



УДК 681.2

DOI: 10.31799/2077-5687-2021-2-26-32

СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОРГАНА УПРАВЛЕНИЯ (ЭЛЕВОН) АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СХЕМЫ «ЛЕТАЮЩЕЕ КРЫЛО»

Д. В. Еленин

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В статье рассматривается возможность создания двух схем экспериментального органа управления в полёте для БПЛА схемы «Летающее крыло». Приводится концепция создания реального прототипа для эксперимента в среде Solidworks Flow и в аэродинамической трубе с низкой скоростью набегающего потока.

Ключевые слова: крыло, аэродинамическая схема, БПЛА, летающее крыло.

Для цитирования:

Еленин Д. В. Создание экспериментального органа управления (элево́н) аэродинамической схемы «Летающее крыло» // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №2(28), ISSN 2077-5687. – СПб.: ГУАП., 2021 – с. 26-32. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-2-26-32.

CREATION OF AN EXPERIMENTAL CONTROL BODY (ELEVON) IN THE «FLYING WING» AERODYNAMIC SCHEME

D. V. Elenin

State University of Aerospace Instrumentation

The article discusses the possibility of creating two schemes of an experimental control body in flight for a UAV of the "Flying Wing" scheme. The concept of creating a real prototype for an experiment in the Solidworks Flow environment and in a wind tunnel with a low incoming flow velocity is presented.

Key words: wing, aerodynamic design, UAV, flying wing.

For citation:

Elenin D. V. Creation of an experimental control body (elevon) in the «Flying wing» aerodynamic scheme // System analysis and logistics.: №2(28), ISSN 2077-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2021 – p. 26-32. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-2-26-32.

Введение

В современной авиации беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА) уже плотно закрепились как отдельный подвид. Уже на сегодняшний день они выполняют множество задач и охватывают всё больше сфер, где их можно применить. В данном обзорном материале хотелось бы рассмотреть способ улучшения некоторых параметров БПЛА аэродинамической схемы «летающее крыло» в целях транспортировки различной полезной нагрузки.

Аэродинамическая схема «Летающее крыло» – разновидность схемы «бесхвостка» с редуцированным фюзеляжем, роль которого играет крыло, несущее все агрегаты.

Летающие аппараты (далее – ЛА), которые были созданы по такой схеме, увидели свет ещё в начале прошлого столетия. Первопроходцами в этой области были братья Хортен.

Особенностью «летающих крыльев», по сравнению с другими типами БПЛА, является отсутствие фюзеляжа, а также больших плоскостей управления, что снижает удельную массу планера и дает возможность существенно увеличить массу полезной нагрузки или запас топлива.

От привычной схемы ЛА её отличают 2 основных свойства:

- подъёмная сила генерируется всей поверхностью аппарата,
- у ЛА данного типа отсутствует хвостовое оперение.

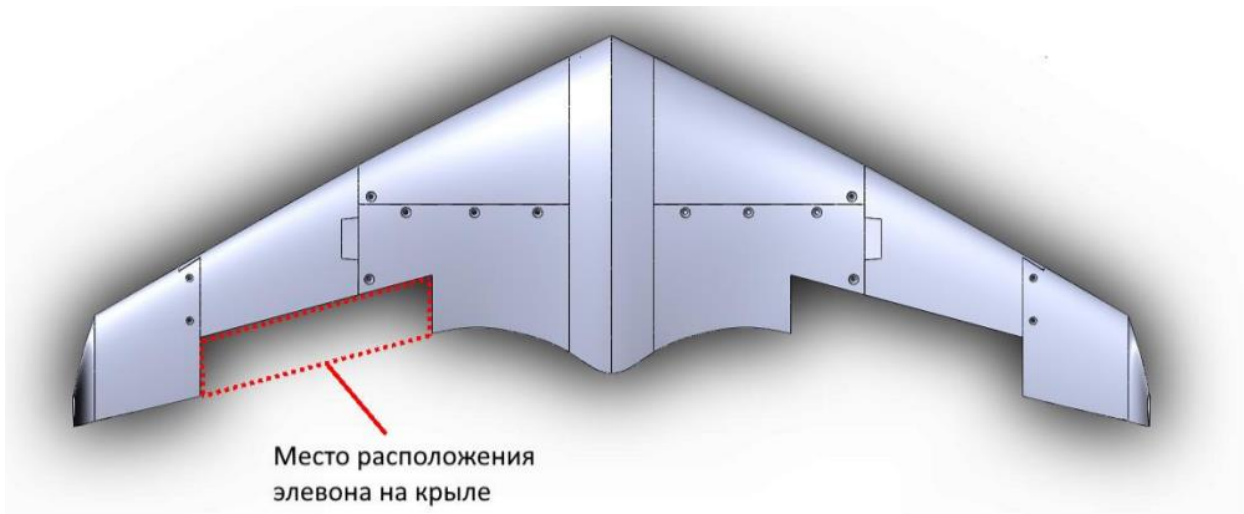


Рис. 1. Схематичное изображение БПЛА «Летающее крыло»

Из второй особенности вытекает следующее: у летающего крыла из-за отсутствия руля направления функцию корректировки курса и изменения высоты выполняет один и тот же орган управления – элевон.

Элевон – гибрид элеронов и руля высоты. Элевоны – аэродинамические органы управления самолётом, симметрично расположенные на задней кромке консоли крыла (см. рис. 1). Элевоны выполняют роль элеронов при управлении углом крена самолёта и руля высоты при управлении нормальной перегрузкой. Элевоны применяются на самолётах без горизонтального хвостового оперения, имеющих обычно схему типа «бесхвостка» или «летающее крыло». Для управления углом крена самолёта элевоны отклоняются дифференциально, то есть, например, для крена самолёта вправо правый элевон поворачивается вверх, а левый — вниз; и наоборот. Синфазное отклонение элевонов позволяет управлять нормальной перегрузкой самолёта, то есть, например, для увеличения тангажа самолёта в горизонтальном полёте оба элевона поднимаются вверх. Принцип действия элевонов состоит в том, что у части крыла, расположенной перед элевоном, поднятым вверх, подъёмная сила уменьшается, а у части крыла перед опущенным элевоном подъёмная сила увеличивается; при дифференциальном отклонении создаётся момент силы, изменяющий скорость вращения самолёта вокруг оси, близкой к продольной оси самолёта; а при синфазном отклонении создаётся момент силы, изменяющий скорость вращения самолёта вокруг боковой оси.

Элевон во время полёта работает в связке с сервоприводом. Это помогает ему откликаться на действия оператора или автопилота. Всё это необходимо для корректировки курса и стабилизации БПЛА. Так выглядит один из вариантов крепления механизма для изменения угла атаки элевона (см. рис. 2).

Механизация у многих беспилотников находится на внешней части крыла.

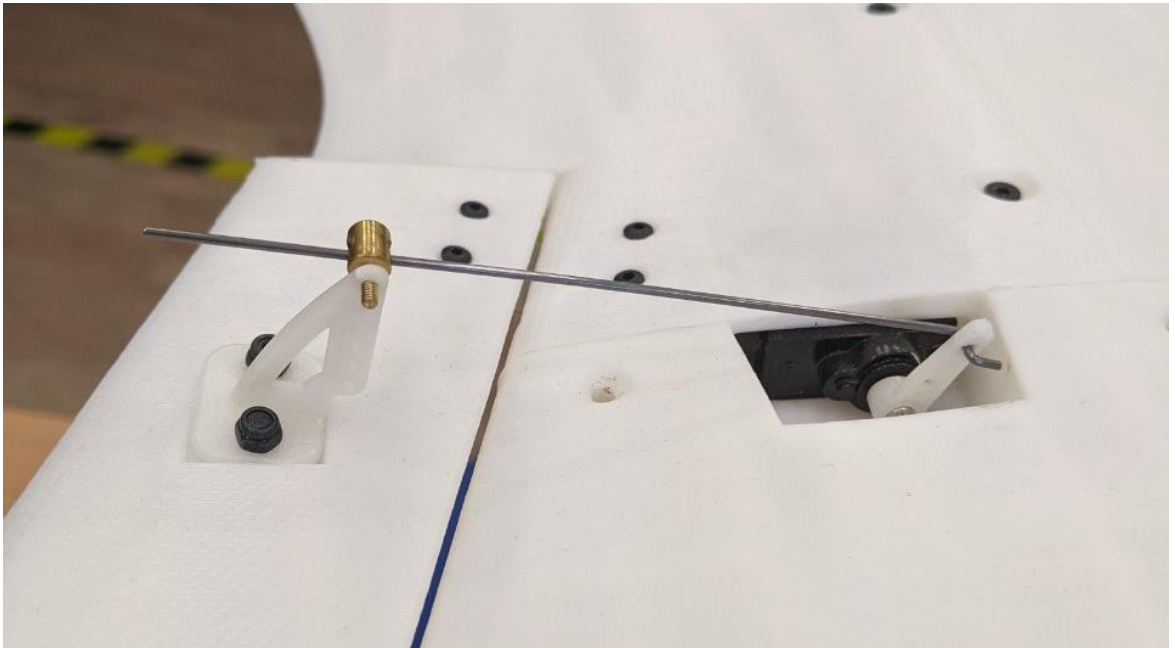


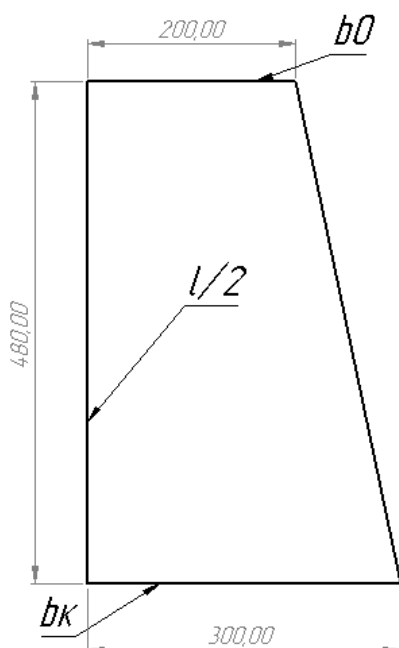
Рис. 2. Сервопривод, который приводит в движение элевон Летающего крыла

Экспериментальный элевон по факту является концепцией morphing wing, исследованием которых занимается множество аэродинамических лабораторий. Целью создания такого крыла является: сравнение аэродинамических свойств экспериментального образца с элевоном, который приведён выше.

Чтобы достичь более корректного сравнения двух разных способов крепления и управления элевона, будет создано крыло, которое по характеристикам совпадает с крылом, которое представлено на рисунке 3.

В основе исследования лежит аэродинамический профиль из серии NACA, а конкретно NACA 2414. Основные параметры профиля заложены в цифрах из названия [2].

Геометрические параметры полукрыла:



Корневая хорда: $b_o = 300$ мм

Концевая хорда: $b_k = 200$ мм

Размах: $l = 960$ мм

Сужение:

Площадь полукрыла находится по формуле площади трапеции:

Рис. 3. Трапецевидное полукрыло

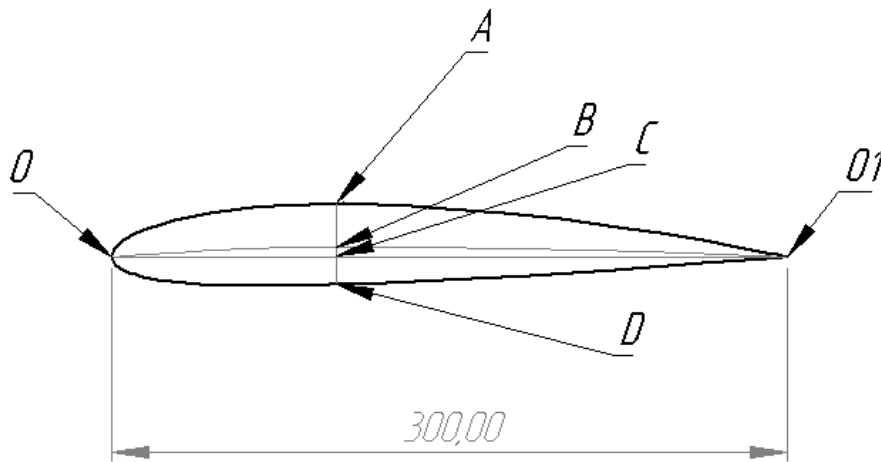


Рис. 4. Профиль NACA 2414

Основные параметры аэродинамического профиля NACA 2414:

OO_1 – хорда; OAO_1 – средняя линия (определение средней линии $AB = BD$); AC – максимальная кривизна профиля;

$\frac{BC}{OO_1/100}$ = относительная кривизна профиля ($f\%$); $\frac{AD}{OO_1/100}$ = относительная толщина профиля ($c\%$).

NACA 2414: $CD = 2\%$; $OC = 40\%$; $AD = 14\%$ от OO_1 .

Параметры и обозначение четырехзначного профиля NACA могут выражаться как в миллиметрах, так и в процентах от хорды. Тогда величины называют «относительными», например, относительная толщина или относительная кривизна профиля. В наименование четырехзначного профиля NACA входят значения относительных величин в процентах.

Прямая OO_1 , соединяющая самые удаленные точки профиля, называется хордой профиля. Средняя линия OAO_1 – это кривая из точек, равноудаленных по вертикали от верхней и нижней поверхности профиля [3].

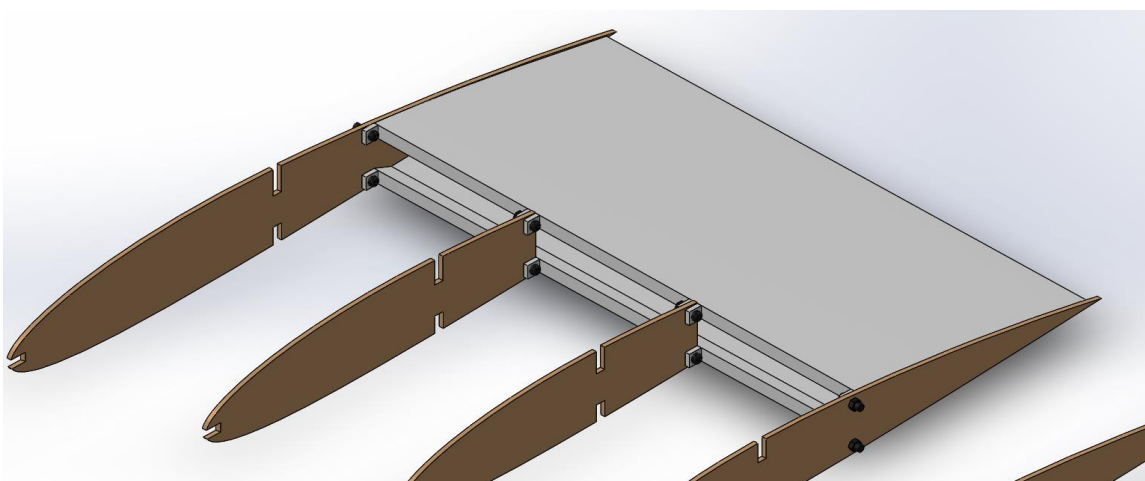


Рис. 5. Сборка деформирующегося элевона и части силового каркаса крыла

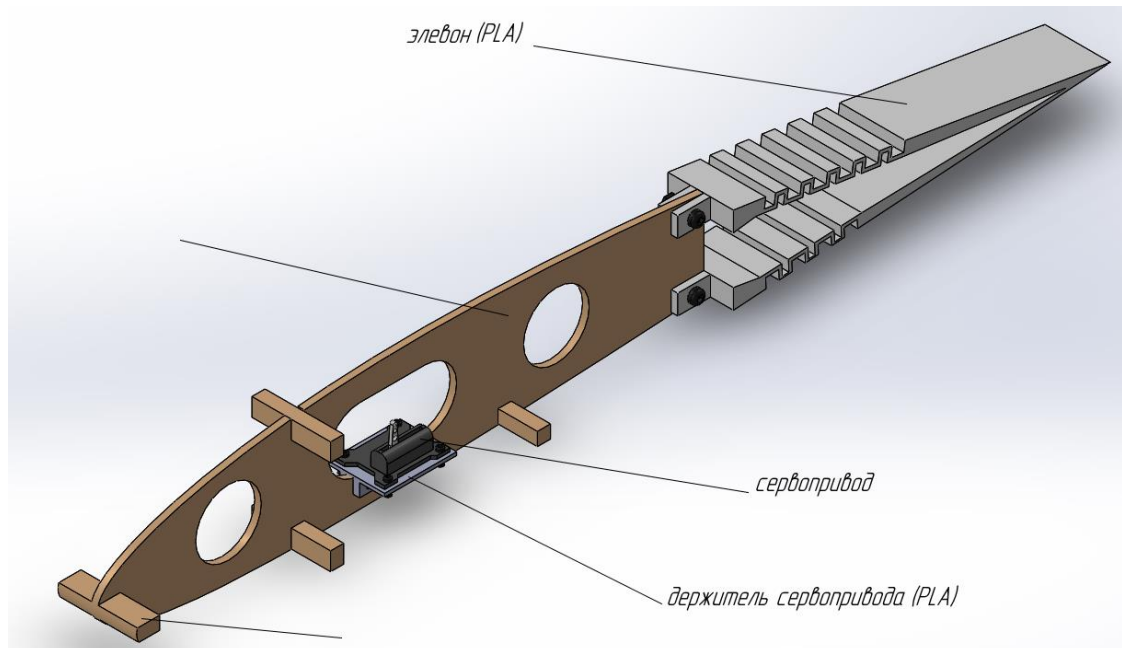


Рис. 6. Часть крыла (лонжерон с прикреплённым к нему элевонном в разрезе)

Элевон будет находиться в районе задней кромки крыла, выполнен из PLA-пластика, модель экспериментального элевона представлена на рисунке.

Центроплан БПЛА будет выполнен по технологии 3D-печати из PLA-пластика. Полукрыло имеет деревянный силовой каркас из бальсы и пластика, в частности некоторые стрингеры будут выполнены также по технологии 3D-печати.

Элевон по такой концепции будет изменять угол атаки вследствие изменения положения качалки сервопривода. PLA-пластик из-за своих характеристик позволяет распечатать элементы, которые могут изгибаться под действием сил, приложенных при помощи сервопривода.

Вторая концепция деформирующегося крыла заключается в изменении угла атаки по всей продольной плоскости (см. рис. 7, 8)

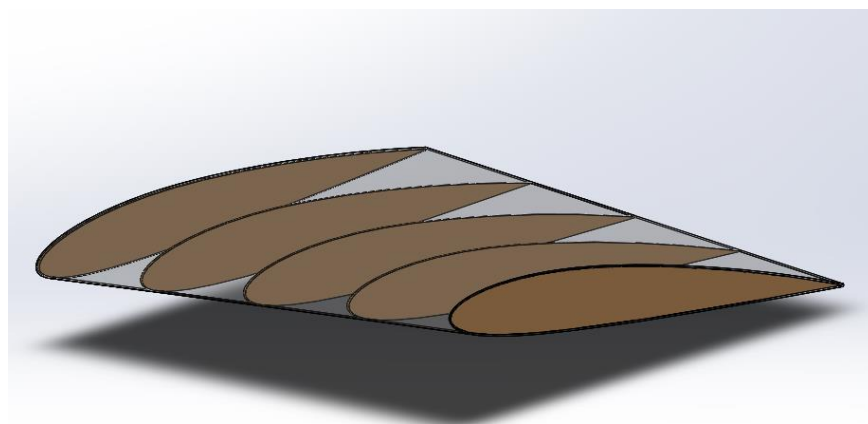


Рис. 7. Вторая концепция деформирующегося крыла

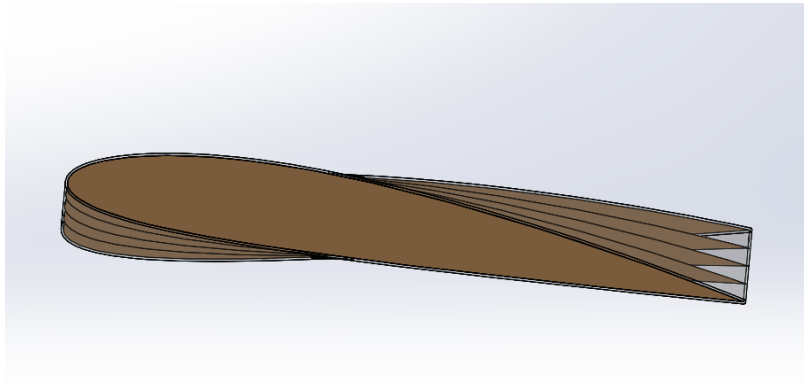


Рис. 8 Вид деформации сбоку

При такой компоновке необходимо выбрать другое решение силовых элементов в отличие от первой концепции. Также, как и первый образец, второй будет исследован в среде симуляции набегающего потока.

Для натурных испытаний данных крыльев необходимо использовать аэродинамическую трубу с низкой скоростью набегающего потока, чтобы полноценно произвести симуляцию реального полёта, т.к. БПЛА данного типа обычно двигаются на низких скоростях до 100 км/ч.

Деформирующееся крыло уже исследуется многими институтами, но до реального применения ещё не дошло [1, 4]. Эта концепция предполагает изменение геометрических параметров крыла во время полёта и избегает использования привычной механизации крыла. Целями аэродинамических экспериментов, связанных с деформирующимся крылом, являются: исследование аэродинамических качеств крыла; разработка силового каркаса способного принимать разные формы в зависимости от положения сервоприводов; интегрирование полукрыла в БПЛА «Летающее крыло» и облёт на реальном прототипе.

Такая концепция предполагает монолитное крыло, которое исключает крыло, в котором имеются прорези, отверстия, щели. Является адаптивным, что означает его способность деформироваться во время полёта в зависимости от режима полёта.

В большой авиации на эту концепцию возлагают надежды о снижении веса конструкции крыла, следовательно уменьшении расходов топлива. Также у технологии есть будущее и в сфере БПЛА, ведь такие крылья могут пригодиться в создании дальнего транспортного БПЛА, что на сегодняшний день является актуальной задачей.

Заключение

В ходе будущего эксперимента будут произведены аэродинамические исследования в симуляторе SolidWorks Flow, также будет собран макет крыла в масштабе 1:3. После выполненной работы можно будет произвести сравнительный анализ более выгодной механизации крыла будущего беспилотника и внедрить эту технологию в уже существующие БПЛА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. MIT news [Электронный ресурс] – URL: <https://bit.ly/3uSzMTq> (дата обращения: 10.05.2021 г.).
2. Airplane Flying Handbook, U.S. Department of Transportation FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION [Электронный ресурс] – URL: <https://bit.ly/2SLnbmI> (дата



обращения: 05.04.2021).

3. Самолётостроение, Самарский университет. [Электронный ресурс]. – URL: <https://bit.ly/3fkptAU> (дата обращения: 22.04.2021 г.).
4. Clean Sky's Morphing Wing project brings shape-shifting capabilities to European regional aircraft [Электронный ресурс]. – URL: <https://bit.ly/2QnYmfZ> (дата обращения: 03.05.2021).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Еленин Данил Витальевич —

студент кафедры аэрокосмических измерительно-вычислительных комплексов
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А
E-mail: lenin178192028@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Elenin Danil Vitalievich —

student of the Department of Aerospace Measuring and Computing Complexes
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: lenin178192028@mail.ru