

УДК 621.45.02

О.Б. Анипко, В.В. Логинов

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КРЫЛА, ОБДУВАЕМОГО СТРУЕЙ ОТ ВИНТА ДВИГАТЕЛЯ

*В статье проводится сравнение результатов численного исследования аэродинамического обтекания схемы "винт-силовая установка-крыло" с экспериментальными данными. Обобщены результаты экспериментальных данных и получены зависимости, которые позволяют оценить изменение коэффициента подъемной силы крыла в заданном диапазоне коэффициентов нагрузки  $B$  на ометаемую винтом площадь и углов атаки  $\alpha$ . Показано, что усовершенствованный численный метод позволяет проводить оценку характеристик рабочего процесса в области расположения силовой установки в крыле самолета.*

**Ключевые слова:** двигатель, численные исследования, "винт-силовая установка-крыло".

### Введение

В ближайшие годы будет практически достигнута граница в улучшении аэродинамики, тяговооруженности и функциональной сложности самолетов и вертолетов [1]. Даже незначительное повышение требований к таким показателям как тяговооруженность, удельная нагрузка на крыло, нормальная перегрузка, угловая скорость разворота, приводит к резкому увеличению стоимости самолета или определенным техническим ограничениям. Поэтому актуальным становится поиск не только новых технологий и материалов, но и новых источников энергии, способов и средств, принципов и закономерностей разработки и конструирования ЛА и их систем, интеграции и оптимизации параметров и характеристик [1]. Однако, новая аэродинамическая схема возможна при плавной интеграции несущих частей ЛА, входных и выходных устройствах силовой установки. При этом увеличивается подъемная сила ЛА, уменьшается лобовое сопротивление двигателей и радиолокационная заметность [1].

В связи с интенсивными работами по созданию самолетов с коротким взлетом и посадкой (с применением двигателей с управляемым вектором тяги) проведено много исследований по влиянию струй двигателей на аэродинамику самолета. Построены полупирические схемы воздействия струй от винтов на аэродинамику крыла в большом диапазоне значений коэффициента нагрузки на ометаемую винтом площадь [2]. Однако при крейсерских скоростях полета самолета на части крыла, обдуваемой струей от винта (или из сопла двигателя), возможно появление местных сверхзвуковых зон и скачков уплотнения, вследствие чего часть мощности винта двигателя тратится на преодоление волнового сопротивления. Поэтому изучение характера обтекания крыла при наличии обдува экспериментальными и теоретическими методами представляет важное практическое значение.

Анализ аэродинамических сил, возникающих при обдувке крыла спутными струями от винтов, показывает, что воздух, омывая крыло, поворачивается и отбрасывается вниз почти по касательной к поверхности закрылка. На крыло действует, кроме обычной подъемной силы без обдувки и вертикальной составляющей струи, дополнительная подъемная сила, обусловленная воздействием струи на набегающий поток аналогично струйному закрылку. Полную подъемную силу  $C_y$  при обдувке крыла можно представить в виде трех составляющих:

$$C_y = C_{y0} + \Delta C_{yГ} + \Delta C_{yP},$$

где  $C_{y0}$  – подъемная сила крыла без обдувки;  $\Delta C_{yГ}$  – дополнительная подъемная сила, обусловленная суперциркуляцией;  $\Delta C_{yP}$  – дополнительная подъемная сила от вертикальной составляющей реакции отклоненной струи.

При выборе схемы самолетов с энергетическими системами увеличения подъемной силы необходимо учитывать влияние большого числа параметров системы на аэродинамические характеристики крыла: коэффициента импульса струи, обусловленного как отношения импульса струи к скоростному напору набегающего потока и характерной площади крыла, углов отклонения струи и закрылков, длины и положения закрылков по размаху крыла [2].

### Основная часть

Как показывают экспериментальные данные, угол поворота струи от винтов с помощью механизации крыла зависит от отношения хорды закрылка к диаметру винта  $b_3 / D$ , угла отклонения закрылка и менее сильно от типа закрылка.

Для исследования характеристик элементов крыла и силовой установки усовершенствована математическая модель течения воздуха, которая позволяет получить распределение параметров воздушного потока в области размещения двигателя [3].

Для проверки адекватности разработанной математической модели и определения ее достоверности, проведено сравнение расчетных и экспериментальных данных. Материалы экспериментальных исследований получены на больших моделях в натурной аэродинамической трубе ЦАГИ. Кроме того, использованы опытные данные, полученные Р.Е. Куном [2] для обдувки крыла по всему размаху в большом диапазоне коэффициента нагрузки  $B$ .

Схема расположения силовой установки в крыле самолета и основные геометрические параметры показаны на рис. 1.

В работе сравниваются результаты исследований с экспериментальными данными, полученными для углов атаки  $\alpha = 0^\circ; 4^\circ; 8^\circ$ , углов отклонения закрылка  $\delta_3 = 0^\circ; 30^\circ; 45^\circ$  в диапазоне коэффициента нагрузки  $B = 0 \div 3,2$ .

Расчетная сетка состоит из 190 узлов вдоль оси, 100 узлов вдоль азимута, 80 узлов вдоль радиуса.

Анализ результатов, которые представлены на рис. 2 – 4, показывает, что усовершенствованная математическая модель позволяет оценить дополнительную подъемную силу, возникающую при обдувке крыла с отклоненными закрылками в широком диапазоне коэффициентов нагрузки  $B$  на ометаемую винтом площадь. При обдувке крыла с отклоненной механизацией струями воздушных винтов при наличии набегающего потока возникает дополнительная подъемная сила, обусловленная эффектом суперциркуляции.

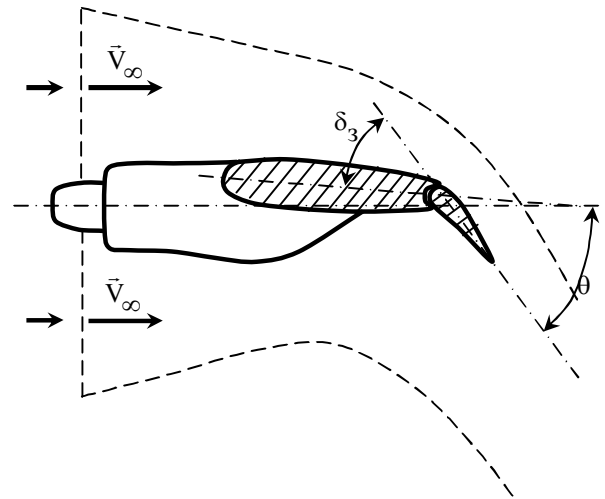


Рис. 1. К модели обтекания крыла с гондолой двигателя

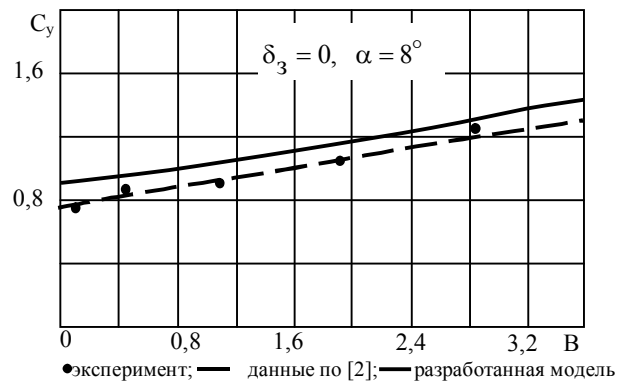


Рис. 2. Зависимость коэффициента подъемной силы от коэффициента нагрузки ( $\delta_c=0^\circ$ )

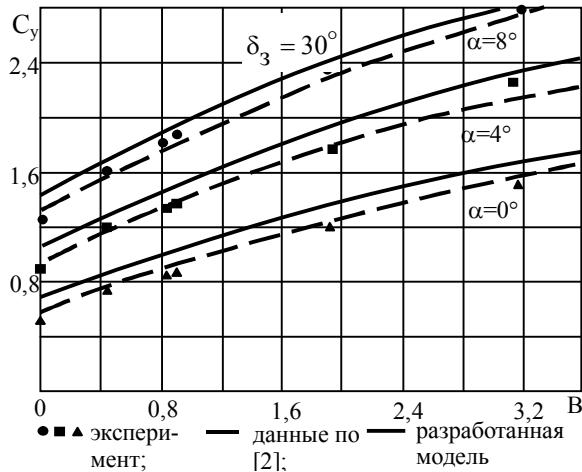


Рис. 3. Зависимость коэффициента подъемной силы от коэффициента нагрузки ( $\delta_c=30^\circ$ )

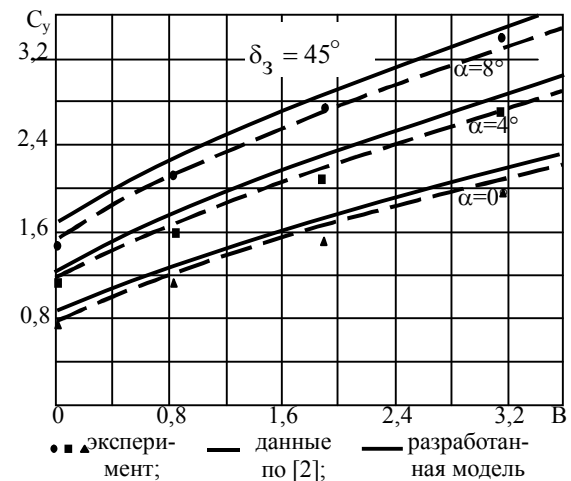


Рис. 4. Зависимость коэффициента подъемной силы от коэффициента нагрузки ( $\delta_c=45^\circ$ )

Дополнительная сила зависит от тяги винтов, эффективности механизации и от относительного размаха обдуваемой части крыла [2].

Следует отметить, что при исследовании данной схемы "винт+крыло" не учитывались факторы: обратного влияния расположения крыла на работу

винта, влияние закрутки струи, истечение горячей струи из выходного устройства двигателя. Для детального изучения таких факторов необходимо проводить дополнительные исследования. Анализ приведенных результатов показывает, что среднеквадратичное отклонение не превышает 10%. Видно,

что результаты моделирования имеют завышенный характер. Это позволяет судить о возможной неточности математической модели или низком порядке численной схемы решения дифференциальных уравнений.

Для повышения точности результатов необходимо увеличить число расчетных ячеек и, возможно, применить другие модели турбулентности. Это позволит точнее моделировать простеночное течение в области крыла и элеронов.

Однако для оценки параметров и характеристик в исследуемом диапазоне необходимо обобщить полученные результаты. Для исследуемых диапазонов угла отклонения элеронов на основе экспериментальных данных получены зависимости  $C_y=f(V, \alpha)$ . Проведен анализ функции коэффициента подъемной силы крыла от коэффициента нагрузки  $V$  на ометаемую винтом площадь и угла атаки  $\alpha$ . Построена обобщенная зависимость в виде

$$C_y = C_1(\alpha) \cdot V^2 + C_2(\alpha) \cdot V + C_3(\alpha).$$

Для  $\delta_3 = 30^\circ$ ,  $0 \leq \alpha \leq 8$  обобщенная зависимость принимает вид:

$$C_y = -0,045466 \cdot V^2 + 0,5485 \cdot V + 0,90753.$$

Для  $\delta_3 = 45^\circ$ ,  $0 \leq \alpha \leq 8$  обобщенная зависимость принимает вид

$$C_y = -0,038 \cdot V^2 + 0,6183 \cdot V + 1,09626.$$

## Выводы

Таким образом, с помощью усовершенствованной математической модели можно проводить анализ рабочего процесса в области расположения силовой установки с турбовинтовым двигателем в крыле ЛА.

Обобщены результаты экспериментальных данных и получены зависимости, которые позволяют оценить изменение коэффициента подъемной силы крыла в заданном диапазоне коэффициентов нагрузки  $V$  на ометаемую винтом площадь и углов атаки  $\alpha$ .

## Список литературы

1. Харченко О.В. Тенденції розвитку військової авіації на початку XXI ст. // Наука і оборона. – 2003. – № 3. – С. 37-45.
2. Золотко Е.М. Приближенный расчет дополнительной подъемной силы при обдувке крыла струей от винтов // Труды ЦАГИ. – 1973. – Вып. 1452. – С. 12-26.
3. Аніпко О.Б., Логінов В.В. Интеграция силовой установки и планера как комплексная проблема синтеза летательного аппарата // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2007. – № 1. – С. 47-52.

Поступила в редколлегию 4.03.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. науч. сотр. А.Б. Леонтьев, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК КРИЛА, ЩО ОБДУВАЄТЬСЯ СТРУМЕНЕМ ВІД ГВІНТА ДВИГУНА

О.Б. Аніпко, В.В. Логінов

*У статті проводиться порівняння результатів чисельного дослідження аеродинамічного обтікання схеми "винт-силова установка-крило" з експериментальними даними. Узагальнені результати експериментальних даних і отримані залежності, які дозволяють оцінити зміну коефіцієнта підйомної сили крила в заданому діапазоні коефіцієнтів навантаження  $V$  на ометаемую гвинтом площа і кутів атаки  $\alpha$ . Показано, що вдосконалений чисельний метод дозволяє проводити оцінку характеристик робочого процесу в області розташування силовой установки в крилі літака.*

**Ключові слова:** двигун, чисельні дослідження, "винт-силова установка-крило".

## COVERED THE ANALYSIS OF DESCRIPTIONS, BLOWN STREAM FROM SCREW OF ENGINE

O.V. Anipko, V.V. Loginov

*In the article a comparison of results of numeral research of the aerodynamic flowing around of chart is made "propeller-power plant-wing" with experimental information. The results of experimental information are generalized and dependences which allow to estimate the change of coefficient of carrying capacity covered in the set range of coefficients of loading In blade-spirally area and corners of attack are got  $\alpha$ . It is shown that the improved numeral method allows to conduct the estimation of descriptions of working process in area of location of power-plant in the wing of airplane.*

**Keywords:** engine, numeral researches, "airscrew-power plant-wing".