

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ВИНТА НА АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМБИНАЦИИ «АРОЧНОЕ КРЫЛО – ВОЗДУШНЫЙ ВИНТ»**

А.П. Корниенко, А.Б. Леонтьев, Е.А. Украинец  
(Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба)

*В статье рассмотрены результаты параметрических исследований влияния на аэродинамические характеристики положения воздушного винта в канале арочного крыла. На основе полученных результатов отработаны практические рекомендации по расположению воздушного винта.*

*аэродинамические характеристики, воздушный винт, арочное крыло*

**Постановка проблемы.** Постоянный поиск путей повышения летно-технических характеристик летательных аппаратов различного назначения обусловил применение в современном и перспективном авиастроении нетрадиционных компоновочных решений. Одним из примеров таких решений является использование в качестве несущей поверхности самолета арочного крыла. Арочное крыло в комбинации с воздушным винтом позволяет получить высокие значения взлетно-посадочных характеристик самолета, открывает возможность осуществления горизонтального установившегося полета на предельно малых эволютивных скоростях [1 – 4].

Несмотря на то, что применение в самолетных компоновках арочного крыла уже не является чем-либо экзотическим, особенности обтекания таких несущих поверхностей пока еще остаются изученными недостаточно.

Так, в известных работах [5, 6] на основе исследования арочных крыльев в аэродинамических трубах были получены важные сведения о характере протекания зависимостей суммарных аэродинамических сил и моментов, действующих на такого рода крыло, от угла атаки, а также было исследовано взаимовлияние арочного крыла и воздушного винта. В случае тянущего винта в комбинации с арочным крылом, винт располагался в канале крыла в непосредственной близости к входной кромке крыла. Толкающий винт располагался также в канале арочного крыла, но таким образом, что задняя кромка крыла лежала в плоскости вращения воздушного винта. И в первом, и во втором случае влияние воздуш-

ного винта приводит к повышению несущих свойств арочного крыла и существенно расширяет диапазон углов атаки безотрывного его обтекания. При использовании толкающего винта, в отличие от тянущего, отмечен больший прирост коэффициента подъемной силы комбинации арочного крыла с винтом, особенно на больших углах атаки. Тяговые же характеристики винта и при его расположении перед крылом и в районе задней кромки оказываются несколько худшими, чем тяговые характеристики изолированного воздушного винта. В то же время, в известных публикациях отсутствуют сведения относительно влияния места расположения воздушного винта внутри канала арочного крыла на протекание аэродинамических характеристик такого рода комбинации.

**Цель статьи.** Целью исследований, результаты которых представляются в данной статье, была разработка практических рекомендаций относительно места расположения воздушного винта в канале арочного крыла, при котором наблюдается максимальное приращение аэродинамических характеристик комбинации «арочное крыло – воздушный винт».

В опубликованных ранее работах [7, 8] были представлены результаты физического моделирования обтекания арочного крыла с воздушным винтом в аэродинамической трубе.

Результаты такого моделирования, проведенного с визуализацией течения на поверхности арочного крыла подтвердили безотрывный характер обтекания комбинации «арочное крыло – воздушный винт», что может служить основанием для применения при проведении параметрических исследований методов вычислительной аэрогидродинамики, основанных на использовании модели идеальной жидкости. В качестве такого метода был выбран метод дискретных вихрей, хорошо себя зарекомендовавший для моделирования обтекания тонких несущих поверхностей с фиксированными линиями схода вихревой пелены, в его апробированной алгоритмической реализации методики расчета [9 – 20].

Параметрические исследования проводились путем варьирования значением относительной координаты положения плоскости вращения воздушного винта ( $\bar{x}$ ) при различных фиксированных значениях относительной поступи винта ( $\lambda$ ) и угла атаки арочного крыла ( $\alpha$ ).

Значение относительной координаты  $\bar{x} = 0$  соответствовало расположению воздушного винта, когда входная кромка арочного крыла лежит в плоскости вращения винта, а  $\bar{x} = 1$  – когда в этой плоскости лежит выходная кромка крыла.

Полученные зависимости приращения коэффициента подъемной силы комбинации относительно коэффициента подъемной силы изолированного арочного крыла от места расположения воздушного винта представлены на рис. 1, а – е.

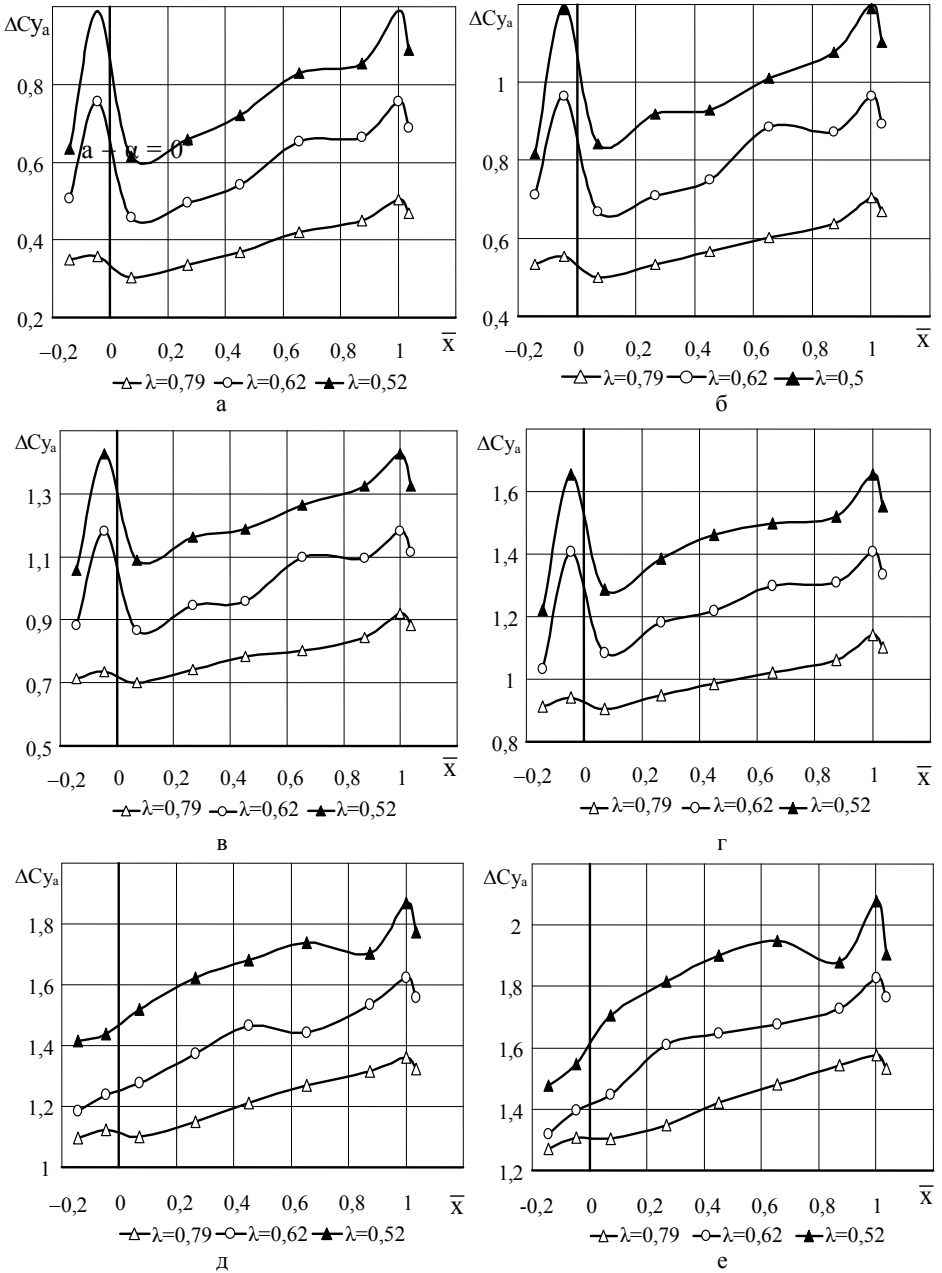


Рис. 1. Зависимости приращения коэффициента подъемной силы от места расположения воздушного винта в диапазоне углов атаки  $\alpha = 0 \dots 25^\circ$  (а -  $\alpha = 0^\circ$ ; б -  $\alpha = 5^\circ$ ; в -  $\alpha = 10^\circ$ ; г -  $\alpha = 15^\circ$ ; д -  $\alpha = 20^\circ$ ; е -  $\alpha = 25^\circ$ )

Для всех исследованных значений относительной поступи воздушного винта и углов атаки воздушный винт в комбинации с арочным крылом способствует улучшению несущих свойств комбинации при любом положении винта. При расположении винта перед входной кромкой или над выходной кромкой в диапазоне умеренных углов атаки ( $\alpha \leq 15^\circ$ ) наблюдается наибольший прирост коэффициента подъемной силы. На больших углах атаки наибольшие значения приращения коэффициента подъемной силы наблюдаются в случае, когда винт располагается над задней кромкой крыла, и его положительное влияние ослабевает по мере его сдвигки к входной кромке.

Зависимости индуктивной составляющей аэродинамического качества комбинации «арочное крыло – воздушный винт» от места расположения винта представлены на рис. 2, а – е. У этих зависимостей наблюдается четко выраженный максимум значения индуктивного аэродинамического качества, соответствующий расположению воздушного винта внутри канала арочного крыла на расстоянии примерно 30% хорды крыла от его входной кромки. При этом изменение угла атаки и относительной поступи винта не влечет за собой существенного смещения положения винта, при котором наблюдается такой максимум.

Изменение тяговых характеристик воздушного винта с изменением места его расположения относительно арочного крыла представлены на рис. 3, а – е. Там же пунктирной линией нанесены значения коэффициента тяги изолированного винта, полученные по той же методике расчета, что и характеристики комбинации.

На всех исследованных углах атаки и при значениях относительной поступи винта  $\lambda \geq 0,62$  тяговые характеристики воздушного винта в присутствии арочного крыла ухудшаются, при чем тем в большей степени, чем ближе плоскость вращения винта к координате  $\bar{x} = 0,3$ , при которой наблюдается максимум аэродинамического качества. Наилучшие тяговые характеристики воздушного винта соответствуют его расположению на относительном расстоянии от входной кромки крыла, равном 10% и 70 – 90% хорды. При этом на умеренных углах атаки  $\alpha \leq 10^\circ$  и при малых значениях относительной поступи винта, расположение винта ближе к задней кромке крыла приводит к превышению значения коэффициента тяги винта в канале крыла соответствующего коэффициента тяги изолированного крыла.

Полученные в ходе проведения параметрических исследований результаты позволяют разработать практические рекомендации по рациональному относительному расположению воздушного винта в канале арочного крыла, которые будут полезными для использования при проектировании самолетов с такого рода компоновочными решениями. В случае, когда перспективный летательный аппарат в соответствии со своим основным назначением будет проектироваться как транспортная система, в качестве основного критерия эффективно-

сти его применения будут выступать характеристики типа «груз – дальность».

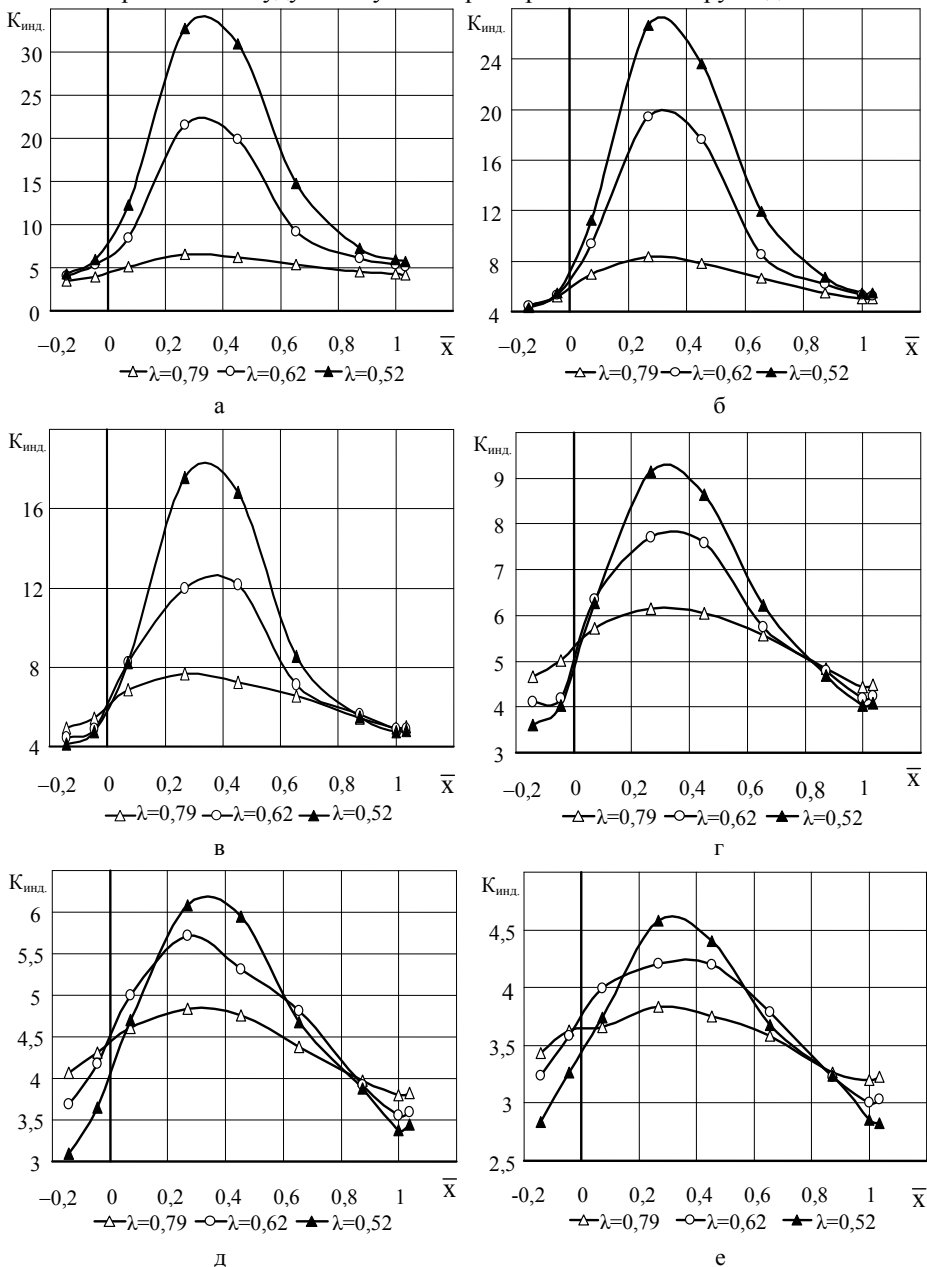


Рис. 2. Зависимости индуктивной составляющей аэродинамического качества

от места расположения воздушного винта в диапазоне углов атаки  $\alpha = 0 \dots 25^\circ$   
 (а -  $\alpha = 0^\circ$ ; б -  $\alpha = 5^\circ$ ; в -  $\alpha = 10^\circ$ ; г -  $\alpha = 15^\circ$ ; д -  $\alpha = 20^\circ$ ; е -  $\alpha = 25^\circ$ )

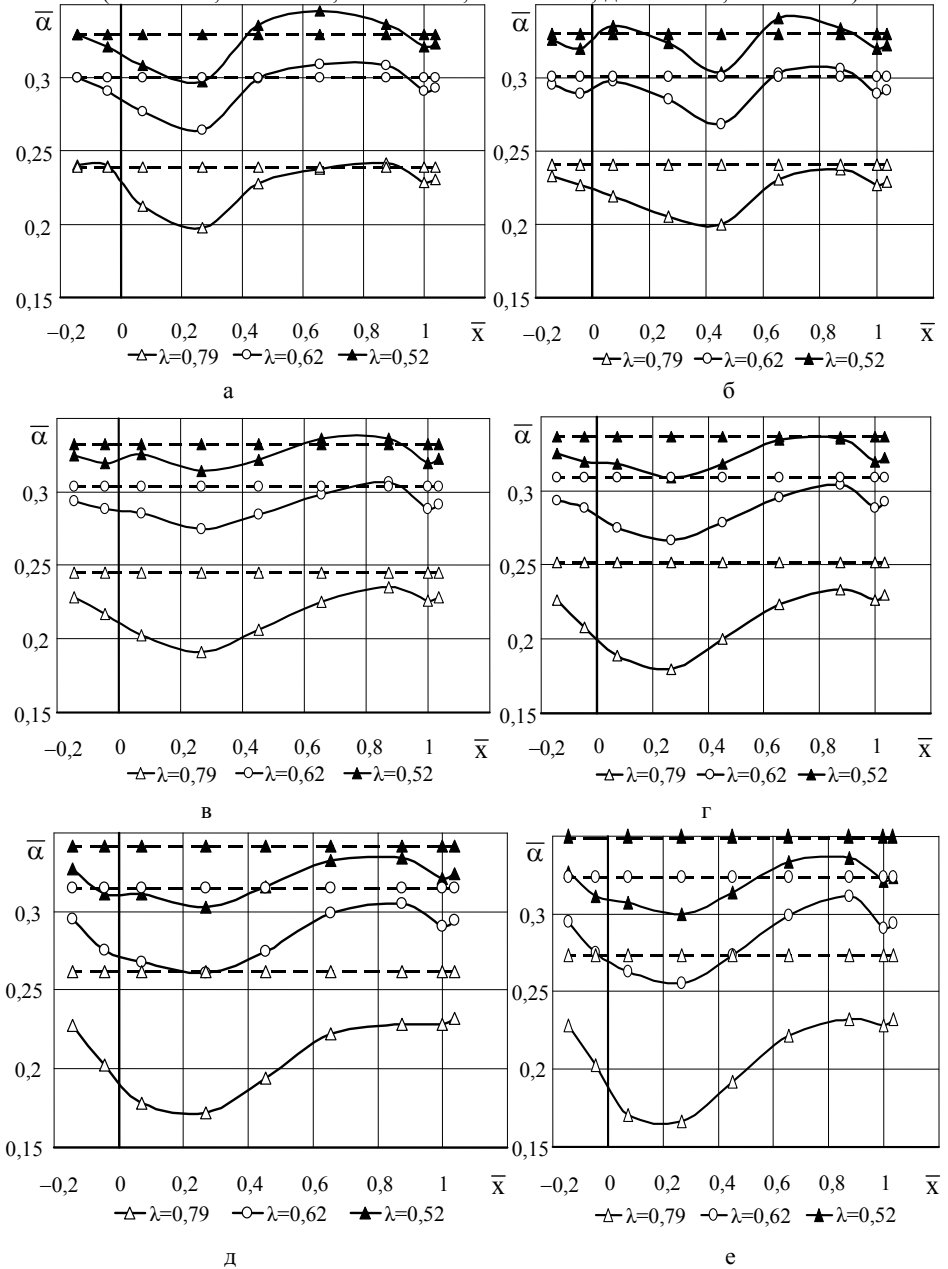


Рис. 3. Зависимости коэффициента тяги воздушного винта

от его места расположения в диапазоне углов атаки  $\alpha = 0 \dots 25^\circ$   
( $a - \alpha = 0^\circ$ ;  $b - \alpha = 5^\circ$ ;  $v - \alpha = 10^\circ$ ;  $г - \alpha = 15^\circ$ ;  $д - \alpha = 20^\circ$ ;  $е - \alpha = 25^\circ$ )

Тогда, с точки зрения аэродинамических характеристик комбинации «арочное крыло – воздушный винт», большим весом будет обладать обеспечение максимального прироста аэродинамического качества компоновки самолета, нежели получение большей тяги винта. В этом случае рациональным будет расположение воздушного винта на относительном расстоянии в 30% хорды крыла от входной его кромки, при котором наблюдается максимум соответствующей зависимости.

Если перспективный летательный аппарат проектируется как система специального назначения, для которой большой вес имеет возможность эксплуатации с аэродромов или неподготовленных площадок ограниченных размеров, то для обеспечения высоких значений взлетно-посадочных характеристик важнее получить максимальный прирост тяговых характеристик воздушного винта. Тогда рациональным местом расположения воздушного винта в канале арочного крыла следует считать его положение на удалении 70 – 90% от входной кромки.

Наконец, если к перспективному летательному аппарату с винтовым двигателем и арочным крылом будут предъявляться требования с компромиссным сочетанием значений летно-технических и взлетно-посадочных характеристик, полученные результаты параметрических исследований обеспечат выбор рационального места расположения воздушного винта в канале арочного крыла.

**Выводы.** Результаты проведенных параметрических исследований по оценке влияния места расположения воздушного винта в канале арочного крыла на протекание аэродинамических характеристик такого рода комбинации свидетельствует о наличии достаточно сложной аэродинамической интерференции винта и несущей поверхности летательного аппарата. При этом полученные зависимости аэродинамического качества комбинации и тяговых характеристик воздушного винта от места расположения винта в канале крыла имеют ряд четко проявляющихся экстремумов, наличие которых в обязательном порядке должно учитываться при проектировании самолетов с арочным крылом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Custer channel wing corporation U.S.A. // Jane's all the world's aircraft. – 1956-1957. – P. 236.*
2. *Custer channel wing aircraft CCW-5 // Aviation magazine International. – 1964. – № 401. – P. 47.*
3. *Роджер Л. Смит. Аэродинамика канальных и кольцевых крыльев: Пер. с англ. – ЦНТИ "Волна", 1980. – Перевод № 2454. – 244 с.*
4. *Бауэрс П. ЛА нетрадиционных схем. – М.: Мир, 1991. – С. 137-139.*
5. *Исследование аэродинамических характеристик модели канального крыла*

- с присоединенным имитатором силовой установки с воздушным винтом: Отчет о НИР / АНТК им. О.К. Антонова. – № 596-15. – К., 1985. – 25 с.
6. Экспериментальные исследования несущих свойств системы «арочное крыло – винт» / М.Н. Миргазов, В.Ф. Сягаев и др. // Техника воздушного флота. – 1998. – № 2-3. – С. 22-25.
  7. Корниенко А.П. Экспериментальные исследования характера обтекания изолированных прямого и «арочного» крыльев // Вопросы проектирования и производства конструкций ЛА. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2005. – Вып. 42 (3) – С. 118-123.
  8. Корниенко А.П. Экспериментальные исследования картины распределения давления по поверхности арочного крыла в системе «арочное крыло – толкающий винт» // Сб. научн. тр. ХУ ВС. – Х.: ХУ ВС, 2005. – Вып. 5 (5) – С. 10-13.
  9. Українець Е.А., Гоцак В.В. Исследование несущих свойств системы «арочное крыло – воздушный винт» в численном эксперименте // Вопросы проектирования и производства конструкций ЛА. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2002. – Вып. 28 (1). – С. 85-88.
  10. Белоцерковский С.М., Ништ М.И. Отрывное и безотрывное обтекание тонких крыльев идеальной жидкостью. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
  11. Белоцерковский С.М., Лифанов И.К. Численные методы в сингулярных интегральных уравнениях и их применение в аэродинамике, теории упругости, электродинамике. – М.: Наука, 1985. – 236 с.
  12. Апаринев В.А., Дворак А.В. Метод дискретных вихрей с замкнутыми вихревыми рамками // Применение ЭВМ для исследования аэродинамических нагрузок ЛА. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1986. – Вып. 1313. – С. 424-432.
  13. Лифанов И.К. Метод сингулярных интегральных уравнений и численный эксперимент. – М.: Янус, 1995. – 520 с.
  14. Болсуновский А.Л., Герасимов С.В., Глушков Н.Н. Сравнение панельных методов расчета дозвукового обтекания телесных крыльев // Труды ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского. – М.: Изд. отдел ЦАГИ, 1987. – Вып. 2357. – 31 с.
  15. Українець С.О., Гоцак В.В. Вплив роботи рушійів на аеродинамічні характеристики літаків транспортної авіації // Вопросы проектирования и производства конструкций ЛА. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2002. – Вып. 34 (1). – С. 118-124.
  16. Українець Е.А., Гоцак В.В. Аэродинамические характеристики полипланых компоновок // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2003. – Вып. 21. – С. 47-51.
  17. Українець С.О., Гоцак В.В. Методика розрахунку аеродинамічних характеристик складних компоновань // Збірник наукових праць XI ВПС. – Х.: XI ВПС. – 2003. – Вып. 1 (9) – С. 11-16.
  18. Гоцак В.В., Козак В.В. Програмний комплекс PAN MODEL розрахунку аеродинамічних характеристик повітряних гвинтів // Збірник наукових праць XI ВПС. – Х.: XI ВПС. – 2004. – Вып. 2 (11). – С. 203-211.
  19. Гоцак В.В. Методика розрахунку нелінійних нестач. аеродинамічних характ. повітряних гвинтів // Вісник МСУ. – Х.: МСУ. – 2004. – Т. 7, № 2. – С. 28-33.
  20. Гоцак В.В., Сушак М.Б., Заріцький О.В., Калкаманов С.А. Оцінка впливу роботи реактивних двигунів на аеродинамічні характеристики літака для різних варіантів геометричних параметрів їх розміщення відносно крила // Вопросы проектирования и производства конструкций ЛА. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2005. – Вып. 41 (2). – С. 30-37.

Поступила 16.03.2006



**Рецензент:** доктор технических наук, старший научный сотрудник С.А. Калкаманов,  
Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба.

---