

**ОДИН З ПІДХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ І СТАБІЛЬНОСТІ  
ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПЕРЕДАЧІ-ПРИЙОМУ ІНФОРМАЦІЇ**

В.О. Воскобойник

Забезпечення стійкості і стабільності функціонування технічних засобів передачі-прийому інформації завжди були, є і будуть актуальними. Їх забезпечують функціонально і конструктивно-закінчені радіоелектронні компоненти - радіоелектронні засоби у вигляді блоків з набором друкованих вузлів (ДУ). Конструкція ДУ радіоелектронної апаратури являє собою складну динамічну (з точки зору вібраційних впливів) систему, конструктивною особливістю якої є те, що ДУ є пластиною з локально розташованими масами та жорсткостями, що вносять радіоелементи, та має безліч варіантів її закріплення, описати які класичними методами неможливо. Ця особливість сильно впливає на динамічні характеристики конструкції ДУ і її радіоелементи, а, отже, вимагає розробки спеціальних методів моделювання, математичного аналізу та оптимального проектування. У статті запропоновано один з практичних підходів до вирішення зазначених завдань.

**Ключові слова:** технічні засоби прийому-передачі інформації, надійність, математичне моделювання, оптимізація, оптимальне проектування.

**ONE OF THE APPROACHES TO THE SUSTAINABILITY AND STABILITY OF FUNCTIONING  
OF THE TECHNICAL DEVICES OF TRANSMISSION-RECEPTION OF INFORMATION**

V.O. Voskoboynik

Ensuring the sustainability and stability of the technical devices of transmitting and receiving information have always been, is and will be relevant. These properties are provided by a functionally and structurally complete radio-electronic components - radio-electronic devices in the form of blocks with a set of printed circuit assemblies (PCA). Design of PCA is a complex dynamic (in terms of vibration effects) system the feature of which is that the PCA is a plate with a locally arranged masses and stiffness's introduced by radio- elements, and having a lot of options of its restraints, description of which by classical methods is impossible. This feature greatly affects the dynamic characteristics of the design of PCA and its radioelements, and, therefore, requires the development of specific methods of modeling, mathematical analysis and optimal design. This paper proposes one of the practical approach to solving these problems.

**Keywords:** technical devices of information transfer, reliability, mathematical modeling, optimization, optimal design.

УДК 629.73.017.2

И.Б. Ковтонюк

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

**АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕХАНИЗАЦИИ ТОНКОГО  
ПРОФИЛЯ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ УГЛОВ АТАКИ ПРИ ОБТЕКАНИИ  
ПОТОКОМ ИДЕАЛЬНОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ**

В качестве органа управления креном предложен интерцептор, расположенный на нижней стороне несущей поверхности. Проведен сравнительный анализ аэродинамической эффективности различных видов механизации тонкого профиля в широком диапазоне углов атаки.

**Ключевые слова:** профиль крыла, механизация профиля, интерцептор, коэффициент давления.

**Введение**

В современной практике пилотирования маневренных летательных аппаратов возможен выход на режимы полета с закритическими углами атаки, когда поперечное управление с помощью традиционных органов (элеронов, флаперонов) неосуществимо в силу потери их аэродинамической эффективности [1, 2]. Настоящее исследование имеет целью поиск возможных органов управления креном при полете на около- и закритических углах атаки.

**Основной материал**

Рассмотрим неустановившееся движение тонкого профиля с механизацией в идеальной несжимаемой среде под углом атаки  $\alpha$  с постоянной по-

ступательной скоростью. Введем прямоугольную систему координат  $OXY$ , жестко связанную с профилем. Начало системы координат поместим в носке профиля. Задача решается методом дискретных вихрей в нелинейной нестационарной постановке. Основные положения данного метода и система обозначений изложена в [3]. В данной работе рассмотрены только особенности, связанные с проводимыми исследованиями.

Для оценки влияния механизации на картину распределения давления определялись коэффициенты давления  $C_p$  на верхней и нижней поверхности профиля и механизации. Для этого интеграл Коши-Лагранжа (1) на каждом расчетном шаге по времени применялся к нижней ("−") и верхней ("+") сторонам несущих поверхностей

$$C_{P_{\mu\pm}} = 1 - \vartheta_{\mu\pm} - 2 \frac{\partial \phi_{\pm}}{\partial \tau} \quad (1)$$

Затем определялись осредненные по времени величины коэффициентов давления и аэродинамических коэффициентов. В ходе численного эксперимента исследовалось влияние месторасположения интерцептора на профиле на его эффективность на закритических углах атаки. Профиль с интерцептором моделировался  $N=25$  дискретными вихрями.

На рис. 1 приведена зависимость осредненных значений коэффициента нормальной силы  $C_y$  профиля без механизации и профиля с различными вариантами установки интерцептора вдоль хорды на верхней и нижней поверхности. Осреднение проводилось на интервале безразмерного времени  $\tau : 0 \leq \tau \leq 7,5$ . Режим обтекания – отрывной.

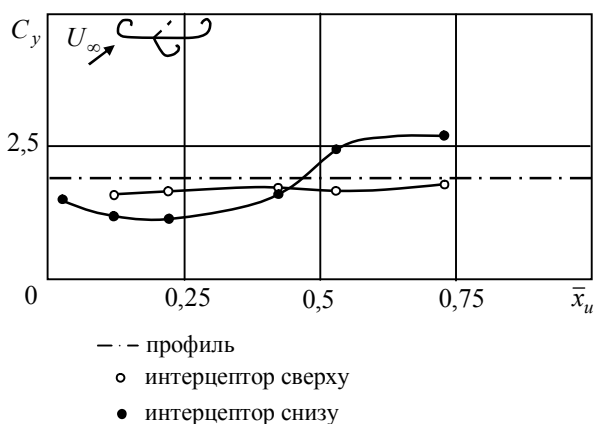


Рис. 1. Зависимость осредненных значений коэффициента нормальной силы  $C_y$  профиля с различными вариантами установки интерцептора вдоль хорды

Отрыв потока во всех случаях фиксировался на носке профиля и на задней кромке интерцептора. Угол атаки составлял  $\alpha = 30^\circ$ , угол отклонения интерцептора -  $\delta_u = 45^\circ$ , относительная хорда интерцептора -  $\bar{b}_u = b_u / b = 0,275$ ; (где  $b_u$  – хорда интерцептора,  $b$  – хорда профиля).

Результаты расчета подтверждают известный факт потери эффективности интерцептора, расположенного на верхней поверхности профиля, при отрыве потока с носка профиля. Для всех рассмотренных случаев положения оси поворота интерцептора:  $\bar{x}_{u+} = 0,125$ ;  $\bar{x}_{u+} = 0,225$ ;  $\bar{x}_{u+} = 0,425$ ;  $\bar{x}_{u+} = 0,525$ ;  $\bar{x}_{u+} = 0,725$ ; коэффициент  $C_y$  изменяется незначительно ( $\bar{x}_u = x_u / b$ , где  $x_u$  – координата оси поворота интерцептора, “+” – означает размещение интерцептора на верхней поверхности профиля, “-” – на нижней).

Распределение осредненных значений коэффициентов давления на верхней  $C_{p_B}$  и нижней  $C_{p_H}$  поверхности профиля при  $\bar{x}_{u+} = 0,725$ ; приведено на рис. 2.

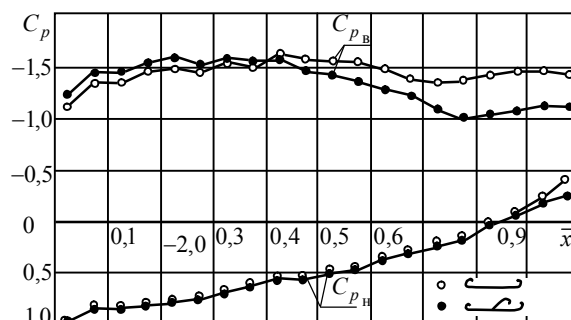


Рис. 2. Распределение осредненных значений  $C_{p_B}$  и  $C_{p_H}$  по профилю при  $\bar{x}_{u+} = 0,725$ .

Размещение интерцептора на нижней поверхности профиля, вне отрывной зоны, позволяет сохранить управляющее воздействие интерцептора на больших углах атаки. Численное исследование показывает, что максимальный управляющий эффект обеспечивает установка интерцептора вблизи задней  $\bar{x}_{H-} = 0,725$ , либо передней  $\bar{x}_{H-} = 0,225$  кромки профиля. В первом случае интерцепторы работают в “традиционном” режиме – управляющее воздействие достигается за счет суммы следующих трех эффектов (рис. 3): а) торможения потока и увеличения давления на нижней поверхности профиля перед интерцептором; б) увеличения разрежения на верхней поверхности профиля, что обусловлено увеличением интенсивности носовой вихревой пелены; в) повышения давления на нижней и разрежения на верхней поверхности самого интерцептора. В итоге коэффициент  $C_y$  профиля увеличивается. Область пониженного давления в отрывной зоне за интерцептором несколько уменьшает управляющий эффект.

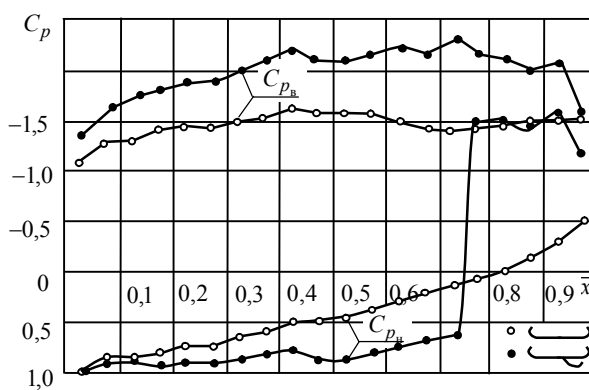


Рис. 3. Распределение осредненных значений  $C_{p_B}$  и  $C_{p_H}$  на профиле при  $\bar{x}_{H-} = 0,725$ .

Однако, ниже будет показано, что эффективность управления при использовании данного режима работы интерцептора резко уменьшается с ростом угла атаки  $\alpha$ .

В данном исследовании рассматривается возможность создания управляющего эффекта интерцептора не за счет торможения потока, а за счет разрежения, возникающего в отрывной зоне за интерцептором.

На рис. 4 показано распределение осредненной нагрузки для случая  $\bar{x}_{и-} = 0,225$ . Зона отрыва с пониженным давлением охватывает всю поверхность от оси поворота интерцептора до задней кромки, что приводит к значительному уменьшению коэффициента  $C_y$ . Управляющее воздействие несколько уменьшается торможением потока перед интерцептором и нагрузкой, действующей на интерцептор. Эффективность интерцептора для случая  $\bar{x}_{и-} = 0,225$  примерно равна эффективности для случая  $\bar{x}_{и-} = 0,725$ .

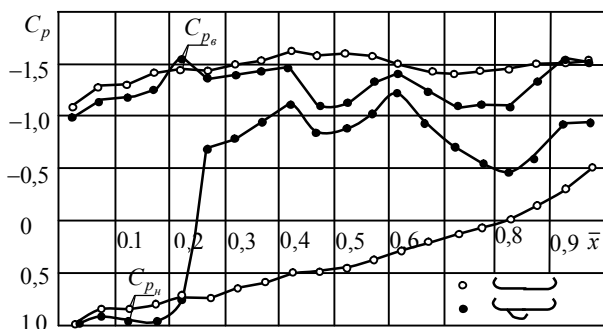


Рис. 4. Распределение осредненных значений  $C_{pв}$  и  $C_{pн}$  на профиле при  $\bar{x}_{и-} = 0,225$

На рис. 5 представлена зависимость модуля коэффициента  $|\Delta\bar{C}_y|$  от угла атаки для профиля с различными видами механизации ( $\Delta\bar{C}_y = \Delta C_y / C_y$ , где  $\Delta C_y$  - изменение коэффициента нормальной силы при отклонении механизации,  $C_y$  - значение коэффициента нормальной силы при неотклоненной механизации). При  $\alpha \geq 30^\circ$  расчеты велись по отрывной схеме, при  $\alpha < 30^\circ$  – по безотрывной схеме. Расположение интерцептора при  $\bar{x}_{и-} = 0,225$  позволяет достигать управляющий эффект до  $\alpha \approx 75^\circ$ , в то время, как профиль с закрылком ( $\bar{x}_3 = 0,725$ ), отклоненным на угол  $\delta_3 = 45^\circ$ , и профиль с интерцептором при  $\bar{x}_{и-} = 0,725$  теряют эффективность при  $\alpha = 50^\circ$ .

Управляющий эффект зависит от угла отклонения интерцептора  $\delta_u$ . С ростом угла атаки, угол отклонения интерцептора, при котором достигается максимальный управляющий эффект, уменьшается.

Установка интерцептора со щелью  $\bar{\Delta}_u = 0,1$ ;  $\bar{x}_{и-} = 0,225$ ;  $\delta_u = 45^\circ$  приводит к уменьшению управляющего эффекта из-за попадания потока в зону разрежения за интерцептором и повышения давления в ней.

На малых углах атаки, при расположении оси поворота интерцептора на расстоянии  $\bar{x}_{и-} = 0,225$

от носка профиля, интерцептор теряет эффективность, что вызвано ростом нагрузки из-за сильного разрежения на верхней поверхности (рис. 6).

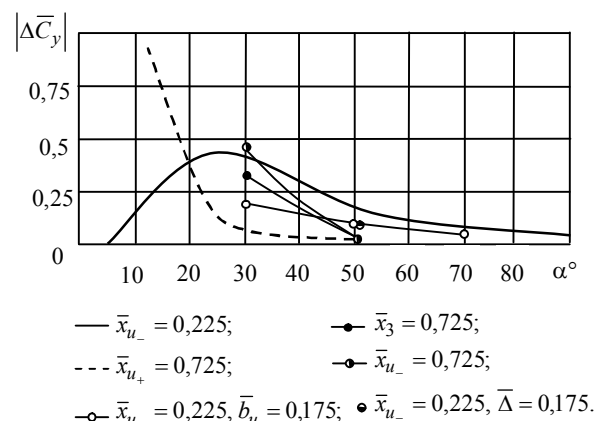


Рис. 5. Зависимость модуля относительного изменения коэффициента нормальной силы  $\Delta\bar{C}_y$  от угла атаки  $\alpha$  для различных видов механизации профиля.

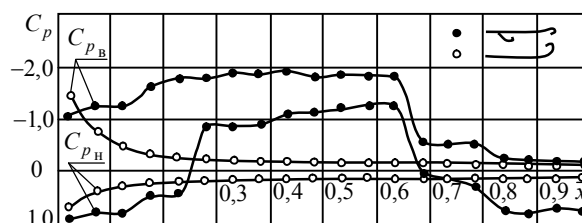


Рис. 6. Распределение осредненных значений  $C_{pв}$  и  $C_{pн}$  по профилю при  $\bar{x}_{и-} = 0,225$  на угле атаки  $\alpha = 5^\circ$

### Выводы

Таким образом, одним из возможных вариантов органа управления креном на больших, в том числе закритических, углах атаки, является интерцептор, расположенный на нижней поверхности крыла. Наиболее эффективным является интерцептор, ось поворота которого находится на нижней поверхности профиля на расстоянии  $\bar{x}_{и-} = 0,225$  от передней кромки профиля.

### Список литературы

1. Лётно-технические характеристики самолета Су-27 / [М.С. Архипов, В.К. Игнаткин, В.Г. Момджи и др.]; под ред. А.И. Нелюбова. – М. : ВВИА им. проф. М.Е. Жуковского, 1988. – 139 с.
2. Лётно-технические характеристики самолета Миг-29 / [Ф.И. Ганиев, А.А. Новад, В.Н. Петренко и др.]; под общ. ред. А.М. Тарасенкова. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1985. – 85 с.
3. Белоцерковский С.М. Отрывное и безотрывное обтекание тонких крыльев идеальной жидкостью / С.М. Белоцерковский, М.И. Ништ. – М. : Наука, 1978. – 351с.

Поступила в редколлегию 5.01.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Козелков, Государственный университет телекоммуникаций, Киев.

**АЕРОДИНАМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕХАНІЗАЦІЇ ТОНКОГО ПРОФІЛЮ В ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ КУТІВ АТАКИ ПРИ ОБТІКАННІ ПОТОКОМ ІДЕАЛЬНОЇ НЕСТИСЛИВОЇ РІДИНИ**

І.Б. Ковтонюк

*В якості органа управління креном запропонований інтерцептор, який розташований на нижній стороні несучої поверхні. Проведений порівняльний аналіз аеродинамічної ефективності різних видів механізації тонкого профілю в широкому діапазоні кутів атаки.*

*Ключові слова:* профіль крила, механізація профілю, інтерцептор, коефіцієнт тиску.

**AERODYNAMIC EFFICIENCY OF MECHANIZATION OF THIN PROFILE IN A WIDE RANGE OF ANGLES OF ATTACK AT A FLOW OF AN IDEAL INCOMPRESSIBLE FLUID**

I.B. Kovtonyuk

*As a organ of roll control is offered spoiler on the lower side of the lifting surface. The comparative analysis of aerodynamic efficiency of different types of mechanization of thin profile in a wide range of angles of attack is conducted.*

*Keywords:* wing profile, mechanization of profile, spoiler, coefficient of pressure.

УДК 629.7.017.0031

О.Б. Котов

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків***МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ БОЙОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ УДАРНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*Розроблена удосконалена методика оцінювання базується на основі методів факторного аналізу та дозволяє з достатнім для практики рівнем точності оцінювати узагальнені показники якості перспективних ударних авіаційних комплексів та тих, що модернізуються. Застосування методики оцінювання коефіцієнтів бойового потенціалу дає змогу більш повно описати функціональну залежність між узагальненим показником якості і визначаючими тактико – технічними характеристиками.*

*Ключеві слова:* узагальнений показник якості, факторний аналіз, математична модель.

**Вступ**

**Постановка задачі.** В ході розв'язування проблеми оновлення парків бойової авіаційної техніки (БАТ) на практиці виникає важлива задача оцінювання коефіцієнтів бойового потенціалу ( $K_{\text{бп}}$ ) перспективних ударних авіаційних комплексів та тих, що модернізуються. На ранніх етапах створення (модернізації) відповідних зразків виникають певні труднощі. Існуючі методичні підходи характеризуються суттєвим обмеженням щодо урахування властивостей перспективного ударного авіаційного комплексу (УАК). В той же час, особливо при проведенні модернізації, практика потребує розширення факторного простору, на якому базуються відповідні математичні моделі для оцінювання  $K_{\text{бп}}$ .

Таким чином, оцінка узагальненого показника якості зразка озброєння та військової техніки (ОВТ) є індикатором напрямку, в рамках якого доцільно створювати (модернізувати) технічні системи, тобто оцінка узагальненого показника якості зразка ОВТ дозволяє визначити перспективу розвитку зразку як об'єкту, який представляє сукупність окремих блоків, вузлів, агрегатів.

**Аналіз останніх матеріалів.** Для визначення ступеня пристосованості літального апарату (ЛА) до виконання типових бойових завдань використовую-

ють  $K_{\text{бп}}$ , який чисельно являє собою відношення необхідних для вирішення покладеного бойового завдання кількостей обраних еталонних засобів до кількості зразків, що оцінюються [1, 2]. Загально прийнято, що оцінювання якісних показників зразків ОВТ у кількісній формі здійснюється з використанням кваліметричних методів оцінювання [3], до складу яких відносять методи експертного оцінювання та методи, побудовані на основі факторного аналізу і математичної статистики. Експертними методами оцінювання встановлено, що комплекс авіаційного озброєння (КАОз) УАК вносить вагомий внесок в узагальнений показник якості ударного тактичного літака [2]. Аналіз існуючих методик визначення  $K_{\text{бп}}$  [2, 4] показує що вони не в повній мірі враховують тактико-технічні характеристики (ТТХ) КАОз у факторних підпросторах [4], що, в свою чергу, не дозволяє проводити повноцінну оцінку перспективних УАК та тих, що модернізуються на ранніх етапах їх розробки. Особливо коли модернізації піддається КАОз.

**Метою даної статті** є розробка удосконаленої методики оцінювання узагальнених показників якості перспективних УАК та тих, що модернізуються за рахунок комплексного застосування вже існуючих експертно-аналітичних процедур та методів факторного аналізу.