

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут аерокосмічних технологій

Кафедра авіа- та ракетобудування

ЗВІТ

З ПЕРЕДДИПЛОМНОЇ ПРАКТИКИ

ТЕМА: «Взаємний вплив літака-носія і транспортного планера»

Виконавець роботи:

студент групи АЛ91мп

Мельник Олексій Володимирович

(підпис, дата)

Науковий керівник:

К.т.н

Зінченко Дмитро Миколайович

(підпис, дата)

Київ 2020

Анотація

Метою роботи є дослідження взаємного впливу літака-носія і транспортного планера.

У звіті розглянуто дослідження конструктивних особливостей та аеродинамічних характеристик концепції безпілотного комплексу, що складається із безпілотного літака-носія та безпілотного транспортного контейнеру-планеру, який під час злету та горизонтального польоту до точки роз'єднання складають один цілий літальний апарат. Розглянуто можливі варіації застосування SMART-матеріалів у конструкції досліджуваної системи літальних апаратів.

У процесі виконання роботи було проведено вивчення аналогічних систем та комплексів, сформульовані методика та критерії дослідження характеристик концепції. На основі проведеної роботи було сформовано бачення рішення проблем взаємодії безпілотного літака-носія і транспортного планера.

Звіт складається з 25 сторінок, 18 рисунків, 6 бібліографічних джерел, 1 таблиця.

Ключові слова: транспортна система, SMART-матеріали, взаємний вплив, аеродинамічна якість.

Аннотация

Целью работы является исследование взаимного влияния самолета-носителя и транспортного планера.

В отчете рассмотрены исследования конструктивных особенностей и аэродинамических характеристик концепции беспилотного комплекса, состоящего из беспилотного самолета-носителя и беспилотного транспортного контейнера-планера, который во время взлета и горизонтального полета к точке разъединения составляют один целый летательный аппарат. Рассмотрены возможные вариации применения SMART-материалов в конструкции исследуемой системы летательных аппаратов.

В процессе выполнения работы было проведено изучение аналогичных систем и комплексов, сформулированы методика и критерии исследования характеристик концепции. На основе проведенной работы было сформировано видение решения проблем взаимодействия беспилотного самолета-носителя и транспортного планера.

Отчет состоит из 25 страниц, 18 рисунков, 6 библиографических источников, 1 таблица.

Ключевые слова: транспортная система, SMART-материалы, взаимное влияние, аэродинамическое качество.

Annotation

The aim of the work is to study the mutual influence of the aircraft carrier and the transport glider.

The report examines the design and aerodynamic characteristics of the concept of an unmanned complex, consisting of an unmanned aerial vehicle and an unmanned transport container-glider, which during takeoff and horizontal flight to the point of separation make one whole aircraft. Possible variations in the use of SMART-materials in the design of the studied aircraft system are considered.

In the process of work the study of similar systems and complexes was carried out, the methodology and criteria of research of characteristics of the concept were formulated. Based on the work, a vision of solving the problems of interaction between the unmanned aerial vehicle and the transport glider was formed.

The report consists of 25 pages, 18 figures, 6 bibliographic sources, 1 table.

Keywords: transport system, SMART-materials, mutual influence, aerodynamic quality.

Зміст

Вступ.....	6
Особливості конструктивних рішень.....	7
Вплив подовження крила.....	9
Аеродинамічні характеристики безпілотного носія.....	10
Аеродинамічне компонування транспортного контейнеру.....	12
Аналіз впливу компонування транспортного контейнеру та носія на аеродинамічні характеристики.....	14
Застосування смарт-матеріалів в конструкції.....	19
Розробка стартап-проекту.....	21
Процес виготовлення дослідного зразка.....	23
Висновок.....	24
Список використаних джерел.....	25

Вступ

В наш час ми можемо спостерігати інтенсивний розвиток безпілотної авіації. Технічний прогрес у цій галузі техніки неабияк пришвидшився за останнє десятиліття, адже все частіше для виконання тих чи інших завдань робиться ставка на БПЛА. Особливо стрімко розвиваються системи, що слугують для виконання таких задач, як спостереження (фото-відеозйомка, дистанційне зондування землі, наукові дослідження і т.п.); специфічна військова діяльність (розвідка (засоби РЕБ), імітація повітряних мішеней для систем ППО, несення озброєння для враження наземних цілей).

Клас транспортної безпілотної авіації також розвивається, але темпи такого росту значно менші. Хоча, враховуючи динаміку розвитку БПЛА, це питання часу. На відміну від вищезгаданих задач робочий цикл переміщення вантажу складніший і пов'язаний з низкою додаткових умов із завантаженням, доставкою та розвантаженням.

Особливості конструктивних рішень

Ідея розробки безпілотного літального апарату (БЛА) на основі досвіду створення надзвукового літака А-12 виникла на фірмі "Локхід" в жовтні 1962-го. Передбачалося, що БЛА буде запускатися в повітрі з носія А-12. В якості силової установки вибрали прямоточний повітряно-реактивний двигун (ПВРД).

Апарат замислювався як одноразовий, щоб мінімізувати його вага і вартість. Однак для порятунку фотоапаратури і дорогої системи навігації в конструкції БЛА передбачили скидається контейнер з парашутом.

Всередині контейнера знаходилися інерціальна навігаційна система (INS), система автоматичного управління польотом (AFCS) і обчислювач повітряних параметрів (ADC). Для нормального функціонування в контейнері передбачили пристрій охолодження БРЕО і корисного навантаження.

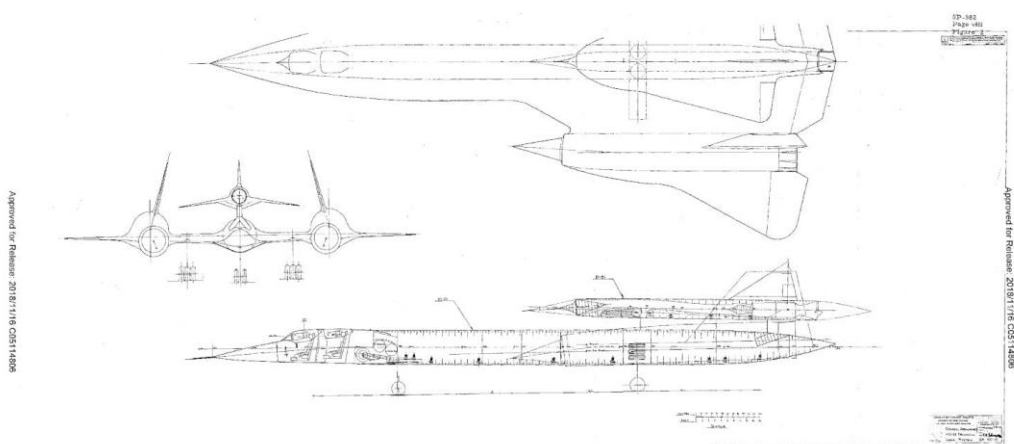


Рис.1. Система *SR-71 & D-21 Drone*

В рамках проекту "Tier 1B" і на хвилі успіху своєї суборбітальній системи SpaceShipOne / White Knight компанія "Scaled Composites" спроектувала і побудувала нову суборбітальну систему. До її складу входили літак-носій Model 348 White Knight Two і суборбітальний ракетоплан Model

NASA група американських інженерів сформувала в Льотно-дослідному центрі ім. Драйдена (нині - Центр ім. Армстронга) вигляд оптимальної АКС.

При повітряному старті ракета повинна була виводити на низьку орбіту 6,12 т корисного навантаження, що вважалося достатнім навіть для виконання пілотованих місій: так, в презентації, яку представив публіці Пол Аллен, Shorty ніс космічний корабель Dragon.

Літак виконаний за схемою двохфюзеляжного високоплана з прямим крилом великого подовження і двома комплектами вертикального і горизонтального оперення в хвостовій частині фюзеляжів. Під центропланом, що з'єднує два фюзеляжу, передбачена система підвіски і скидання ракетно-носія з космічним апаратом, здатна витримати зосереджене навантаження в 250 т.



Рис.3. Система Stratolaunch (показані варіанти корисного навантаження)

Вплив подовження крила

Дослідження крил з малими подовженнями показують, що до подовження 1,74 максимальний коефіцієнт підйімальної сили зменшується при одночасному збільшенні критичних кутів атаки.

При подальшому зменшенні подовження до 1,27 максимальний коефіцієнт підйімальної сили збільшується одночасно зі збільшенням

критичного кута атаки, після чого максимальний коефіцієнт підйімальної сили знову починає зменшуватися. Ці результати отримані для прямокутних крил, що мали на кінцях заокруглення, радіусом рівним половині хорди.

Подовження, найвигідніше щодо величини максимального коефіцієнта підйімальної сили відповідають крила, що має в плані форму кола (з подовженням 1,27). Після досягнення критичного кута атаки і максимального коефіцієнта підйімальної сили спостерігається різкий зрив потоку. Збільшення максимального коефіцієнта підйімальної сили при подовженні 1,27, у порівнянні з подовженням 6 одно 0,61, або становить 49%, причому критичний кут атаки збільшується з 14 до 45 градусів. Форма кінців крила малого видовження робить істотний вплив на величину коефіцієнта підйімальної сили або коефіцієнт повної аеродинамічної сили. Найкращі результати дають крила з напівкруглими кінцями (1), найгірші - з закругленими кінцями

Аеродинамічні характеристики безпілотного носія

Безпілотний літак-носій, призначений для доставки в точку від'єднання плануючого транспортного контейнера є універсальною безпіотною платформою. Безпілотний літак-носій також призначений для довготривалого патрулювання, проведення тренувальних польотів.

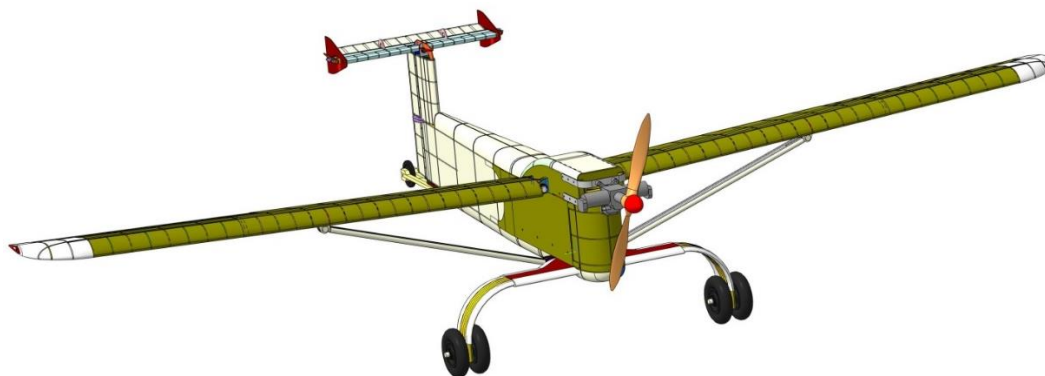


Рис.4. Безпілотний носій. Зовнішній вигляд.

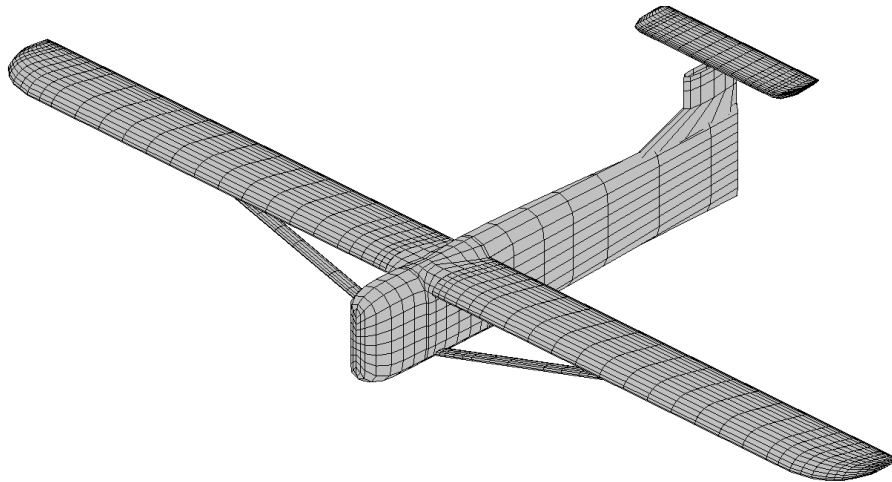


Рис.5. БПЛА- носій. Розрахункова модель повне компонування.

Основні аеродинамічні характеристики безпілотного носія, визначені за допомогою панельно-вихрового методу наведені на рис.6 – 7.

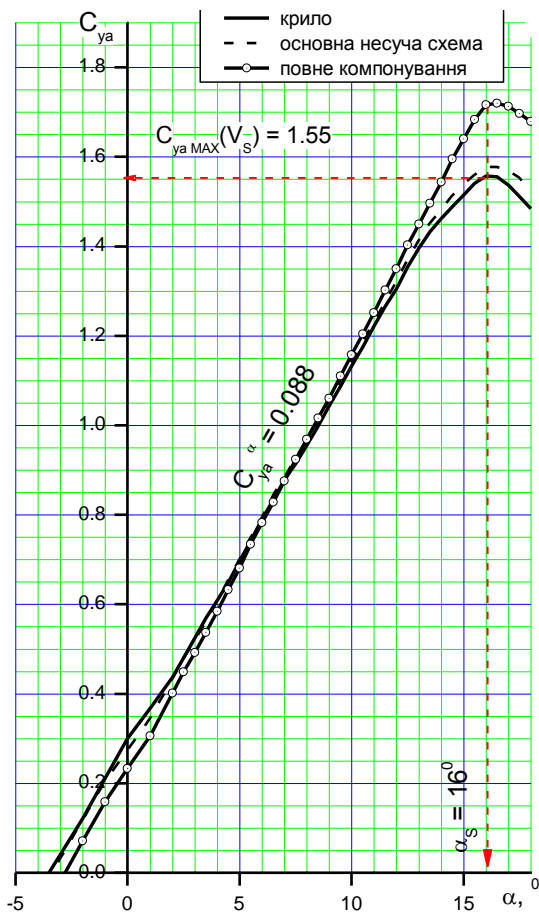


Рис.6. БПЛА- Носій. Несучі властивості.
Залежності $C_{Y_a} = f(\alpha)$.

$V=102$ км/год; $Re=0.682 \cdot 10^6$, $H=3$ км, СА

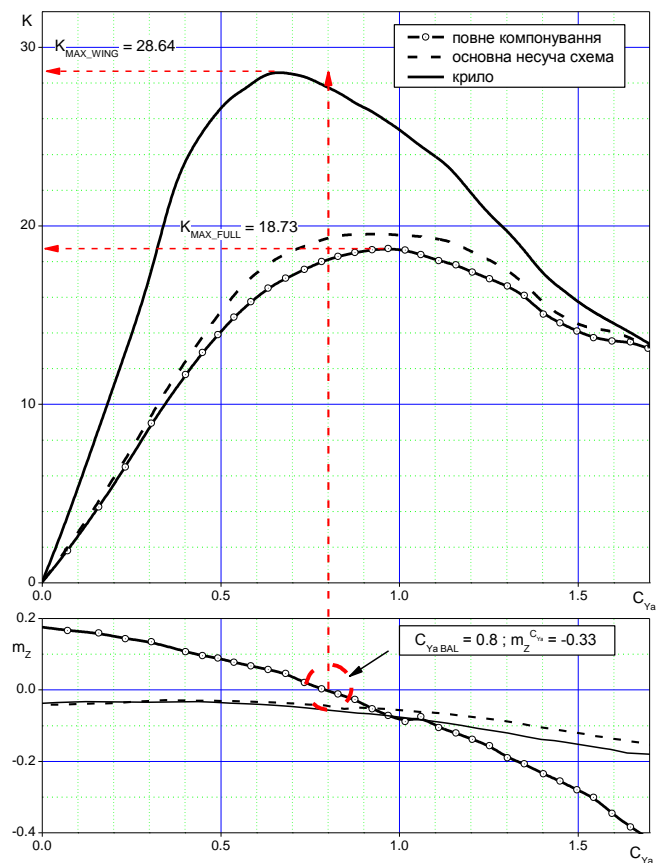


Рис.7. БПЛА- Носій. Залежності $K, m_z = f(C_{Y_a})$.

$V=102$ км/год; $Re=0.682 \cdot 10^6$, $H=3$ км

Аеродинамічне компонування транспортного контейнеру

Виходячи з описаної вище концепції доставки корисного навантаження, транспортний контейнер являє собою безпілотний планер, що від'єднується від безпілотного носія та виконує плануючий політ в точку доставки.

При цьому є очевидним, що дистанція планування є вирішальним критерієм, оскільки чим більш віддаленим є точка роз'єднання носія та транспортного контейнеру, тим менша ймовірність ураження всієї системи засобами протиповітряної оборони. Дистанція планування напряду визначається значенням аеродинамічної досконалості транспортного контейнеру в збалансованому стані:

$$K_{BAL} = \frac{C_{Ya_BAL}}{C_{Xa_BAL}} = \frac{L_{GL}}{H_{GL}} = ctg(\theta)$$

де:

L_{GL} – дистанція планування по прямій;

H_{GL} – висота початку сталого планування;

C_{Ya_BAL} – коефіцієнт підйимальної сили транспортного контейнеру в збалансованому стані;

C_{Xa_BAL} - коефіцієнт лобового опору транспортного контейнеру в збалансованому стані;

θ – кут нахилу траєкторії планування транспортного контейнеру

При всіх інших рівних параметрах транспортного контейнеру - висоті польоту, температурі повітря, фактичної ваги та ін. саме значення аеродинамічної досконалості є вирішальним.

В дисертаційному дослідженні запропонована концепція транспортного контейнеру – планеру базується на застосуванні в компонування агрегатів, що здатні реалізовувати обтікання без наявності відривів потоку та водночас є технологічними та дешевими у виготовленні та експлуатації.

Оскільки вплив видовження крила на аеродинамічні характеристики транспортного контейнеру є наочним, параметри крила, що застосовується в компонуванні приймаються за даними статистики Теоретична схема компонування наведена на Рис.9.

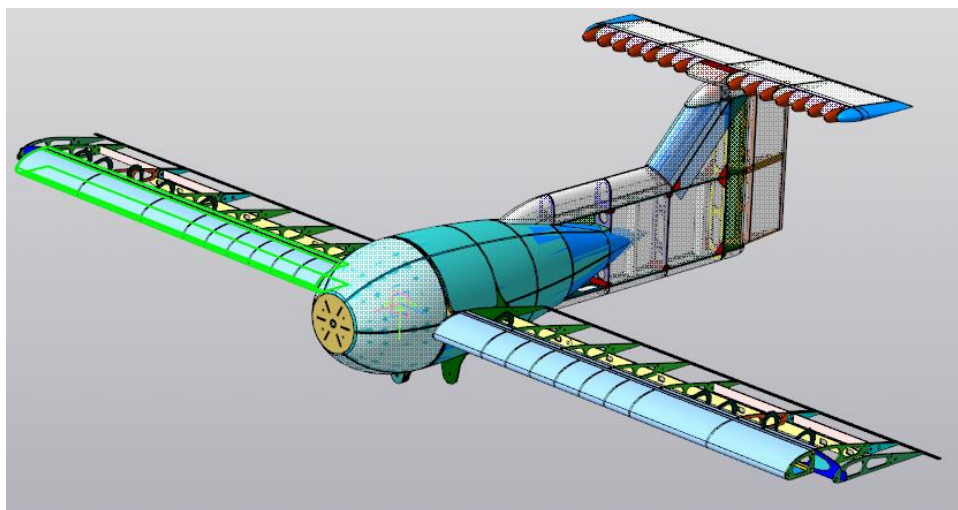


Рис.8. Безпілотний носій. Зовнішній вигляд. (обшивка частково прибрана або зроблена напівпрозорою)

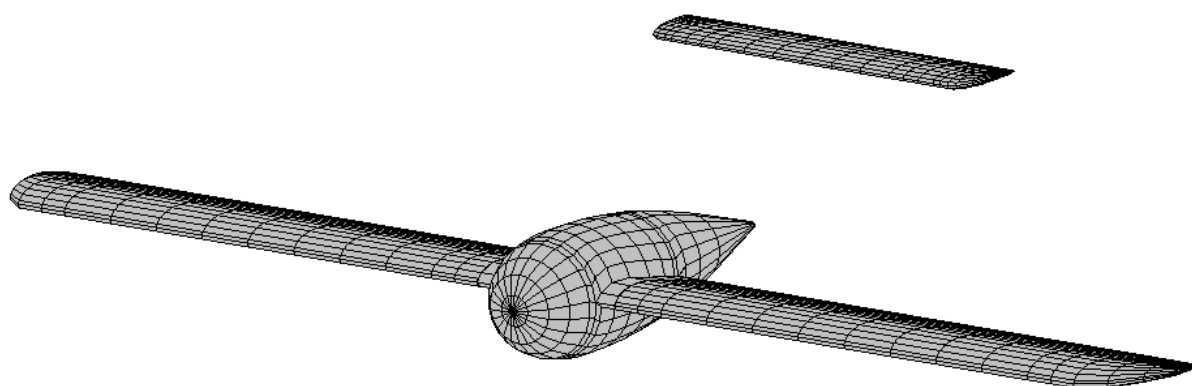


Рис.9. Транспортний контейнер.Повне компонування. Розрахункова модель.
Основні аеродинамічні характеристики безпілотного носія, визначені за допомогою панельно-вихровго методу наведені на Рис.10 –11.

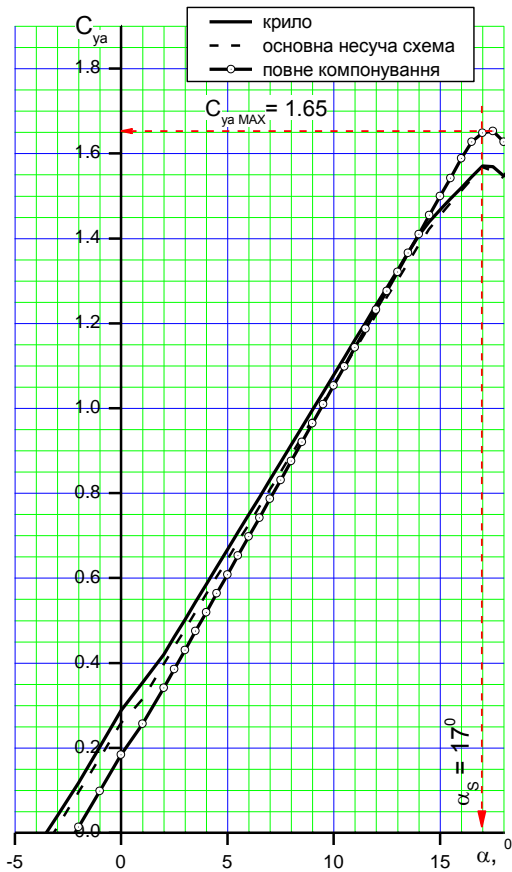


Рис.10. Транспортний контейнер. Несучі властивості. Залежності $C_{Ya}=f(\alpha)$.

$V=102$ км/год; $Re=0.682 \cdot 10^6$, $H=3$ км, СА

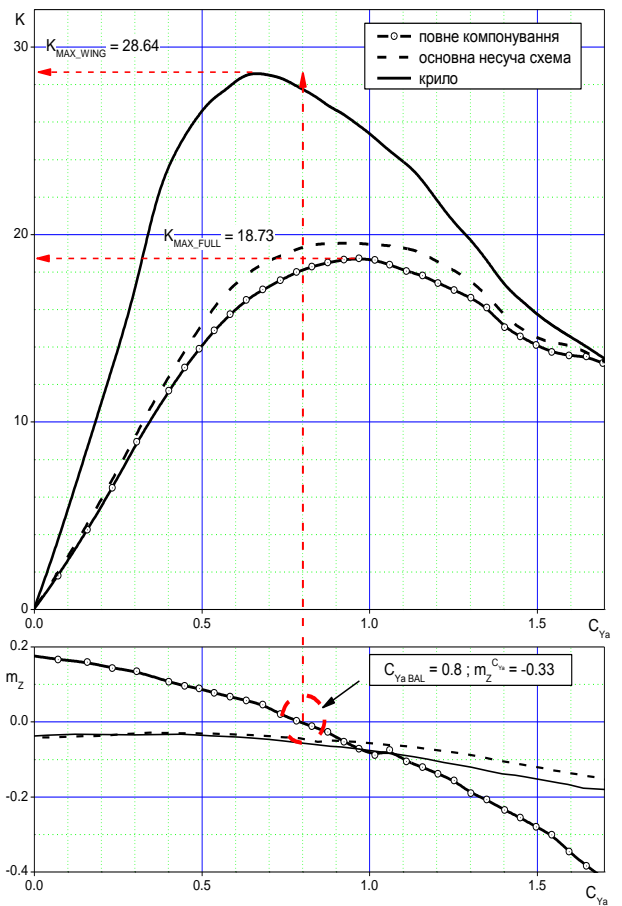


Рис.11. БПЛА- Носій. Залежності $K, m_z = f(C_{Ya})$.

$V=102$ км/год; $Re=0.682 \cdot 10^6$, $H=3$ км,

Аналіз впливу компонування транспортного контейнеру та носія на аеродинамічні характеристики

Для оцінки впливу параметрів компонування транспортного контейнеру на аеродинамічні характеристики безпілотного літака-носія використано панельне - вихровий метод моделювання обтікання. Розрахункова модель компонування транспортний контейнер+носій створюється походячи з наступних припущень :

- Транспортний контейнер розміщується над безпілотним носієм;
- Положення центру ваги транспортного контейнера збігається з положенням центру ваги носія при вигляді на горизонтальну площину розрахунку;

- Положення центру ваги компоновання носій+контейнер по висоті знаходиться по середині між центрами ваги окремо носія та окремо контейнеру;
- Через обмеження застосування студентської версії програми моделювання що до кількості розрахункових панелей (не більше 1999) розрахункові моделі транспортного контейнеру та носія моделюються без вертикального оперення та підкосів крил (оскільки ці агрегати не мають значного впливу на створення повздовжнього моменту та, відповідно, на умови балансування)

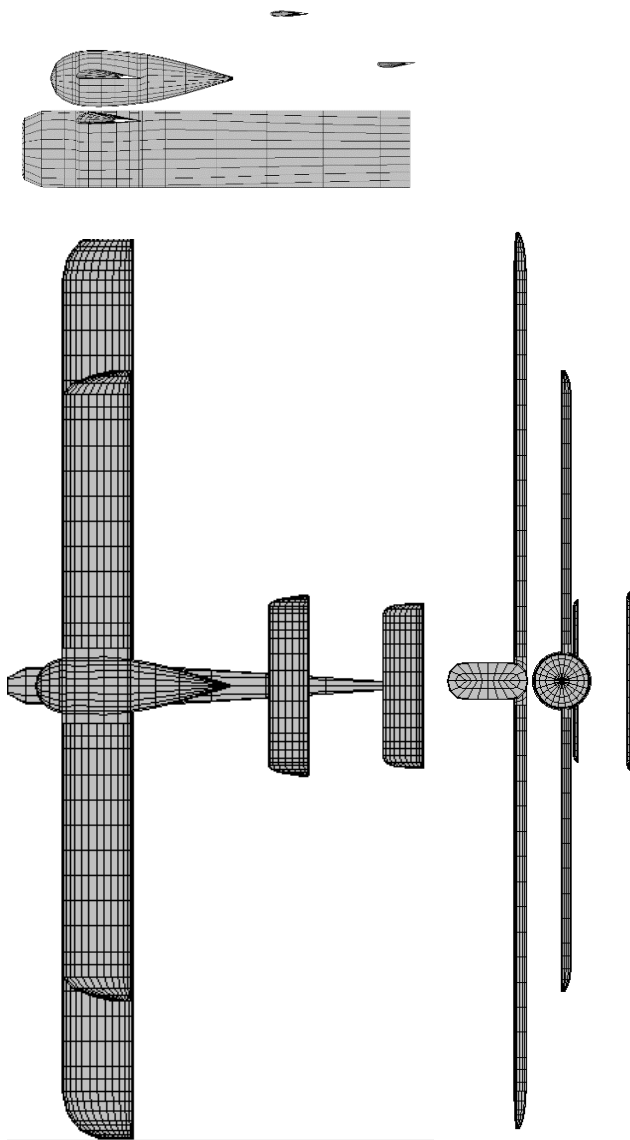


Рис.12. Компоновання носій+ контейнер.Повне компоновання. Розрахункова модель.

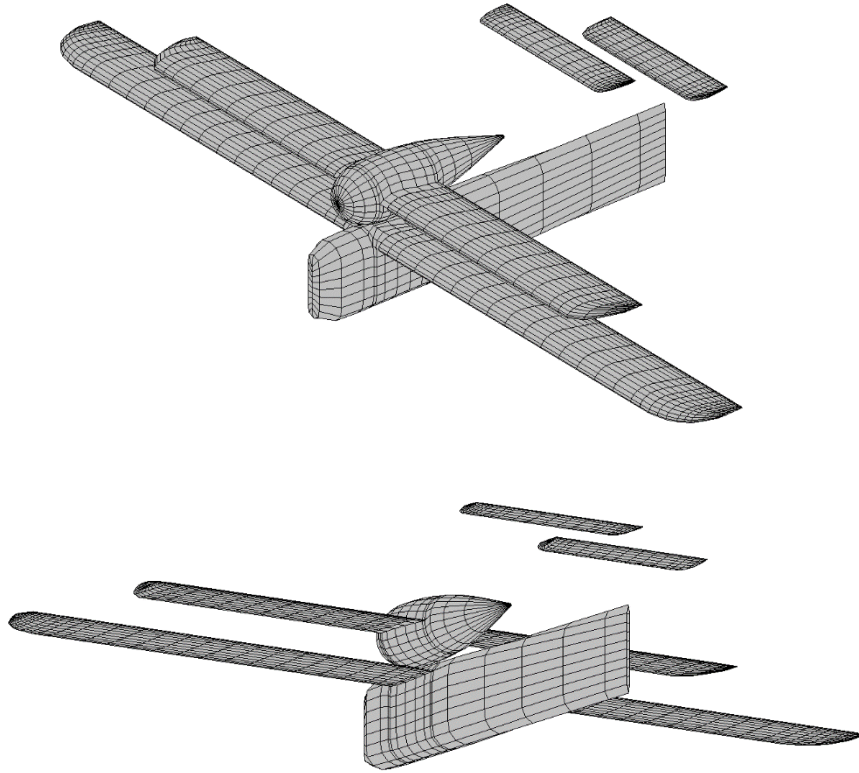


Рис.13. Компонування носій+ контейнер.Повне компонування. Розрахункова модель.

Основні аеродинамічні характеристики безпілотного носія, визначені за допомогою панельно-вихровго методу наведені на Рис.14 - 16.

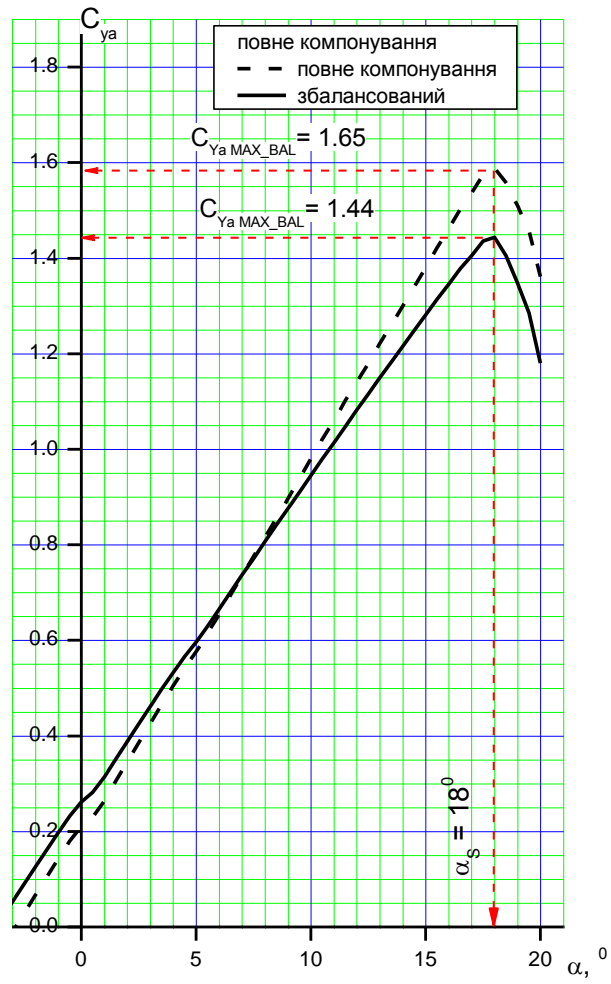


Рис.14. Компонування носій+ контейнер. Несучі властивості. Залежності $C_{Ya}=f(\alpha)$.

$V=102$ км/год; $Re=0.682 \cdot 10^6$, $H=3$ км, СА

Результат ПВМ

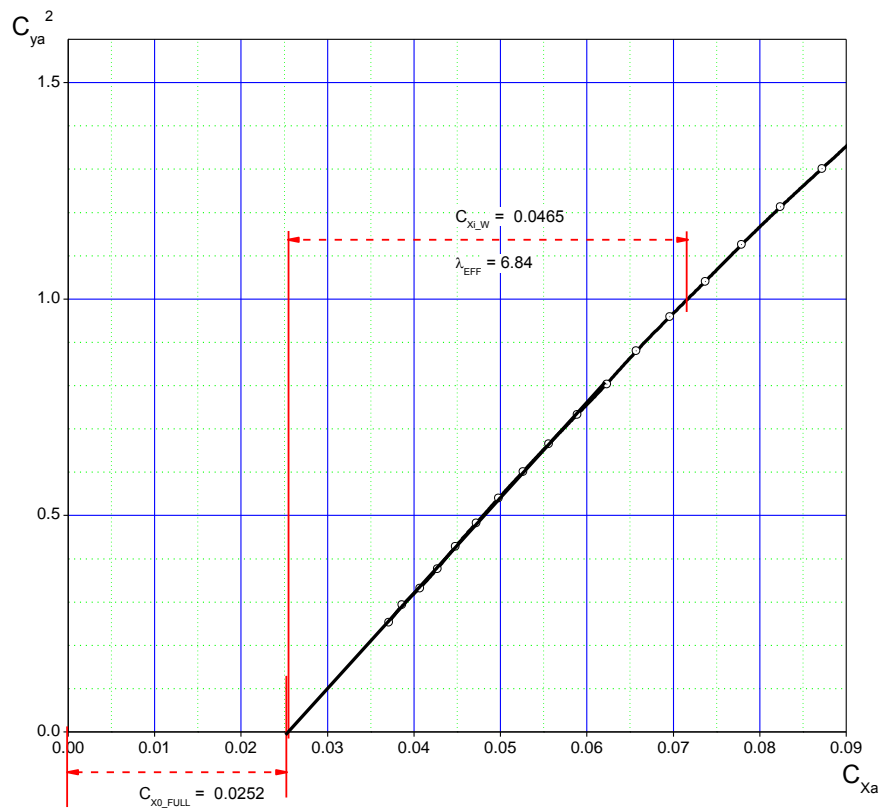


Рис.15. Транспортний контейнер.Вариант 1. Квадратична поляра. Залежності $C_{Ya}^2=f(C_{Xa})$.

$V=102$ км/год; $Re=0.682 \cdot 10^6$, $H=3$ км, СА

Результат ПВМ

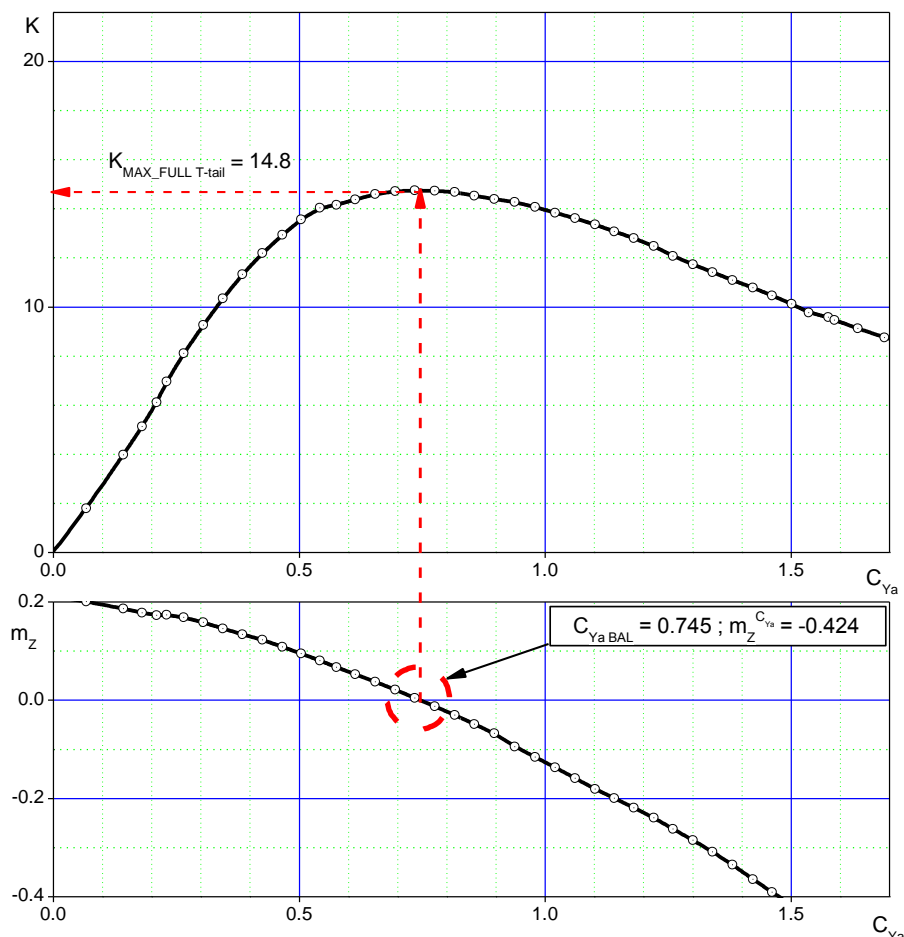


Рис.16. Компонування носій+ контейнер. Залежності $K, m_z = f(C_{Ya})$.

$$V=102 \text{ км/год}; Re=0.682 \cdot 10^6, H=3 \text{ км, СА}$$

Застосування смарт-матеріалів в конструкції

У науково-технічній літературі описані різні концепції і наукові підходи, що визначають розвиток напрямку «Інтелектуальні матеріали»

Відмінною особливістю американського підходу є так звана «система конструкцій», що пропонує упорядкувати всю різноманітність і схожість функцій різних конструкцій з елементами систем управління, використовуючи теорію множин. Відповідно до цієї теорії будь-які два пересічних безлічі, що характеризуються різними відмітними і подібними ознаками, спосіб третину безліч, що володіє одночасно і тим і іншим одночасно ознаками. Дане безліч може містити одне або кілька вкладених множин - підмножин, що характеризуються іншими відмітними ознаками. Таким чином, будується ієрархічна структура.

Концепція японських вчених принципово відрізняється від американського підходу. Вона ґрунтується переважно на матеріалознавчий фундаменті, а не на базі систем конструкцій. Відповідно до цієї точки зору історичний розвиток матеріалознавства йде в напрямку від конструкційних матеріалів до функціональних матеріалів. Ґрунтуючись на данній ідеї, в майбутньому необхідно розробити гіперфункціональний матеріал, за своїми можливостями еквівалентний або перевершуючий живі організми; природа - джерело ідей для створення нових синтетичних матеріалів, здатних реалізувати, наприклад, адаптивні функції, властиві біологічним матеріалами, і перевершити їх по ряду інтелектуальних ознак, що відповідають різним категоріям розумності.

Таким чином, в науковому світі поки немає єдиної думки про те, як називати це новий напрямок розвитку матеріалів і конструкцій, проте більшість дослідників прийшло до єдиної думки, що інтелектуальні матеріали нового покоління і конструкції на їх основі повинні включати в себе розподілені інтегровані сенсорні системи реєстрації зовнішніх і внутрішніх впливів, логічні схеми і мікропроцесорні пристрої, які приймають рішення при настанні тієї чи іншої події, а також актуаторні системи, що здійснюють безпосереднє механічне управління «розумною конструкцією» після прийняття рішення про настання даної події.

Сучасні дослідження в області зміни геометрії (морфінгу) крил зосереджені на подоланні основних проблем:

- вимоги до приводів великої відносної потужності
- структурна механізація
- унікальні обшивки
- контроль зміни геометрії

Як зазначалося, ідея морфінгу крил полягає в суттєвій зміні форми крила в результаті значних безшовних змін у всій структурі агрегату.

Існує огляд щодо класифікації доступних методів морфінгу конструкції. Огляд показує, що є три основні зміни: 1 - деформація в площині, 2 - зміна профілю крила і 3 - поза площинна деформація).

Зі структурної точки зору, переміщуючи навантаження ближче до кореня, можна досягти меншого згинального моменту крила. Скручування крила може здійснюватися у такі способи:

1. геометричне скручування використовує той самий аеродинамічний профіль вздовж консолі, але локальний кут атаки змінюється по розмаху крила.
2. аеродинамічне скручування варіює аеродинамічний профіль вздовж розмаху крила

Крило, в якому використовувались чотири концентричні трубки, прикріплені окремо в різних точках уздовж прольоту, щоб забезпечити скручувальну дію чотирьом секціям крила. Це крило використовувало еластомерну шкіру. У Стенфорді використане крило що скручується для управління БПЛА невеликого розміру. Приведення в дію здійснювалося крутним моментом на стрижні, що проходили вздовж розмаху крила. Вони були з'єднані з крилом втулками до дозволити їм обертатися. Кінчики динамометричних стрижнів були зігнуті під кутом 90 градусів назад утворюючи Г-подібний стрижень, який був з'єднаний з еластичною мембраною, подібною до того, що ми бачимо в керованих поверхнях управління крилами. Їх чисельний аналіз показав, що концепція є достатньою для реалізації «в металі».

Розробка стартап-проекту

Впровадження стартап-проекту на ринок передбачає послідовне та чітке визначення ринкових перспектив проекту, графіку та принципів організації виробництва, фінансового аналізу та аналізу ризиків та заходів з просування пропозиції для інвесторів.

Зміст ідеї, що пропонується, можливі напрямки застосування та основні вигоди, що може отримати користувач товару надані у вигляді таблиці і дають цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Ринкові можливості та ринкові загрози, пов'язані із реалізацією запропонованого стартап-проекту мають бути визначені для подальшого плануванню напрямків проекту із урахуванням реальних ринкових обставин, потреб можливих замовників та конкурентних пропозицій.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities), пов'язаних з його здійсненням.

Аналіз можливостей ринку та ринкових загроз базується на аналізі факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові можливості та загрози є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: посилення державного регулювання польотів БПЛА – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо спаду попиту на БПЛА, особливо в нижній цінній категорії, це призведе до посилення значущості функціональних можливостей БПЛА при його продажі, щоб максимально розширити коло можливих клієнтів та зберегти виробництво БПЛА на рентабельному рівні. SWOT - аналіз стартап-проекту представлений в таблиці 1.

Таблиця 1 – SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Високоєфективний безпілотний комплекс	Слабкі сторони: атмосферні умов польоту, можлива наявність інших факторів ризику
Можливості: Проектування високоєфективної безпілотної транспортної системи індивідуально для клієнта.	Загрози: Виникнення сильної конкуренції, посилення державного регулювання польотів

Процес виготовлення дослідного зразка



Рис.17. Безпілотний літак-носій: консолі крила у процесі збирання (зверху на рисунку); фюзеляж під час підгонки деталей після їх вирізання фрезеруванням (знизу на рисунку)

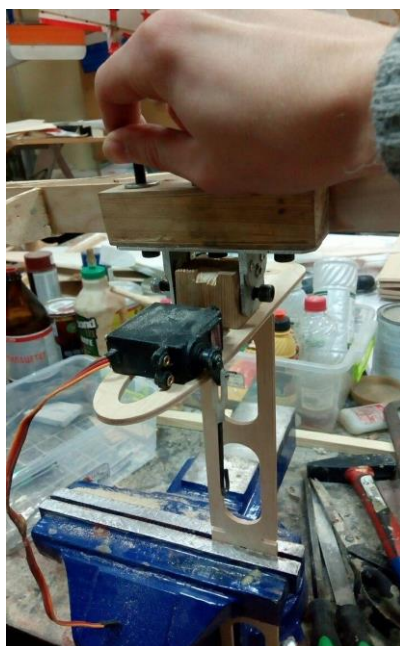


Рис.18. Прилаштування сервоприводу для керування цільноповоротним горизонтальним оперенням транспортного планера

Висновок

Темою дипломної роботи є «Взаємний вплив літака-носія і транспортного планера».

У магістерській дисертації розглянуто дослідження конструктивних особливостей та аеродинамічних характеристик концепції безпілотного комплексу, що складається із безпілотного літака-носія та безпілотного транспортного контейнеру-планеру, який під час злету та горизонтального польоту до точки роз'єднання складають один цілий літальний апарат.

У процесі виконання роботи було проведено вивчення аналогічних систем та комплексів, сформульовані методика та критерії дослідження характеристик концепції. На основі проведеної роботи було сформовано бачення рішення проблем взаємодії безпілотного літака-носія і транспортного планера та уточнені схеми реалізації системи у вигляді діючого зразка.

Відбувається збирання прототипу комплексу «безпілотний літак-носії + транспортний планер».

Список використаних джерел

1. Jane's.All.The.World's.Aircraft.2004.2005
2. Красильщиков А.П. Планеры СССР. М.Машиностроение. 1999 г.
3. Справочник авиаконструктора.Т.1. Аэродинамика. М. Изд-во ЦАГИ. 1937 г.
4. Зінченко Д.М. «Розрахунково-експериментальна оцінка аеродинамічних характеристик літака з механізованим крилом». Дисертація на здобуття наукового ступеня к.т.н. Київ 2007 р.
5. UAV Systems Airworthiness Requirements (USAR) for North Atlantic Treaty Organization (NATO) Military UAV Systems. draft STANAG 4671. Edition 1 – March 22nd, 2007
6. Aircraft Design projects for engineering students. Lloyd R. Jenkinson, James F. Marchman III 2003

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут аерокосмічних технологій

Кафедра авіа- та ракетобудування

ЗВІТ

З ПЕРЕДДИПЛОМНОЇ ПРАКТИКИ

ТЕМА: «Взаємний вплив літака-носія і транспортного планера»

Виконавець роботи:

студент групи АЛ91мп

Мельник Олексій Володимирович

(підпис, дата)

Науковий керівник:

К.т.н

Зінченко Дмитро Миколайович

(підпис, дата)

Київ 2020