

7. Муха, Ю. А. Имитационное моделирование процесса скатывания отцепов при выполнении горочных расчётов [Текст] / Ю. А. Муха, А. А. Муратов // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Межвуз. сб. науч. трудов / ДИИТ. – Д., 1990. – Вып. 277/17. – С. 11-20.
8. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях [Текст]: монография / [Ю. А. Муха и др.]. – М.: Транспорт, 1985. – 248 с.
9. Муха, Ю. А. Исследование точности прицельного регулирования на сортировочных горках, оборудованных системами АРС [Текст] / Ю. А. Муха, В. И. Бобровский // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на железнодорожных станциях: Труды ДИИТа. – Д., 1975. – Вып. 168/9. – С. 55–65.
10. Щеглов, П. П. Проблема безопасности при роспуске с сортировочных горок вагонов с легковоспламеняющимися жидкостями [Текст] / П. П. Щеглов, В. И. Жолобов, Т. И. Ложникова // Вестн. ВНИИЖТа. – 2005. – № 6. – С. 36-39.
11. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті [Текст]: Затв.: Наказ Укрзалізниці 25.03.03 № 72-ЦЗ / Державна Адміністрація залізничного транспорту України. – К., 2003. – 82 с.

*Розроблено комплексний метод визначення аеродинамічних характеристик маневрених літаків з урахуванням відхилення органів управління креном, який заснований на спільному використанні трубного експерименту, напівемпіричного методу та модифікованого методу дискретних вихорів*

*Ключові слова: аеродинамічні характеристики, органи управління креном*

*Разработан комплексный метод определения аэродинамических характеристик маневренных самолетов с учетом отклонения органов управления креном, который основан на совместном использовании трубного эксперимента, полумпирического метода и модифицированного метода дискретных вихрей*

*Ключевые слова: аэродинамические характеристики, органы управления креном*

*A complex method for determining the aerodynamic characteristics of maneuvering aircraft, taking into account the deviation of roll control, which is based on the combined use of pipe experiment, semi-empirical method and a modified method of discrete vortices is engineered*

*Keywords: aerodynamics, control roll*

УДК 533.6

# КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АДХ САМОЛЕТОВ С УЧЕТОМ ОТКЛОНЕНИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ КРЕНОМ

**И. Б. Ковтонуик**

Кандидат технических наук, доцент  
Харьковский университет воздушных сил  
им. Ивана Кожедуба  
ул. Сумская, 77/79, г. Харьков, Украина, 61023  
Контактный тел.: 067-573-20-61  
E-mail: igor\_kovtonyuk@ukr.net

## 1. Введение

Развитие боевой авиационной техники в настоящее время предполагает разработку и модернизацию самолетов-истребителей. В последние десятилетия проектирование маневренных самолетов ведется с учетом концепции их систем управления, которая в значительной мере может влиять на основные параметры аэродинамической компоновки самолета [1]. В процессе синтеза аэродинамической компоновки органов управления креном истребителя необходимо опреде-

лять аэродинамические характеристики (АДХ) самолета с различными вариантами органов поперечного управления, а также потребное управление летательным аппаратом (ЛА) на заданном режиме полета [2].

Особую значимость имеет получение достоверных АДХ на этапе концептуального проектирования, формирующем принципиальный характер технического решения и характеризующем высокой степенью ответственности [3]. Ошибочные конструктивно-компоновочные решения на этапе концептуального проектирования практически непоправимы на последующих

этапах, так как приводят к конструктивным изменениям на поздних этапах разработки, включая испытания, существенному увеличению стоимости и затраченного времени [3]. Поэтому повышение эффективности концептуального проектирования и разработка эффективных методов определения АДХ на этом этапе являются актуальными.

## 2. Постановка задачи

Целью данной статьи является разработка комплексного метода определения АДХ маневренных самолетов с учетом отклонения органов управления креном.

АДХ маневренных самолетов с учетом отклонения органов управления креном могут быть определены с использованием экспериментальных методов, включающих в себя летный и трубный эксперименты, вычислительного эксперимента и полуэмпирических методов (рис. 1).

Маневренный самолет представляет собой сложную техническую систему, поэтому его окончательная доводка возможна только при проведении натурального летного эксперимента [4]. Летные испытания позволяют наиболее полно раскрыть закономерности сложных процессов, происходящих в полете, и являются источником информации, которую в настоящее время иным путем получить невозможно. Необходимость проведения летного эксперимента обусловлена [4]:

- сложным характером происходящих явлений;
- несовершенством вычислительного эксперимента;
- ограниченными возможностями трубного эксперимента по определению аэродинамических коэффициентов самолета, соответствующих реальному полету.

Несмотря на наиболее полный учет всех действующих в полете факторов, результаты летного эксперимента также содержат в себе погрешности, обусловленные значительной нестационарностью процессов, работой измерительной аппаратуры в условиях изменения параметров атмосферы, действия вибраций и перегрузок, а, кроме того, принципиальной невозможностью воспроизводства одинаковых условий его проведения.

Существенные затраты ресурсов исключают использование летного эксперимента на ранних стадиях проектирования при многовариантной проработке конструктивно-компоновочных решений.

Значительный прогресс в области математического моделирования аэродинамики ЛА, прошедший за последние десятилетия, все же не позволил расчетным методам стать основным средством определения АДХ при проектировании ЛА. В настоящее время наиболее достоверным методом исследования АДХ перспективных и модернизируемых самолетов до создания опытного образца является трубный эксперимент.

Все предложения по формированию и усовершенствованию аэродинамических компоновок самолетов находят свою практическую реализацию только после проведения эксперимента на моделях ЛА в аэродинамических трубах (АДТ) [1].

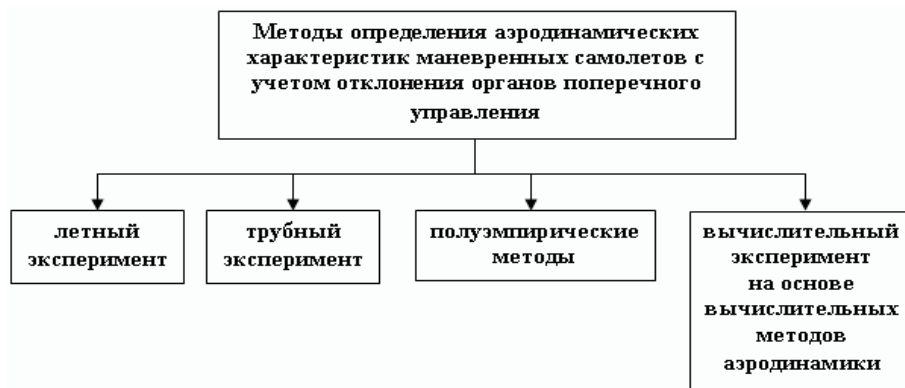


Рис. 1. Методы определения аэродинамических характеристик маневренных самолетов с учетом отклонения органов управления креном

Однако, трубный эксперимент также имеет ограниченные возможности, что обуславливает комплексное использование вычислительных и экспериментальных методов при определении АДХ ЛА. Комбинированное применение различных методов исследования аэродинамики ЛА позволяет использовать преимущества этих методов при исключении их недостатков.

Теоретические методы определения АДХ на основе численных методов в ряде случаев используются совместно с полуэмпирическими методами, которые обеспечивают получение отдельных АДХ (например, с учетом вязкости среды) [5].

В работах [6-7] приведены результаты совместного решения задачи обтекания ЛА на основе модифицированного метода дискретных вихрей (ММДВ) и метода возмущенных потенциалов (МВП). МВП применяется для определения скоростей на поверхности тела, а ММДВ – для решения задачи пространственного обтекания в нестационарной постановке.

## 3. Результаты

Автором разработан комплексный метод определения АДХ маневренных самолетов с учетом отклонения органов управления креном, который основан на совместном использовании трубного эксперимента, полуэмпирического метода и ММДВ в плоскопараллельной и пространственной постановке. На рис. 2 представлена структурно-логическая схема разработанного комплексного метода.

На первом этапе, согласно разработанному комплексному методу, формируются исходные данные, которые включают в себя тип аэродинамической схемы ЛА и органов управления креном, геометрические размеры элементов планера ЛА, параметры расчетного режима полета ЛА. На основании вы-

бранной аэродинамической схемы ЛА и типа органов управления креном определяется группа ЛА и соответствующий диапазон изменения показателя рациональности аэродинамической компоновки органов управления креном  $U$  [8,9]. Затем определяются геометрические размеры рассматриваемого варианта аэродинамической компоновки органов управления креном ЛА.

На втором этапе происходит аппроксимация поверхности ЛА и органов управления для полуэмпирического метода и ММДВ, разрабатывается модель ЛА с органами управления креном для проведения трубного эксперимента, определяются границы применимости вычислительных методов.

Модель ЛА с органами управления креном для проведения весового эксперимента в АДТ предназначена для определения спектров обтекания, распределенных АДХ, физической сущности образования управляющего эффекта, суммарных АДХ ЛА с органами управления креном, положения и размеров зоны отрыва потока, положения линий схода вихревых пелен, критического угла атаки, собственных моментов инерции планера, исходя из потребного значения улов отклонения органов управления для заданных значений  $U$ .

На третьем этапе происходит собственно определение АДХ маневренного самолета с учетом отклонения органов управления креном.

На первом шаге третьего этапа происходит определение суммарных АДХ на основе полуэмпирического метода, а, также, на основе весового эксперимента определяются положение и размеры зоны отрыва потока, положение линий схода вихревых пелен, распределенные АДХ, физическая сущность образования управляющего эффекта. Затем с учетом данных трубного эксперимента по положению линий схода вихревых пелен производится определение распределенных АДХ на основе ММДВ в плоскопараллельной и пространственной постановке, которые сопоставляются с результатами продувок модели ЛА с органами управления по крену в АДТ. Далее производится анализ влияния элементов аэродинамической компоновки ЛА на его суммарные АДХ на основе результатов, полученных полуэмпирическим методом, с учетом распределенных АДХ, полученных на основе ММДВ и трубного эксперимента.

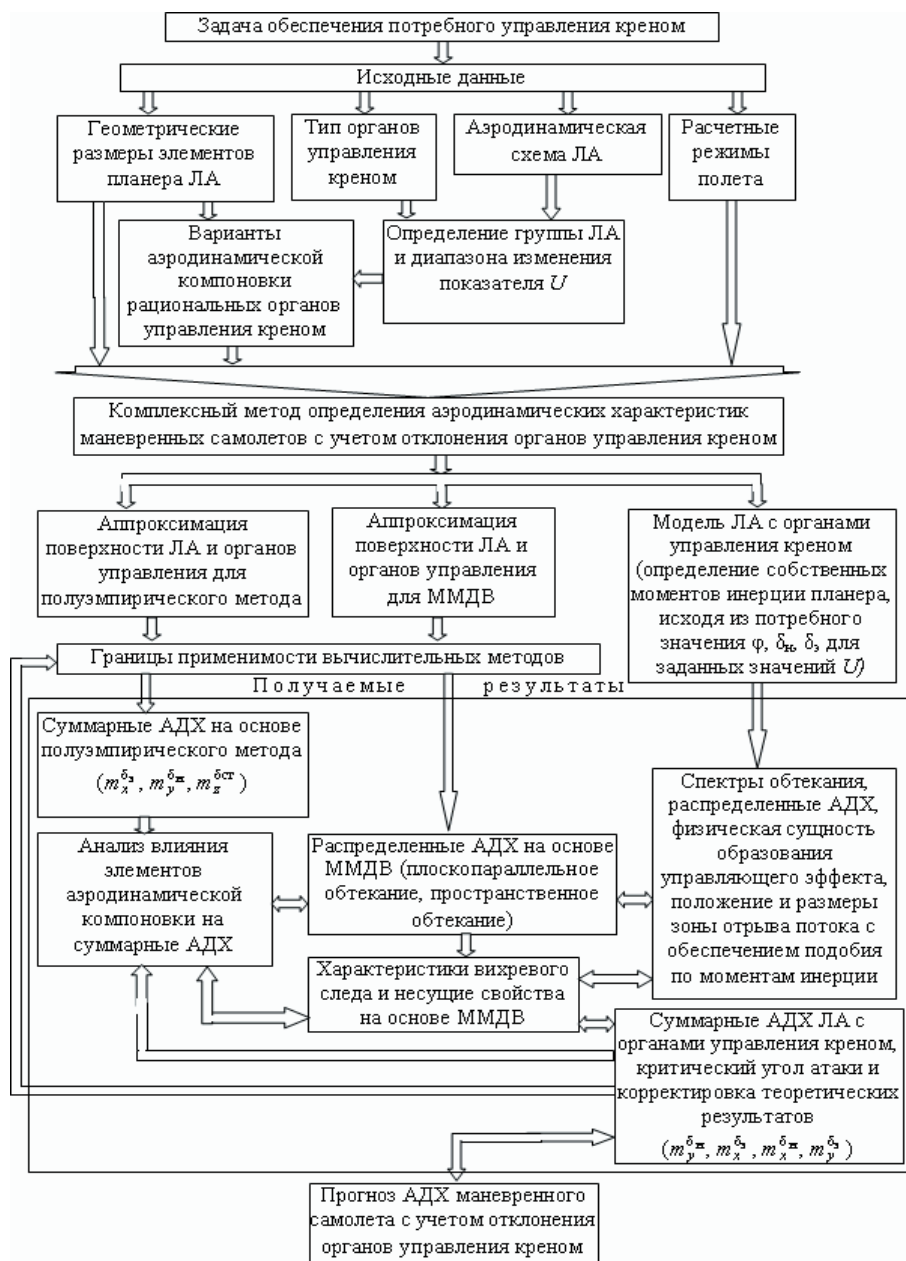


Рис. 2. Структурно-логическая схема комплексного метода определения аэродинамических характеристик маневренных самолетов с учетом отклонения органов управления креном

На следующем шаге определяются несущие свойства и характеристики вихревого следа на основе ММДВ, которые сопоставляются с данными весового эксперимента, и уточняется влияние элементов аэродинамической компоновки ЛА на его суммарные АДХ.

Затем по данным трубного эксперимента определяются суммарные АДХ ЛА с органами управления креном, критический угол атаки  $\alpha_{кр}$ , производится корректировка теоретиче-

ских результатов по экспериментальным данным, уточняется влияние элементов аэродинамической компоновки на суммарные АДХ ЛА, уточняются границы применимости вычислительных методов.

Четвертым, заключительным, этапом разработанного комплексного метода является прогноз АДХ маневренного самолета с учетом отклонения органов управления креном.

---

#### 4. Выводы

---

Таким образом, разработанный комплексный метод определения АДХ маневренных самолетов с уче-

том отклонения органов управления креном позволяет:

- получать распределенные и суммарные АДХ маневренных самолетов с учетом отклонения органов управления креном с достаточной для этапа предварительных вариантных проработок точностью;

- определять физическую сущность образования управляющего эффекта при отклонении органов управления креном ЛА;

- получать характеристики вихревого следа за маневренным самолетом с отклоненными органами управления креном ЛА.

---

#### Литература

1. Аэродинамика, устойчивость и управляемость сверхзвуковых самолетов [Текст] / под ред. Г. С. Бюшгенса. – М.: Наука, Физматлит, 1998. – 816 с.
2. Ковтонюк, И. Б. Потребное управление при синтезе средств обеспечения устойчивости и управляемости летательного аппарата [Текст] / О. Б. Анипко, И. Б. Ковтонюк // Інтегровані технології та енергозбереження. – Х. : Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2009. – №2. – С. 153–158.
3. Лебедев, А. А. Основы синтеза систем летательных аппаратов [Текст] / [А. А. Лебедев, В. Н. Баранов, В. Т. Бобронников и др.]; под ред. А. А. Лебедева. – М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.
4. Пашковский, И. М. Динамика и управляемость самолета. [Текст] / И. М. Пашковский. – М., 1987.- 248 с.
5. Зинченко, А. Г. Программа расчета аэродинамических характеристик самолетов [Текст] / [А. Г. Зинченко, В. Г. Лебедь, О. Н. Соловей, В. А. Шевченко] // Сборник алгоритмов и программ ХВВАИУ. – Х. : ХВВАИУ, 1990. – №5. – С. 92–198.
6. Гоцак, В. В. Исследование несущих свойств системы “арочное крыло – несущий винт” в численном эксперименте [Текст] / В.В. Гоцак, Е. А. Украинец // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – Х. : Национальный аэрокосмический университет “Харьковский авиационный институт”, 2002. – Вып. 28(1). – С. 85–88.
7. Корниенко, А. П. Оценка влияния относительного положения воздушного винта на аэродинамические комбинации “арочное крыло – воздушный винт” [Текст] / А. П. Корниенко, А. Б. Леонтьев, Е.А. Украинец // Системи обробки інформації. – Х. : Харківський університет Повітряних Сил, 2005. – Вип. 4(53). – С. 87–94.
8. Ковтонюк, И. Б. Статический показатель рациональности аэродинамической компоновки органов поперечного управления самолета [Текст] // Інтегровані технології та енергозбереження. Щоквартальний науково-практичний журнал. – Х. : НТУ «ХПИ», 2011. – №1. – С. 32–34.
9. Статический показатель рациональности аэродинамической компоновки органов управления истребителя для оценки влияния принимаемых конструктивно-компоновочных решений на эффективность поперечного управления [Текст] / О. Б. Анипко, И. Б. Ковтонюк, Е. Ю. Иленко, Я. И. Ковтонюк // Інтегровані технології та енергозбереження. Щоквартальний науково-практичний журнал. – Х. : Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2011. – №2. – С. 135–138.