

КУШНІРЧУК АНДРІЙ

Хмельницький національний університет

ORCID ID: [0000-0002-5445-7378](https://orcid.org/0000-0002-5445-7378)e-mail: kyshnir98@gmail.com**ТКАЧУК ВІТАЛІЙ**

Хмельницький національний університет

ORCID ID: [0000-0003-0640-2740](https://orcid.org/0000-0003-0640-2740)e-mail: tkachuk.v@gmail.com**КАРАЗЕЙ ВІТАЛІЙ**

Хмельницький національний університет

ORCID ID: [0000-0001-9110-8559](https://orcid.org/0000-0001-9110-8559)e-mail: witalij.karazey@gmail.com**ХАРЖЕВСЬКИЙ В'ЯЧЕСЛАВ**

Хмельницький національний університет

ORCID ID: [0000-0003-4816-2781](https://orcid.org/0000-0003-4816-2781)e-mail: vk.solidworks@gmail.com**МАРЧЕНКО МАКСИМ**

Хмельницький національний університет

ORCID ID: [0000-0002-8645-3013](https://orcid.org/0000-0002-8645-3013)e-mail: max@solidworks.net.ua

ВИКОРИСТАННЯ SOLIDWORKS У ПРОТОТИПУВАННІ АЕРОДИНАМІЧНОГО ХВОСТОВОГО КЕРМА

В роботі розглядається ефективне застосування програмного продукту Solidworks для моделювання складних механізмів з рухомими елементами складної форми. Застосування програми конструкторами на підприємствах значно підвищує ефективність роботи конструкторських бюро та дослідно-експериментальних відділів. Час на розробки значно зменшується, а багато інструментів аналізу дозволяють уникати помилок. Використання Solidworks для створення 3D моделей разом з адитивними технологіями для виготовлення цих моделей, виводять на якісно інший рівень створення прототипів складних рульових приводів.

Ключові слова: Solidworks, 3D модель.

KUSHNIRCHUK ANDRIY SERGIYOVYCH, TKACHUK VITALII PAVLOVICH, KARAZEY VITALII DMITROVICH, KHARZHEVSKYI VIACHESLAV OLEKSANDROVICH, MARCHENKO MAKSYM VASYLOVYCH
Khmelnitskyi National University

USING SOLIDWORKS FOR PROTOTYPING AERODYNAMIC STEERING DRIVES

The work discusses the effective use of the Solidworks software for modeling complex mechanisms with moving elements of intricate shapes. The application of the program by designers in enterprises significantly increases the efficiency of the work of design bureaus and research and experimental departments. Development time is greatly reduced, and many analysis tools allow for the avoidance of errors. The use of Solidworks for creating 3D models, along with additive technologies for manufacturing these models, takes the creation of prototypes of complex steering drives to a qualitatively different level.

To model such complex-shaped parts as ailerons, the Solidworks tool, "Section hood" was used, such a tool greatly simplifies modeling and allows you to achieve the desired shape of the model.

The engine models were used in the Solidworks assembly and combined with the mating conditions with other components, this allowed to adjust the design "in the context of the assembly" to the actual dimensions of the engines. To analyze the correct movements of the drive elements, "mechanical couplings" with real gear ratios were installed on all gears. In this way, it was possible to fully analyze the movement of all drive elements, to determine their position during movement

After the modeling and analysis process was completed, the prototype manufacturing process began, for which the FDM printing technology was chosen as the fastest, cheapest, but capable of reproducing complex shape details. CoPET plastic is chosen as the main material for printing, bearings are used for smooth rotation of drive elements, all axes of mechanisms are made of metal with the help of mechanical processing. The manufactured prototype turned out to be working, all movements are performed as intended in the modeling process, you can perform experiments and research with the obtained product to obtain the necessary results. The Solidworks software product allowed not only to fully simulate the steering drive, but also to avoid many errors thanks to the available analysis tools.

The FDM printing technology made it possible to quickly create a prototype, provide all the intended functionality, the quality of the parts allows the drive to work correctly.

Keywords: Solidworks, 3D model.

Постановка проблеми

Для створення прототипу аеродинамічного рульового приводу оригінальної конструкції, пропонується використати адитивну технологію FDM друку. Для моделювання і дослідження взаємодії елементів приводу, обрано програмний продукт Solidworks, як найбільш ефективний інструмент 3D моделювання з широкими можливостями та доповненнями, що спрощують і значно прискорюють процеси підготовки прототипів.

Виклад основного матеріалу

Solidworks є однією з найбільш популярних програм для моделювання механізмів. Вона дозволяє створювати та моделювати складні механізми з точністю та ефективністю, що робить її незамінним

інструментом для професійних інженерів та конструкторів. Одним з найбільш важливих аспектів використання Solidworks у моделюванні, є його можливості створення 3D-моделей. За допомогою цієї програми інженери можуть створювати складні деталі та збірки механізмів. Solidworks також дозволяє створювати анімації та візуалізації, що дозволяє інженерам побачити, як буде працювати механізм у реальному житті.

Іншим важливим аспектом використання Solidworks, є можливість проводити аналіз механізмів. За допомогою програми інженери можуть проводити різні види аналізу. Це дозволяє визначити, чи витримає механізм навантаження, чи буде працювати він ефективно та безпечно. Програма дозволяє створювати більш складні механізми, які містять різні компоненти та складаються з багатьох рухомих частин.

Solidworks має широкий вибір доповнень та плагінів, які дозволяють працювати з різними типами механізмів та компонентів. Наприклад, додаток Toolbox дозволяє створювати та редагувати гвинти, гайки, підшипники та інші механічні компоненти такі як зубчасті колеса. Додаток Flow Simulation дозволяє проводити аналіз теплової та гідравлічної механіки механізмів, що дозволяє визначити їхню ефективність та оптимізувати проект.

Також програма має широкі можливості для співпраці та обміну даними з іншими програмами, що дозволяє інженерам спільно працювати над проектами та обмінюватися даними зі своїми колегами. Solidworks є потужним інструментом для професійних інженерів та конструкторів, які займаються моделюванням деталей та механізмів. За допомогою програми можна моделювати складні механізми зі збірками, рухомими деталями та механізмами, такими як двигуни, механізми передачі, системи керування та інші.

Саме тому цей програмний продукт був обраний для моделювання аеродинамічного рульового приводу. Аеродинамічні рулі - це механізми, які використовуються на поверхнях керування літака, таких як крила, щоб допомогти управляти рухом літака. Рулі можуть бути рухомими або нерухомими та мають різні форми та розміри в залежності від їх призначення та місця встановлення. Найбільш поширеними аеродинамічними рулями є елерони, руль напрямку та руль висоти. Елерони розташовуються на задній кромці крила та використовуються для керування креном літака, руль напрямку розташовується на хвостовій частині літака та використовується для керування розворотом літака, а руль висоти розташовується на верхній частині хвостової частини та використовується для керування кутом підйому або зниження літака [1].

Рулі мають важливе значення для безпеки та ефективності польотів, тому їх проектування та виготовлення потребує детальної аеродинамічної та інженерної розробки. Наприклад, елерони повинні мати відповідну форму та розмір для забезпечення необхідного підйому під час крену літака, а руль висоти повинен бути достатньо великим та ефективним, щоб забезпечити достатнє керування.

Аналогічно до літаків, рулі використовуються на ракетах для керування траєкторією польоту. Принцип дії аеродинамічних рулів для ракет в основному аналогічний до принципу дії рулів на літаках. Рулі можуть бути рухомими або нерухомими, та розміщуються на задній частині ракети. Найпоширенішими рулями для ракет є напрямні рулі, що використовуються для керування кутом напрямку, та кренові рулі, що використовуються для зміни кута крену. Також існують рулі висоти, які використовуються для зміни кута підйому або зниження ракети.

Рулі для ракет повинні бути спроектовані та виготовлені з урахуванням особливостей польоту ракети, в тому числі її форми, маси, швидкості, висоти та маневреності. Крім того, рулі мають бути досить ефективними, щоб забезпечити достатнє керування траєкторією польоту, а також не повинні впливати негативно на аеродинаміку.

Пропонується змоделювати рульовий привід з рухомими взаємно перпендикулярними парами елеронів (рис.1), для корегування вертикального польоту в двох площинах, а також для запобігання закручування ракети відносно своєї осі. Дві пари елеронів з незалежними приводами забезпечуватимуть керуваність, а одна пара також утримуватиме від обертання за рахунок конічної передачі (рис. 2), що забезпечить симетричне відхилення елеронів, що в свою чергу забезпечить вирівнювання від обертання. Вирівнювання контролюється автоматично за допомогою контролера польоту NX4 EVO з вбудованим гіроскопом.

Для надання руху елементам рульового приводу використанні серводвигуни MG90S. Моделі двигунів були використані в збірці Solidworks та об'єднанні умовами спряження з іншими компонентами, це дозволило скорегувати конструкцію «в контексті збірки» під реальні розміри двигунів. Для аналізу коректних рухів елементів приводу, на всі зубчасті передачі було встановлено «механічні спряження» з реальними передаточними числами зубчастих коліс. Таким чином вдалось повністю проаналізувати рух всіх елементів приводу, визначити їх положення під час руху.

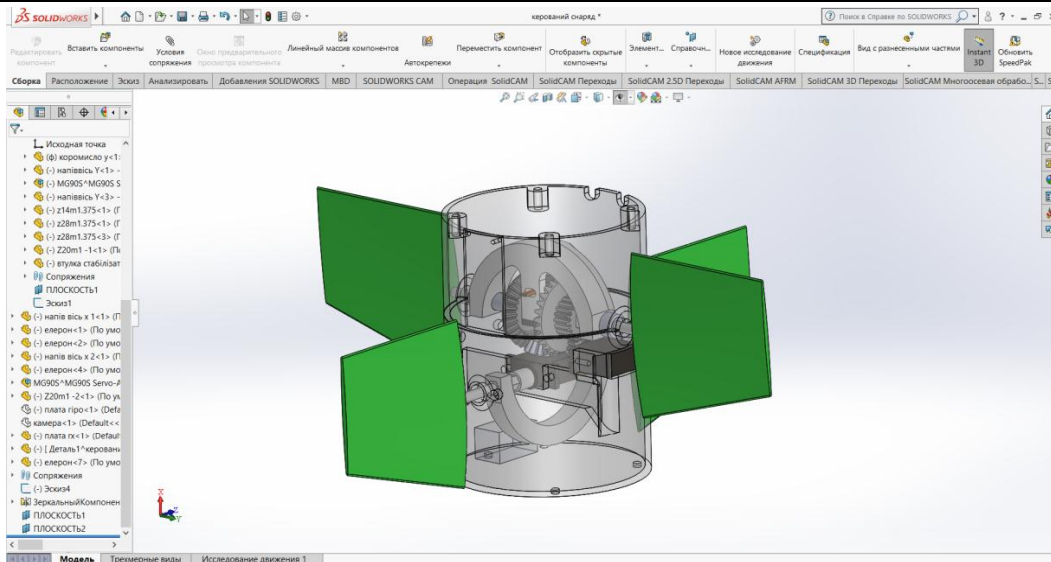


Рис. 1. Загальний вигляд аеродинамічного рульового приводу

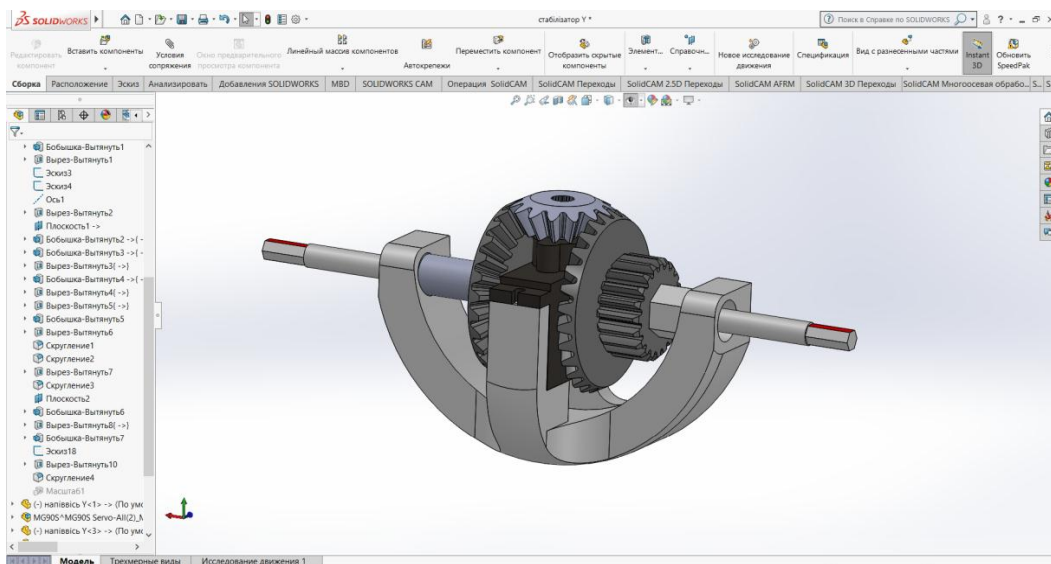


Рис.2 Механізм стабілізації від обертання

Для моделювання таких складних за формую деталей як елерони, було використано інструмент Solidworks, «Витяжка по перерізам», такий інструмент значно спрощує моделювання, дозволяє досягати необхідної форми моделі.

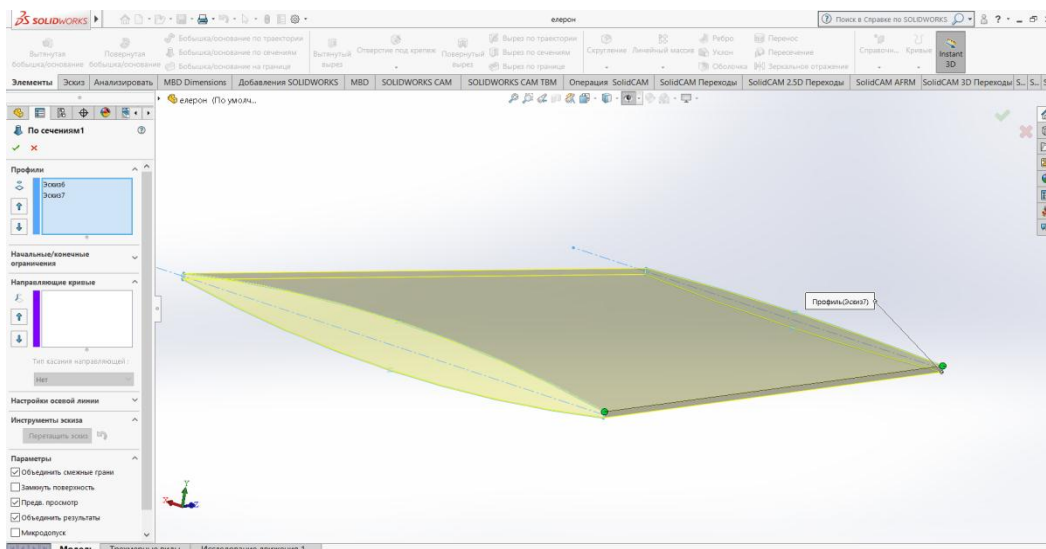


Рис. 3. Моделювання елерона в Solidworks

Після завершення процесу моделювання і аналізу, розпочався процес виготовлення прототипу, для цього було обрано технологію FDM друку [2], як найбільш швидку, дешеву, але здатну відтворити деталі складної форми. Основним матеріалом для друку обрано CoPET пластик, для плавного обертання елементів приводу використано підшипники, всі осі механізмів виготовлено з металу за допомогою механічної обробки.

Висновки

Виготовлений прототип (рис.4) виявився робочим, всі рухи виконуються як і задумано в процесі моделювання, можна виконувати експерименти та дослідження з отриманим виробом для одержання необхідних результатів. Програмний продукт Solidworks дозволив не лише повністю змодельовати рульовий привід, а і дозволив уникнути багатьох помилок завдяки наявним інструментам аналізу.

Технологія FDM друку дозволила швидко створити прототип, забезпечити весь задуманий функціонал, якість деталей дозволяє коректно працювати приводу.

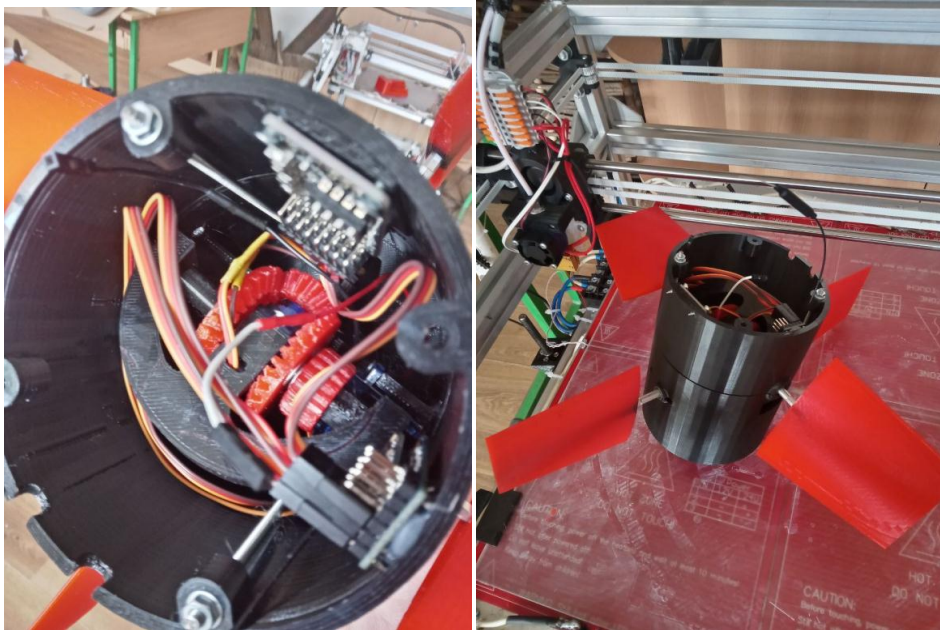


Рис. 4. Прототип аеродинамічного аеродинамічного хвостового керма

Література

1. Савицький, О. А. Електромеханічні приводи малорозмірних БПЛА / О. А. Савицький, П. С. Мироненко // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2020 р., м. Київ, Україна : збірник праць конференції. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 63–66. – Бібліогр.: 6 назв.

2. Чаговець В.В. Перспективи розвитку FabLab в Україні. Новітні комп'ютерні технології. Кривий Ріг : Криворізький національний університет, 2016. Т. XIV. С. 120–121.

References

1. Savytskyi, O. A. Elektomekhanichni pryvody malorozmirnykh BPLA / O. A. Savytskyi, P. S. Myronenko // KhIII Naukovo-praktychna konferentsiia studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh «Pohliad u maibutnie pryladobuduvannia», 13-14 travnia 2020 r., m. Kyiv, Ukraina : zbirnyk prats konferentsii. – Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2020. – S. 63–66. – Bibliohr.: 6 nazv.

2. Chahovets V.V. Perspektyvy rozvytku FabLab v Ukraini. Novitni kompiuterni tekhnolohii. Kryvyi Rih : Kryvorizkyi natsionalnyi universytet, 2016. T. XIV. S. 120–121.