роботі скидального механізму;
- можливість оптимізувати конструкцію вибраного механізму.

Однак, в даних методах є свої недоліки:

- ресурсні витрати на виготовлення експериментальної моделі;
- використаний час на її виготовлення.

Не дивлячись на недоліки даних методів проектування, їхні переваги є більш вагомими під час проектування.

В ході виконання роботи було визначено, що ЛА з механізмом скидання буде виконувати перевезення вантажу у важкодоступні місця. Оптимальною вантажопідйомністю було визначено вагу до 8 кг. Для повного виконання задач ЛА оптимальний час польоту за максимального навантаження дорівнює 40 хвилин.

Для механізму скидання було взято за основу аналогії з механічним механізмом скидання із пневматичним гальмом (запобіжником).

В якості сервоприводу для виконання поставлених задач було вибрано сервопривід *KST DS 135 MG*, який повністю задовольняє за ціною. У процесі моделювання було переглянуто ряд матеріалів для виготовлення каркасу скидального механізму. Зазначимо, що під час вибору матеріалу було враховано всі необхідні параметри для побудови механізму, а саме, його розмір та вага, корисне навантаження, на яке розрахований механізм скидання та бюджет, на який розрахований проект. Тому, після ретельного аналізу матеріалів, в якості матеріалу для реалізації механізму скидання було обрано пластик.

Основними передумовами для вибору даного матеріалу стала його довговічність, міцність, легкість, ціна та надійність.

У ході виконання роботи визначено, що скидальний механізм буде виготовлено у вигляді підвісу до основної рами квадрокоптера, що дозволить інстальовати скидальний механізм на велику кількість моделей ЛА без суттєвих змін конструкції.

Скидальний механізм використовує технологію механічного скиду із пневматичним гальмом. Зазначений вище сервопривід *KST DS 135 MG*

з'єднаний із направляючою, яка фіксує люльку скиду. Після того, як сервопривід отримує сигнал готовності для скидання, люлька відкривається та закріплений вантаж вилітає до своєї цілі.

Приклад розробленого скидального механізму окремо від квадрокоптера та у сукупності з ним зображено на рис. 1 та рис. 2 відповідно.

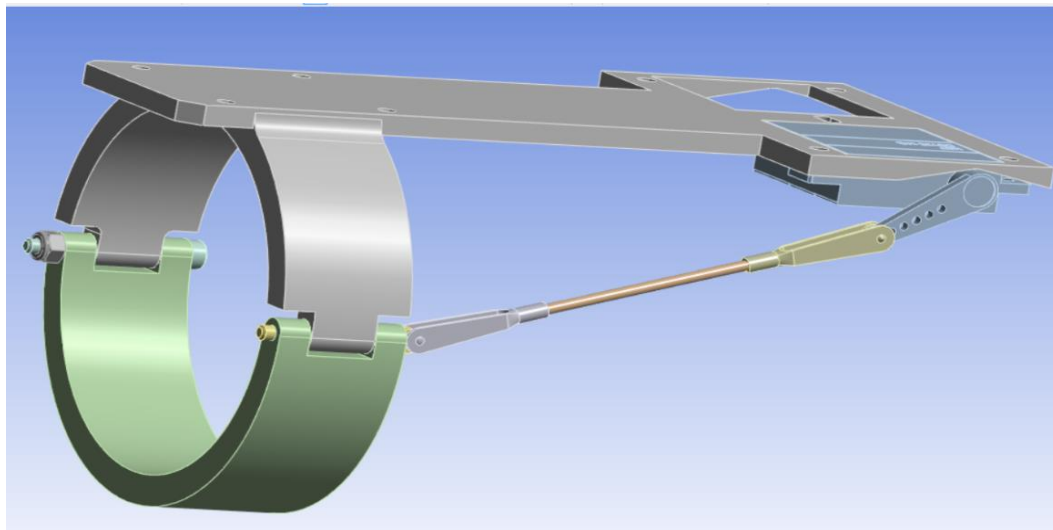


Рис. 1. 3D модель розробленого скидального механізму

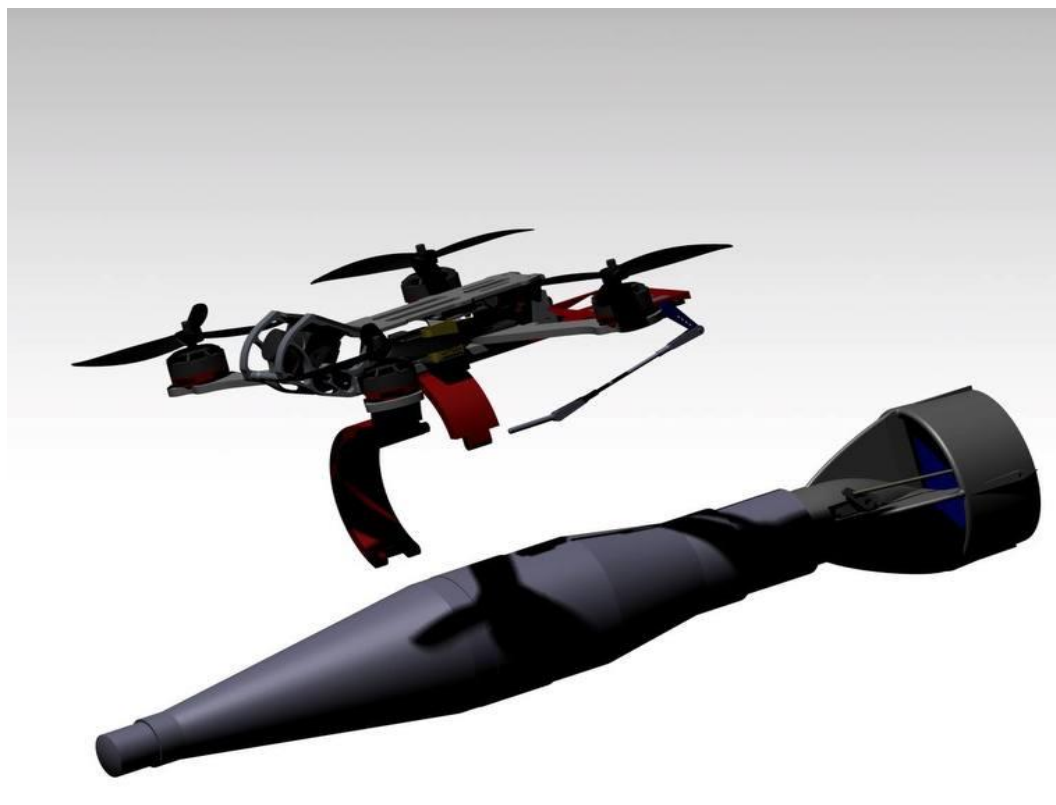


Рис. 2. Скидальний механізм разом з квадрокоптером (люлька відкрита)

Відповідно до розробленої 3D моделі було виконано тестовий зразок скидального механізму для квадрокоптеру із платику, призначеного для 3D друку. Для реалізації 3D друку було використано програму *PrusaSlicer* [5 - 7]. У програмі *PrusaSlicer* було обрано відповідні значення для друку, які відображені на рис. 3.

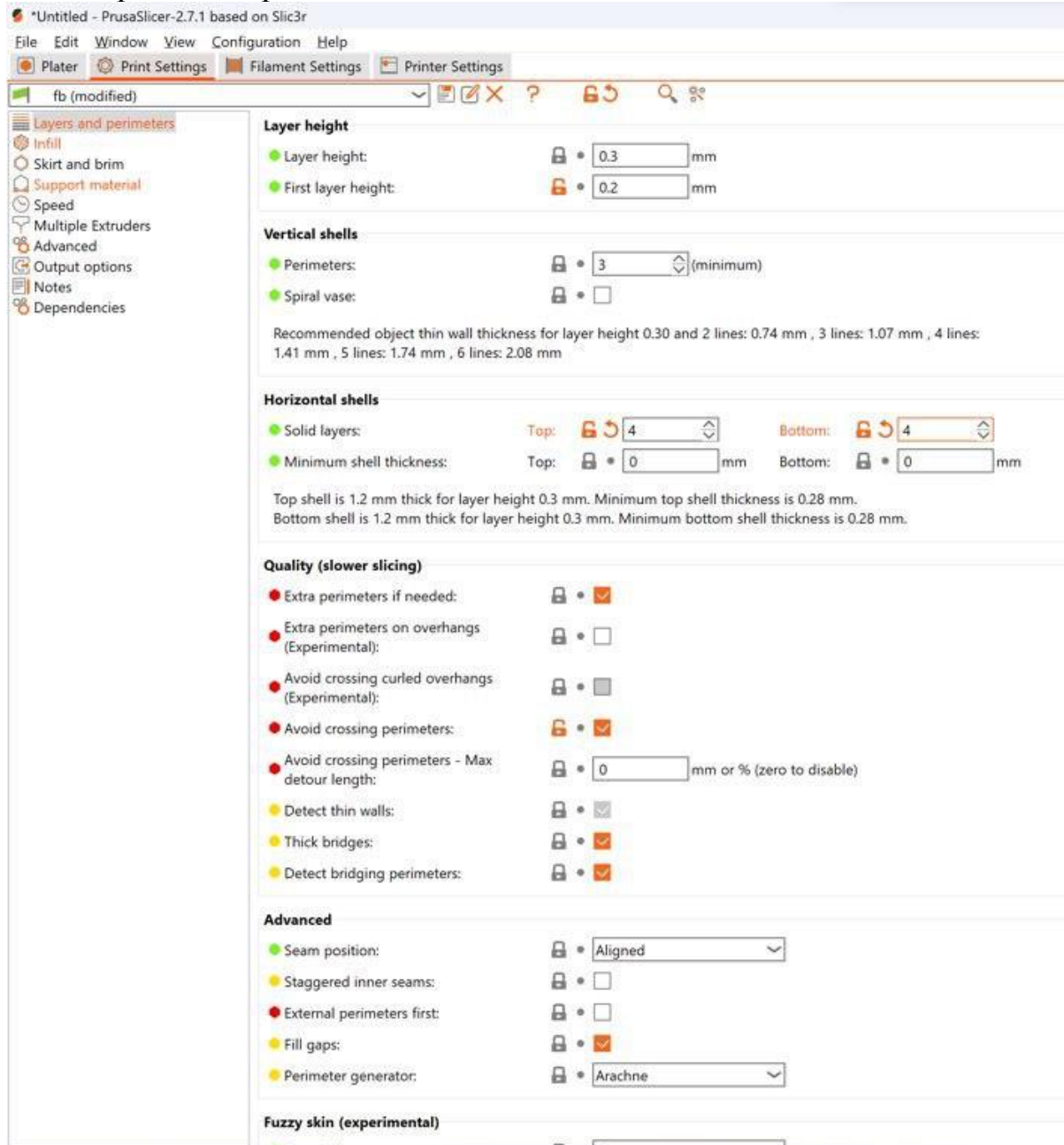


Рис. 3. Налаштування програми *PrusaSlicer* для друку 3D моделі

Після зазначення необхідних параметрів друку необхідно додати раніше виконану 3D модель у програму *PrusaSlicer*. Після додавання моделі необхідно визначити який тип друку буде виконувати друк моделі. Для друку моделі механізму скидання було вибрано так званий друк знизу до верху. Даний вид друку дозволить використати меншу кількість матеріалів та дозволить виконати друк без зайвих залишків на конструкції [8 - 9]. Ві-

## Механіка елементів конструкції

дповідно розміщаємо модель скидального механізму у програмі згідно із раніше обраним положенням. Відображення моделі у програмі *PrusaSlicer* перед друком разом із відповідними характеристиками друку зображено на рис. 4 та рис. 5.

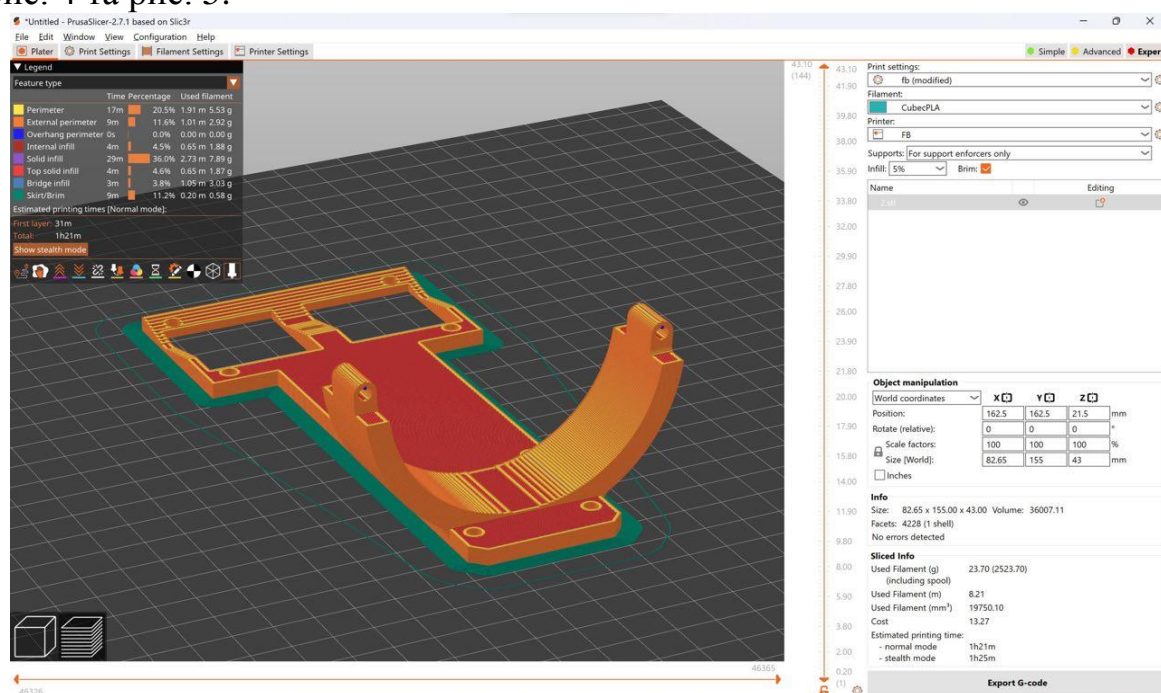


Рис. 4. Відображення основи скидального механізму в програмі *PrusaSlicer* разом з характеристиками друку

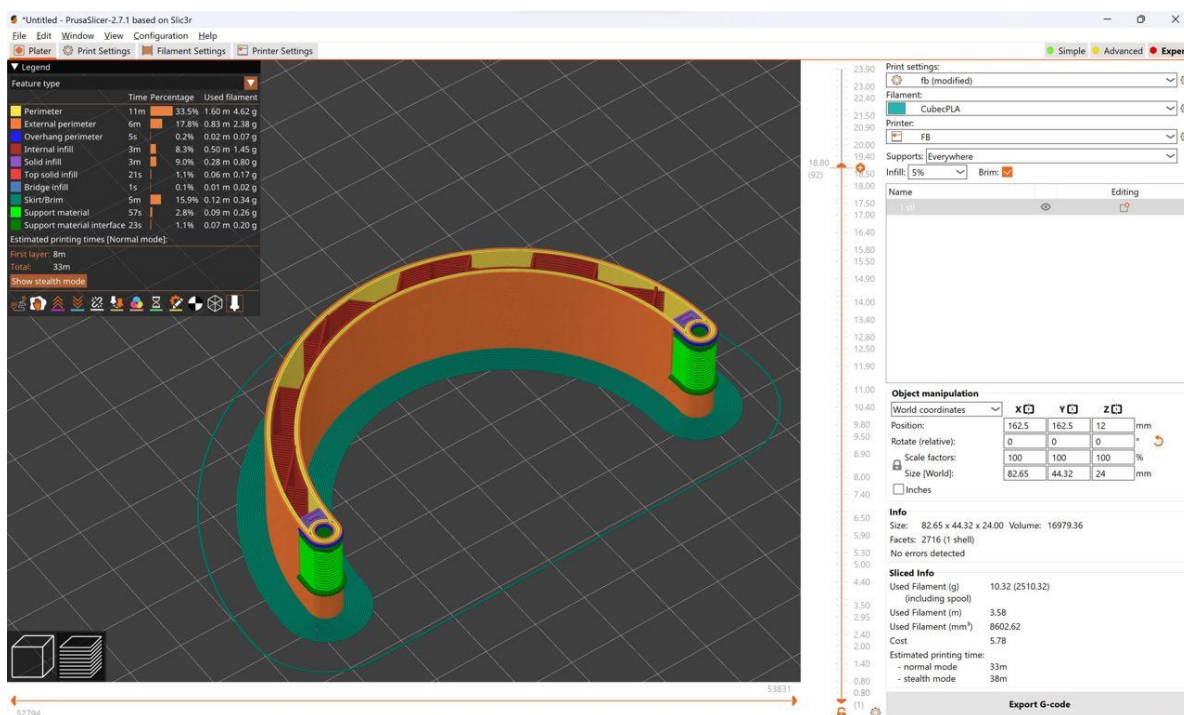


Рис. 5. Відображення тримача скидального механізму у програмі *PrusaSlicer* разом із характеристиками друку

Після того, як модель було розміщено у програмі *PrusaSlicer* автоматично розраховується час друку. Дане значення ми маємо змогу переглянути на рис. 5 у пункті *Printing time*. Відповідно до розрахунків програми друк триватиме 34 хвилини. Після запуску процесу друку можемо спостерігати весь процес друку. Після того як процес друку було завершено маємо готовий надрукований експериментальний варіант скидального механізму квадрокоптера, а саме елементів тримача та основи. Результати друку зображено на рис. 6 та рис. 7.



Рис. 6. Зображення експериментально надрукованої основи скидального механізму



Рис. 7. Зображення експериментально надрукованого тримача скидального механізму

Після того як експериментальну установку було надруковано необхідно дати частинам охолонути. Після чого необхідно зачистити всі елементи установки, оскільки на жаль після 3D друку деякі частини можуть залишати по собі нерівності та залишки пластику. Після очищення заготовки необхідно встановити обраний сервопривід *KST DS 135 MG* та облаштувати експериментальні частини всіма необхідними компонентами, такими як Вилка M2, Шпилька M2, гвинти M3x12, гвинт M3x30 та гайки M3. Після складання скидального механізму маємо готову установку для інтеграції до квадрокоптера. Зібрана експериментальна модель механізму скидання зображено на рис. 8.

## Висновки

Спроектовано механізм скидання для квадрокоптерів спеціального призначення з широким спектром можливостей модернізації. Представлено інформаційне забезпечення створення механізму скидання, зокрема, виконано графічний розрахунок міцності скидального механізму за умови



корисного навантаження різної ваги та підтверджено, що конструкція скидального механізму витримає максимальне корисне навантаження до 8 кг.

Відповідно до поставленої задачі виконано 3D модель скидального механізму, яка поєднує в собі простоту обслуговування та широкі можливості для модернізації. Після проведення аналізу вже існуючих механізмів було визначено основний форм-фактор механізму та його призначення.

Орієнтуючись на розрахунки та конструкцію розробленого скидального механізму за допомогою 3D друку було виготовлено експериментальну модель скидального механізму.



Рис. 8. Експериментальна модель механізму скидання, вигляд збоку

### Список використаної літератури

1. Seaplane cargo drone on course for first flight. *Aerospace testing international*. 2018. Vol. 2018, no. 2. P. 8. URL: [https://doi.org/10.12968/s1478-2774\(23\)50076-4](https://doi.org/10.12968/s1478-2774(23)50076-4).
2. Kornatowski P. M., Mintchev S., Floreano D. An origami-inspired cargo drone. 2017 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems (IROS), Vancouver, BC, 24–28 September 2017. URL: <https://doi.org/10.1109/iros.2017.8206607>.
3. 3D drone mapping / A. Ansari et al. *Journal of innovative image processing*. 2023. Vol. 5, no. 1. P. 1–19. URL: <https://doi.org/10.36548/jiip.2023.1.001>.
4. Structural analysis of mini drone developed using 3D printing technique / N. Muralidharan et al. *Materials today: proceedings*. 2021. Vol. 46. P. 8748-8752. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.053>.
5. Seaplane cargo drone on course for first flight. *Aerospace testing international*. 2018. Vol. 2018, no. 2. P. 8. URL: [https://doi.org/10.12968/s1478-2774\(23\)50076-4](https://doi.org/10.12968/s1478-2774(23)50076-4).

6. Sheng R. 3-D printing in the drone industry. 3D printing. 2022. P. 59–67. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-99463-7.00008-6>.
7. Printing P. Gizmo's wacky world of 3D printing. Independently Published, 2017.
8. Sk F. Journal Vol – 15 No -7, July 2020 Journal > Journal > Journal Vol – 15 No -7, July 2020 > Page 6 PERFORMANCE AND EMISSION CHARACTERISTICS OF GASOLINE-ETHANOL BLENDS ON PFI-SI ENGINE Authors: D. Vinay Kumar ,G. Samhita Priyadarsini,V. Jagadeesh Babu, Y. Sai Varun Teja, DOI NO: <https://doi.org/10.26782/jmcms.2020.07.00051>. admin July 26, 2020 Abstract: alcohol based fuels can be produced from ren. Journal of mechanics of continua and mathematical sciences. 2020. Vol. 15, no. 7. URL: <https://doi.org/10.26782/jmcms.2020.07.00056>.
9. High pressure technology | quintus technologies. Quintus Technologies. URL: <https://quintustechnologies.com/>.