

Экспериментальное исследование влияния изменения относительной толщины профиля на скоростные и взлётно-посадочные характеристики летающего крыла

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Описана работа по исследованию влияния управления относительной толщиной профиля на взлётно-посадочные и скоростные характеристики стреловидного крыла дельтаплана. Именно несущие свойства профилей, из которых набрано крыло летательного аппарата во многом определяет его лётные характеристики. Целью работы являлось расширение скоростного диапазона и увеличения аэродинамического качества спортивных дельтапланов. Для этого применена специальная механизация, позволяющая непосредственно управлять относительной толщиной профилей составляющих дельтапланерное крыло. Проведены многократные лётные испытания.

Ключевые слова: дельтаплан относительная толщина профиля, геометрическая крутка крыла.

В продолжение исследований проводимых в дельтапланерном клубе ОСКБ ХАИ описанных в [1] летом 2012 года проводились работы по исследованию влияния относительной толщины профиля дельтапланерного крыла на его взлётно-посадочные и скоростные характеристики.

Не смотря на давность проблематики, исследований непосредственного влияния управления толщиной профиля крыла на одном и том же летательном аппарате в полёте не наблюдается. Развитие получивших распространение крыльев пошло по пути наращивания взлётно-посадочной механизации изменяющей общую площадь крыла и кривизну его профиля за счёт физически отдельных элементов крыла, совершающих механические перемещения относительно центральной его части. Дельтаплан даёт возможность непосредственного исследовать влияние на лётные характеристики изменения относительной толщины профиля крыла летательного аппарата, при сохранении прочих условий.

В ходе экспериментов ставилась следующие задачи.

1. Подбор пар профилей для спортивных дельтапланов, для получения как хороших взлётно-посадочных характеристик, так и для получения хороших показателей скорости и АД качества.
2. Получение максимальных значений аэродинамического качества на режимах выполнения перехода и финишного долёта т.е. «режим максимального качества».
3. Получение минимальных скоростей снижения при высокой



Рис. 1. Stealth-KhAI-2-14 установка профилезадающих элементов

управляемости и достаточной устойчивости, т.е. “режим обработки потоков”.

4. Нахождение оптимальных способов изменения относительной толщины профиля крыла.

Исследовательские работы проводились с использованием ранее построенных спортивных дельтапланов серии Stealth-KhAI. (Рис. 1)

Профилировка крыла задаётся набором верхних – профильных, и нижних – прямых профилезадающих элементов – лат именно к ним и прикладываются усилия от механизмов изменяющих в полёте кривизну верхней поверхности профиля, а следовательно и его толщину.

Для выполнения исследований дельтапланы оснащались механической

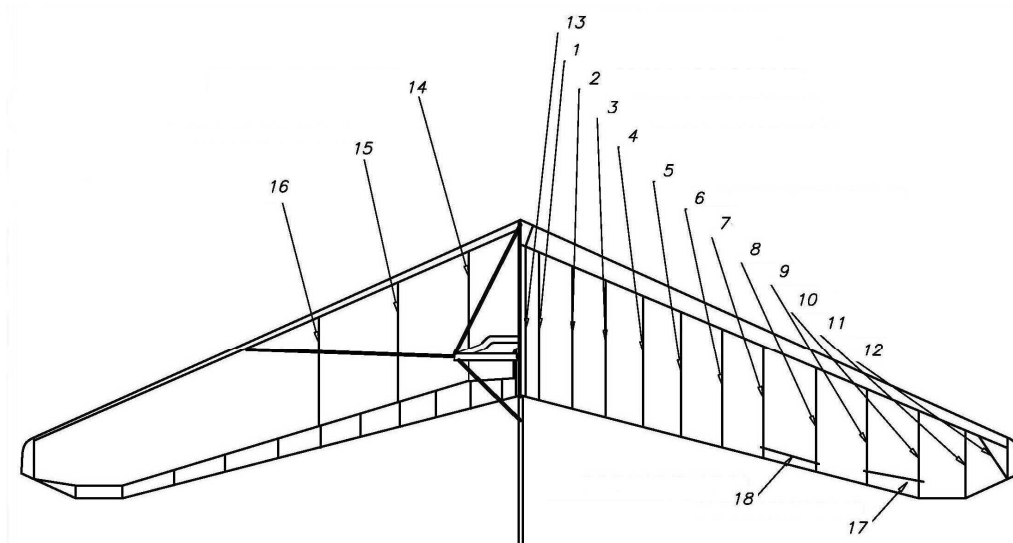


Рис. 2. Stealth-KhAI-2-14 профилезадающие элементы

1-лата верхняя №1, 2-лата верхняя №2, 3-лата верхняя №3, 4-лата верхняя №4, 5-лата верхняя №5, 6-лата верхняя №6, 7-лата верхняя №7, 8-лата верхняя №8, 9-лата верхняя №9, 10-лата верхняя №10, 11-лата верхняя №11, 12-лата упорная, 13-лата килевая №1, 14-лата нижняя №1, 15-лата нижняя №2, 16-лата нижняя №3, 17-лата АПУ концевое, 18-лата АПУ корневого

системой воздействующей на кривизну 1,2,3,4,5,6. верхних лат для дельтаплана Stealth-KhAI-2-13 и 1,2,3,4,5,6,7. верхних лат для дельтаплана Stealth-KhAI-2-14 (Рис. 2). Аппараты так же оснащены системой управления распределением геометрической крутки вдоль размаха крыла описанной в [1] Работа этих механизмов происходит одновременно, поскольку привод обоих производится продольным перемещением поперечной балки дельтаплана. При проведении ряда исследований выполнялись замеры вертикальных скоростей на заданных скоростях полёта с задействованием механизмов изменения относительной толщины крыла, и без его задействования. Механизм изменения крутки крыла на дельтапланах данной конструкции не задействовать не представляется возможным. Пилот исследова-

тель, находящийся в потоке воздуха скорость которого может превышать 100 км/ч для уменьшения сопротивления одет в специальную обтекаемую подвесную систему. В снаряжение пилота обязательно входит спасательный парашют.

Исследования проводятся отдельно на двух дельтапланах, Steals-KhAI-13 и Steals-KhAI-14 путём выполнения лётных испытаний с приборными замерах траекторной и вертикальной и скоростей.

В отличие от измерений проведенных в 2010 -11 г. которые проводились с помощью группы отдельных приборов, на этот раз был использован комбинированный прибор “Comreo+” совмещающий в одном устройстве скоростные измерения с опорой на анероидно-мембранные устройства и те же скоростные измерения с фиксацией трёхмерных координат, с опорой на спутниковую систему GPS, производства фирм Brauniger (рис. 3). Изменения вертикальной и траекторной скорости проводились с помощью Comreo+ им так же фиксировались точки пространственных измерений и скорости в этих точках с опорой на GPS координаты. Дополнительно, с целью проверки GPS координаты и скорости в них фиксировались отдельным прибором GPS, Garmin 60, что даёт возможность достоверно судить о траектории ЛА. Перед каждым стартом электронным термометром проводился замер температуры у поверхности земли. Температура на высотах 100...500 м, на которых выполнялись замеры, принималась равной приземной.



Рис. 3. Комбинированный прибор Brauniger Comreo+

Вертикальная скорость V_y снижения дельтаплана и его скорость по траектории V измерялись и записывались в память приборов Brauniger Comreo+ (анероидные и поточные измерения), и GPSmap60 (измерения с опорой на геостационарные спутники).

Комбинация приборов размещается на дельтаплане в поле зрения пилота. Крепление выполняется за стойки рулевой трапеции в их нижней части

В ходе исследований относительная толщина крыла, и величина его кривки могла задаваться в полёте посредством специального полиспаста.

Сначала с каждым из экземпляров дельтапланов выполнялись старты с ног со склона. В ходе этих полётов выполнялась предварительная оценка устойчивости и управляемости дельтаплана. Формировалась исходная регулировка, с которой дельтаплан допускался к тестовым буксировочным полетам.



Рис. 4. Взлёт Stealth KhAI-13 на буксировке

С целью выполнения измерений выполнялись автобуксировки дельтаплана на высоту 450...550 метров Рис. 4, и пилот проводил комплекс замеров. В ходе иссле-

дований на каждом из дельтапланов выполнялись тестовые полёты для оценки величины аэродинамического качества. В процессе каждого из таких полётов пилот исследователь выполнял группу скоростных прогонов дельтаплана – “измерительных полочек” Тестовые прогоны выполнялись на заранее оговоренной группе скоростей: 28, 30, 35, 38, 40, 42, 45, 50, 60, 80, 100, 120 км/ч. Возможность или не возможность выполнения тестового прогона на минимальных или максимальных скоростях определялась комбинацией геометрических характеристик дельтаплана. В ходе измерительного прогона пилот старался сохранять постоянный угол атаки ЛА в течение не менее 10 секунд, чтобы регистрирующие приборы смогли взять 4...5 отсчётов измеряемой вертикальной и траекторной скорости полёта.

Измерения выполнялись от минимальной возможной – предсрывной скорости, до максимально достижимой для данной конфигурации. В некоторых случаях, около максимальных скоростей, замеры приходилось прерывать ввиду достижения режимов динамической неустойчивости летательного аппарата. За один полёт с потерей высоты 300 – метров выполнялись 3...5 замеров значений вертикальной скорости при заданных значениях горизонтальной. На высотах ниже 200 метров скоростные полочки не выполнялись из соображений безопасности.

Для всех значений заданных траекторных скоростей V проводились измерения вертикальной скорости V_y (См. табл. 2 и 3).

По результатам проводимых исследований получены следующие результаты:

В ходе исследований тестовых образцов дельтапланов серии **Stealth KhAI** были выявлено влияние толщины профиля на скоростные, срывные характеристики и на величину аэродинамического качества. При увеличении относительной толщины профиля минимальная скорость Steals-KhAI-13 и Steals-KhAI-14 уменьшилась с 30 до 28 км/ч.

Таблица 1

Скорости	V , км/ч		V_y , м/с	
	Наименование	min	max	min
Steals-KhAI-13	30	110	-1,00	-7,9
Steals-KhAI-14	28	120	0,95	9,9

Сводная таблица максимальных и минимальных скоростей при минимальной и максимальной относительной толщине профилей.

Таблица 2

Значения V_y при различных скоростях полета

Steals-KhAI-13													
Скорости аппаратов V , км/ч	28	30	35	38	40	42	45	50	60	80	100	110	120
Без управления толщиной V_y , м/с	-	-1,7	-1,35	-1,2	-1,05	-1,1	-1,15	-1,4	-2,1	-3,7	-6,1	-7,8	-9,9
С управлением толщиной V_y , м/с	-1,8	-1,4	-1,05	-0,8	-0,75	-0,8	-0,9	-1	-1,6	-2,9	-4,9	-7,0	-

Таблица 3

Steals-KhAI-14													
Без управления толщиной V_y , м/с	-	-1,7	-1,35	-1,2	-1,05	-1,2	-1,25	-1,5	-2,4	-4,2	-6,3	-8,6	-10,7
С управлением толщиной V_y , м/с	-1,8	-1,4	-1,05	-0,8	-0,75	-0,85	-1	-1,2	-2,05	-3,6	-5,5	-7,6	-

Поляры, полученные при прогоне дельтаплана по режимам фиксированных скоростей отдельно для случаев управления только круткой крыла и для совместного управления относительной толщиной профиля и круткой.

Максимальная скорость 120 км/ч достигнута на минимальном значении крутки крыла при его штатной толщине. Минимальное значение скорости достигнуто на максимально увеличенной относительной толщине крыла и на максимальных значениях геометрической крутки.

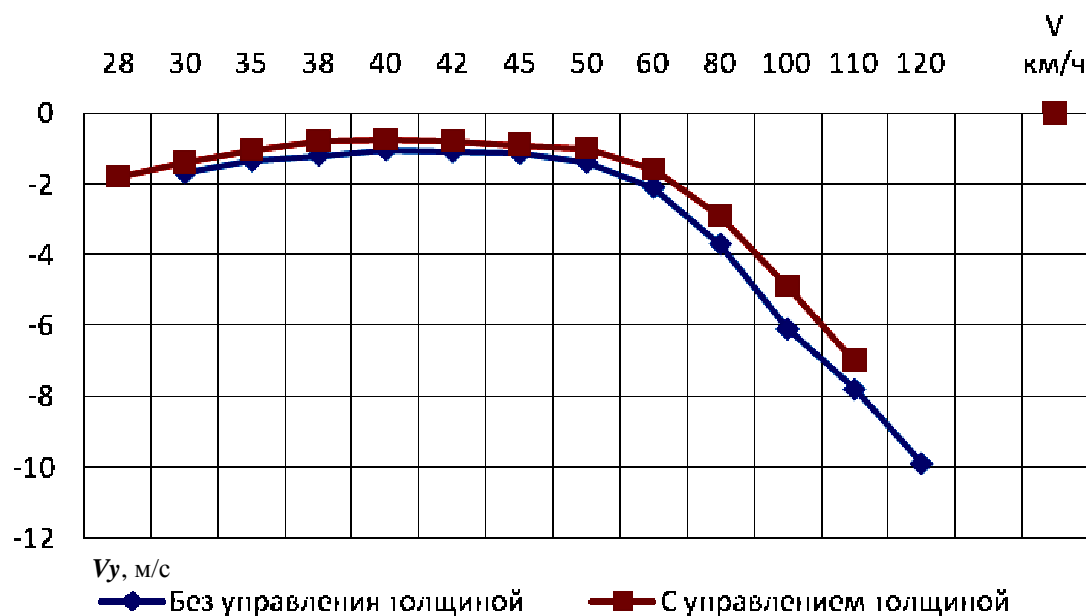
При испытаниях дельтаплана **Steals-KhAI-13** Температура у земли 18°C Полный взлётный вес дельтаплана с пилотом 119 кг.

При испытаниях дельтаплана **Steals-KhAI-14** Температура у земли 19,5°C. Полный взлётный вес дельтаплана с пилотом 136 кг.

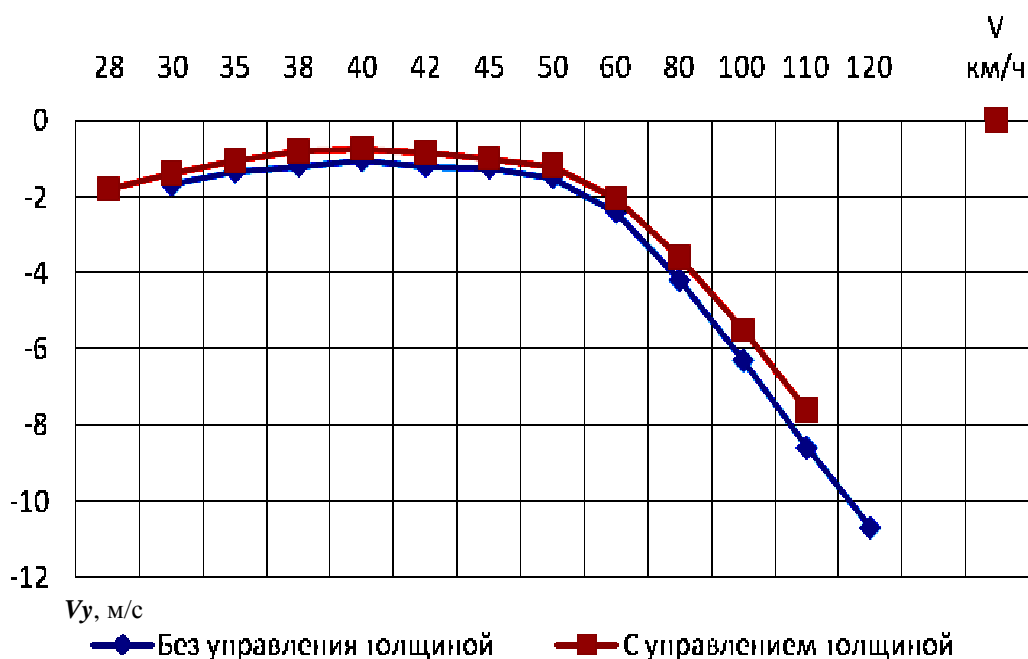
При увеличении относительной толщины профиля минимальная скорость Steals-KhAI-13 и Steals-KhAI-14 уменьшилась с 30 км/ч до 28 км/ч.

Выводы

1. Принудительное управление относительной толщиной профилей крыла дельтапланов серии Steals-KhAI позволило расширить скоростной диапазон и улучшить их взлётно-посадочные характеристики диапазон скоростей полёта от 28 до 124 км/ч и поднять максимальное аэродинамическое качество серии до 12.07.
2. Увеличение относительной толщины профилей крыла ограничивает максимальную скорость дельтаплана в этой конфигурации.
3. Поскольку изменение относительной толщины профиля выполнялось совместно с изменением крутки, вычленив самостоятельное влияние управления толщиной крыла на летательных аппаратах данной конструкции не представляется возможным.
4. Для исследования и формализации влияния управления относительной толщиной профилей крыла требуется постройка летательных аппаратов с независимым управлением круткой крыла и относительной толщиной профилей, или проведение физического эксперимента в аэродинамической трубе, на специально созданной модели.



а



б

а - Steals-KhAI-13, б - Steals-KhAI-14

Поляры дельтапланов с изменением толщины профиля и без

Список литературы

1. А.Н. Тиховский Экспериментальное исследование влияния величины геометрической крутки и поперечного "V" на АД качество, устойчивость и управляемость летающего крыла. Национальный аэрокосмический университет "ХАИ", г Харьков, Украина.

2. Клименко А.П., Никитин И.В. Мотодельтапланы: Проектирование и теория полета. Патриот, 1992. 217 с.

3. Азарьев И.А., Горшенин Д.С., Силков В.И. Практическая аэродинамика дельтаплана. Машиностроение, 1992. 288 с.

Рецензент: д. т. н., проф., А.И. Рыженко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцию 4.12.12

Експериментальне дослідження впливу зміни відносної товщини профілю на швидкісні та злітно-посадочні властивості літаючого крила

Робота по дослідженню впливу керуванням відносною товщиною профілю на злітно-посадочні та швидкісні властивості стрілоподібного крила дельтаплана. Саме несучі властивості профілів з яких набране крило літального апарата здебільшого визначають його льотні якості. Ціллю роботи є розширення швидкісного діапазону та збільшення аеродинамічної якості спортивних дельтапланів. Для цього перемінено спеціальну механізацію, що дозволяє безпосереднє керувати відносною товщиною профілів з яких набране крило дельтаплана. Проведені багаторазові льотні випробування

Ключові слова: Дельтаплан, відносна товщина профілів, крутка крила.

Експериментальне дослідження впливу зміни відносної товщини профілю на швидкісні та злітно-посадочні властивості літаючого крила

Describes the work on the effect of relative thickness profile control on landing and speed characteristics of swept-wing glider. It is load-bearing properties of the profiles are scored wing aircraft largely determines its performance. The aim of the work is an extension of the velocity-velocity range and increase aerodynamic efficiency sport gliders. We apply special mechanization that would directly control the relative thickness profile is hang wing. Conducted multiple test flights.

Keywords: Hangglider, twist of wing, the relative thickness.