

УДК 629.7.022, 623.624.9

Е.А. Українець

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

## АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ЗАМЕТНОСТИ МОДЕЛИ БЕСПИЛОТНОГО САМОЛЕТА С КРЫЛОМ АСИММЕТРИЧНО ИЗМЕНЯЕМОЙ СТРЕЛОВИДНОСТИ

Представлены результаты эксперимента с моделями беспилотного самолета с крылом асимметрично изменяемой стреловидности в безэховой камере Харьковского национального университета. В результате обработки экспериментальных данных получены характеристики рассеяния при различном положении крыла асимметрично изменяемой стреловидности. Сделан вывод о негативном влиянии отрицательной стреловидности крыла на радиолокационную заметность самолета.

**Ключевые слова:** крыло асимметрично изменяемой стреловидности, аэродинамическая труба, безэховая камера, аэродинамические характеристики, характеристики радиолокационной заметности, модельный эксперимент, многоцелевой БПЛА.

### Введение

Одним из вариантов удовлетворения противоречивым требованиям к аэродинамической компоновке многоцелевого беспилотного самолета является применение крыла изменяемой геометрии [1], что, вероятно, имеет также преимущество и с точки зрения радиолокационной заметности. В схеме с крылом асимметрично изменяемой стреловидности (КАИС) крыло крепится к фюзеляжу с помощью одного поворотного шарнира, а изменение стреловидности консолей при повороте крыла происходит одновременно, но имеет противоположный знак. Сравнительный анализ самолетов, выполненных по стандартной схеме с изменяемой стреловидностью, позволил сделать вывод о том, что для схемы с КАИС лобовое сопротивление меньше на 20%, масса конструкции – на 14%, волновое сопротивление при полете на сверхзвуковых скоростях – на 26% [2].

Применение КАИС имеет такие недостатки:

– при большом угле стреловидности консоль с прямой стреловидностью имеет больший эффективный угол атаки, чем консоль с обратной стреловидностью, что приводит к асимметрии лобового сопротивления консолей и, как следствие, к возникновению разворачивающих моментов по крену, тангажу и рысканию.

– в схеме высокоплан вдвое больший рост толщины пограничного слоя вдоль размаха, что приводит к несимметричному срыву потока и, как следствие, к возникновению интенсивных разворачивающих моментов по крену, тангажу и рысканию.

Указанные негативные эффекты могут быть существенно ослаблены путем применения цифровой системы электродистанционного управления, автоматически воздействующей на органы аэродинамического управления в зависимости от скорости полета,

угла атаки и угла стреловидности крыла, а также применения системы сдува (отсоса) пограничного слоя с крыла [2]. Это потребовало проведения дополнительных исследований, поскольку аэродинамические характеристики КАИС и крыла обратной стреловидности изучены недостаточно полно [3]. В результате проведенного модельного эксперимента в аэродинамической трубе Т-1 Харьковского университета Воздушных Сил сделаны такие выводы:

– различие аэродинамических характеристик моделей со стреловидными крыльями прямой, обратной и асимметрично изменяемой стреловидности на линейном участке зависимости  $C_{ya} = f(\alpha)$  незначительно и находится в пределах точности получаемых экспериментальных данных. Однако характер обтекания крыльев различного знака стреловидности на закритических углах атаки существенно различается.

– модель с нулевым углом стреловидности крыла имеет наибольшее аэродинамическое качество, превосходящее аэродинамическое качество моделей с ненулевыми углами стреловидности, а также наибольшие несущие свойства на линейном участке зависимости  $C_{ya} = f(\alpha)$ ;

– при малых дозвуковых скоростях аэродинамические характеристики модели с КАИС не имеет существенных количественных различий в аэродинамических характеристиках перед крыльями прямой и обратной стреловидности.

Определение характеристик радиолокационной заметности крыльев прямой, обратной и асимметричной стреловидности выходило за рамки работ [2, 3].

**Целью статьи** является экспериментальное определение характеристик радиолокационной заметности аэродинамической компоновки БПЛА с крылом асимметрично изменяемой стреловидности.

## Результаты исследований

Для проведения эксперимента в аэродинамической трубе Т-1 Харьковского университета Воздушных Сил и безэховой камере Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина была изготовлена модель БПЛА с КАИС и фюзеляжем треугольной формы поперечного сечения. При изготовлении модели соблюдался принцип модульности, что позволяло использовать общие элементы конструкции и облегчало проведение сравнительного анализа аэродинамических характеристик и характеристик радиолокационной заметности. Для проведения модельного эксперимента в безэховой камере поверхность модели металлизировалась. На рис. 1 представлены схемы исследуемых моделей, на рис. 2, 3 – внешний вид моделей в рабочей части БЭК. Методика проведения эксперимента аналогична методике, представленной в [4].

На рис. 4-8 представлены результаты эксперимента с моделью БПЛА с крылом асимметрично изменяемой стреловидности и фюзеляжем треугольной формы поперечного сечения в БЭК ХНУ, величина ЭПР отнормирована по максимальному значению ЭПР  $\bar{\sigma} = \sigma/\sigma_{\max}$  модели.

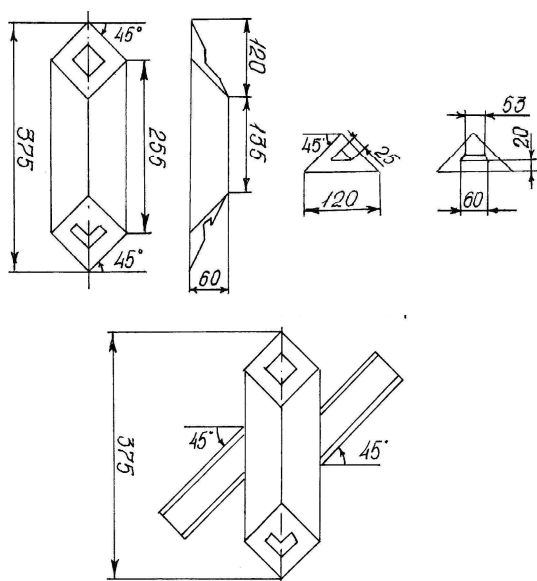


Рис. 1. Схема моделей БПЛА с крылом асимметрично изменяемой стреловидности

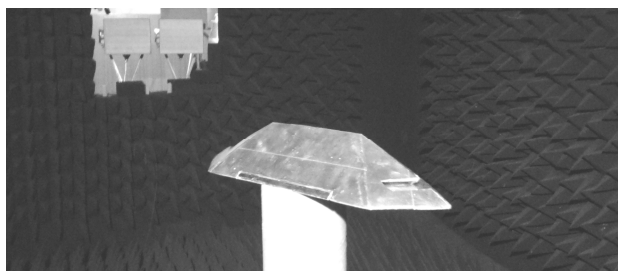


Рис. 2. Фотография внешнего вида модели БПЛА в безэховой камере (крыло убрано)

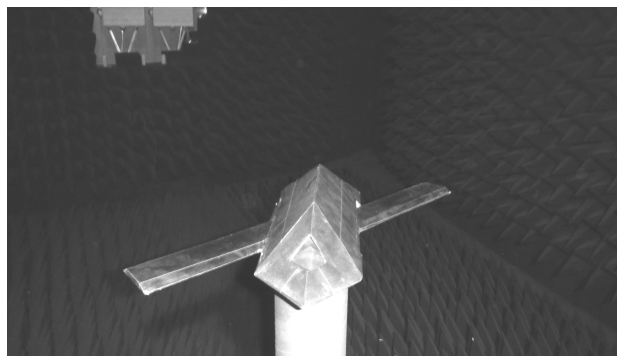


Рис. 3. Фотография внешнего вида модели БПЛА в безэховой камере (крыло выпущено)

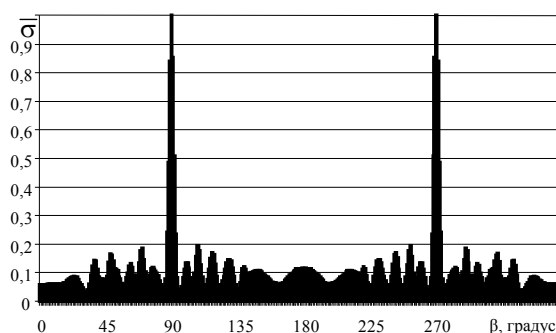
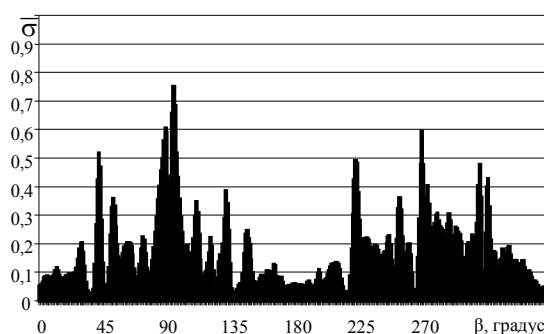


Рис. 4. Диаграмма относительной ЭПР модели



БПЛА с убраным крылом при угле места  $\varphi = 0^\circ$   
Рис. 5. Диаграмма относительной ЭПР модели БПЛА с выпущенным крылом при угле места  $\varphi = 0^\circ$

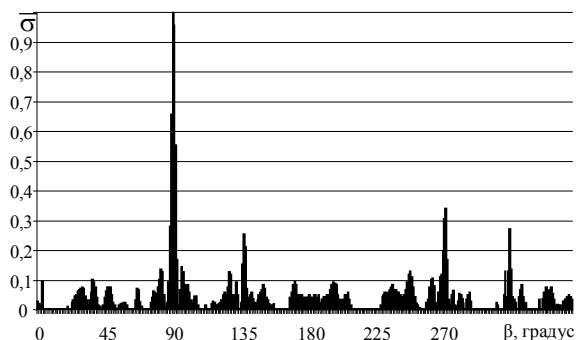


Рис. 6. Диаграмма относительной ЭПР модели БПЛА с выпущенным крылом при угле места  $\varphi = -10^\circ$

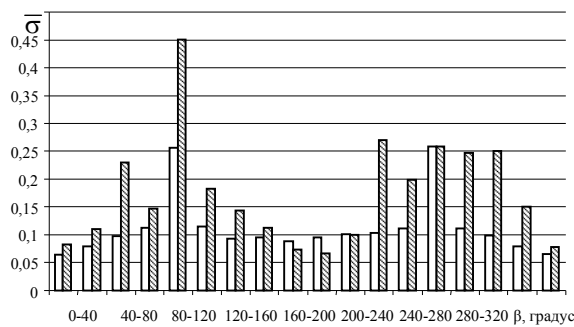


Рис. 7. Диаграмма относительной ЭПР модели БПЛА с выпущенным (заштрихованные столбцы) и убраным (не заштрихованные столбцы) при угле места  $\varphi=0^\circ$  в двадцатиградусных диапазонах азимута

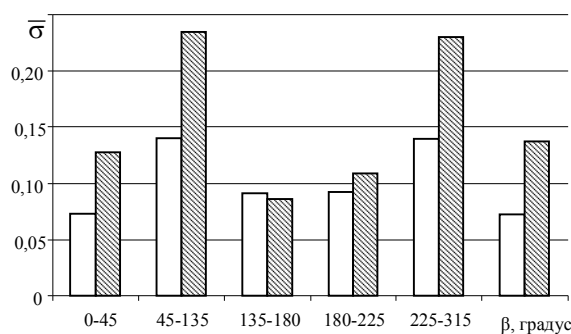


Рис. 8. Диаграмма относительной ЭПР модели БПЛА с выпущенным (заштрихованные столбцы) и убраным (не заштрихованные столбцы) при угле места  $\varphi=0^\circ$  в шести диапазонах азимута

## Выводы

Анализ представленных зависимостей позволяет сделать следующие выводы:

– диаграммы относительной ЭПР модели БПЛА с КАИС существенно несимметричны относительно оси  $0^\circ-180^\circ$  и имеет 6 не равных по величине максимумов в азимутах  $90^\circ$ ;  $275^\circ$ ;  $135^\circ$  и  $315^\circ$ ;  $45^\circ$  и  $225^\circ$ ;

– максимум ЭПР в азимуте  $90^\circ$  (большой максимума ЭПР в азимуте  $270^\circ$  при угле места  $-10^\circ$  приблизительно в 3 раза) обусловлен переотражением между боковой панелью фюзеляжа и консолью крыла обратной стреловидности. Таким образом, при отсутствии радиопоглощающих материалов на боковой поверхности фюзеляжа крыло обратной стреловидности повышает уровень ЭПР всего БПЛА, что не позволяет рекомендовать использование КАИС для уменьшения радиолокационной заметности;

– максимумы ЭПР в азимутах  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$  и  $315^\circ$  обусловлены отражением от кромок крыла;

– поскольку кромки крыла и переотражение между крылом и фюзеляжем повышают уровень ЭПР БПЛА, полная уборка крыла в полете является эффективным средством снижения уровня ЭПР преобразуемого в полете БПЛА.

В дальнейшей работе предполагается создание летающей модели БПЛА с КАИС.

## Список литературы

1. Цихош Э. *Сверхзвуковые самолеты* [Текст] / Э. Цихош. – М.: Мир, 1983. – 424 с.
2. Бауэрс П. *Летательные аппараты нетрадиционных схем* [Текст] / П.Бауэрс. – М.: Мир, 1991. – 320 с.
3. *Экспериментальное определение аэродинамических характеристик модели самолета с крылом асимметрично изменяемой стреловидности* [Текст] / Ю.В. Скорый, Е.В. Спиркин, Е.А. Украинец, И.И. Шабрат // Системы управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2010. – Вип. 2 (14). – С. 132-135.
4. Украинец Е.А. *Аэродинамические характеристики и радиолокационные характеристики модели беспилотного самолета с преобразуемым крылом* [Текст] / Е.А. Украинец // Системы озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 3(39). – С. 157-161.

Надійшла до редколегії 29.10.2014

Рецензент: д-р техн. наук, ст. наук співр. В.В. Логінов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ПОМІТНОСТІ МОДЕЛІ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАКА З АСИМЕТРИЧНИМ СТРІЛОПОДІБНИМ КРИЛОМ

Є.О. Українець

Представлені результати експерименту з моделями безпілотного літака з асиметричним стрілоподібним крилом в безеховій камері Харківського національного університету. В результаті обробки експериментальних даних отримані характеристики розсіювання при різному положенні асиметричного стрілоподібного крила. Зроблено висновок про негативний вплив негативної стрілоподібності крила на радіолокаційну помітність літака.

**Ключові слова:** асиметричне стрілоподібне крило, аеродинамічна труба, безехова камера, аеродинамічні характеристики, характеристики радіолокаційної помітності, модельний експеримент, багатопільовий БПЛА.

## AERODYNAMIC PROPERTIES AND CHARACTERISTICS OF RADAR VISIBILITY OF A MODEL OF THE PILOTLESS AIRPLANE WITH A BLADE OF ASYMMETRICALLY VARYING-SWEEP

E.A. Ukrainets

Results of experiment with models of the pilotless airplane with a blade of asymmetrically varying-sweep in the echoless chamber of the Kharkov national university are presented. As a result of handling of experimental data dispersion characteristics at a various position of a blade of asymmetrically varying-sweep are received. The conclusion on negative effect of a sweep forward of a blade on a radar visibility of the airplane is drawn.

**Keywords:** a wind tunnel, the echoless chamber, aerodynamic properties, characteristics of radar visibility, modeling experiment, multi-purpose airplane.