

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КРЫЛА МАГИСТРАЛЬНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА

Горбунов А. А., Припадчев А. Д.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия (460018, Оренбург, ГСП пр. Победы, 13), post@mail.osu.ru

В представленной статье рассматривались физические модели спроектированных дополнительных аэродинамических поверхностей крыла магистрального воздушного судна (ВС). Под физическим моделированием дополнительных аэродинамических поверхностей понимается метод экспериментального изучения разработанных и построенных моделей дополнительных аэродинамических поверхностей путем продувок в аэродинамической трубе. Дополнительные аэродинамические поверхности – небольшие аэродинамические элементы на концах крыльев ВС, служащие для увеличения аэродинамической эффективности ВС. Проведенное исследование было направлено на определение аэродинамических характеристик дополнительных аэродинамических поверхностей в зависимости от изменения их конструктивно-геометрических и режимных характеристик в процессе продувки. Установка спроектированных дополнительных аэродинамических поверхностей с учетом проверки физического модели позволяет добиться уменьшения удельного расхода топлива, снижения индуктивного сопротивления, уменьшения потребной взлётной дистанции и более оптимальной формы распределения подъёмной силы, где наибольший эффект достигается на крейсерском режиме полёта.

Ключевые слова: воздушное судно, дополнительные аэродинамические поверхности, аэродинамическая эффективность, физическая модель, автоматизированное проектирование.

THE PHYSICAL MODEL ADDITIONAL AERODYNAMIC SURFACES FOR MAIN AIRCRAFT WING

Gorbunov A. A., Pripadchev A. D.

Federal government budgetary educational institution of higher education «Orenburg State University», Orenburg, Russia (460018, Orenburg, GSP prospect Pobedy, 13), e-mail: post@mail.osu.ru

The physical models additional aerodynamic surfaces designed for wings of main aircraft (MA) present in this article. Under the physical modeling of additional aerodynamic surfaces mean the method of experimental study in the wind tunnel designed and constructed models additional aerodynamic surfaces. Additional aerodynamic surfaces - small aerodynamic elements at the ends of wings MA, serving to increase aerodynamic efficiency of MA. Conducted study was aimed at determining the aerodynamic characteristics of additional aerodynamic surfaces and depending on changes in their structural-geometrical, operational characteristics during blowing in the wind tunnel. Installing designing additional aerodynamic surfaces with check his physical model can achieve a reduction in fuel consumption, reduce induced drag, reducing the take-off distance and give more optimal shape of the distribution of lift force, where the greatest effect is at cruising flight.

Key words: main aircraft, additional aerodynamic surfaces, aerodynamic efficiency, physical model, CAD design.

Повышение международных требований к обеспечению безопасности полетов, экономической эффективности воздушных судов (ВС) и снижению негативного воздействия на окружающую среду предполагают разработку новых технологий в области самолетостроения. Эффективность проектируемых ВС является наиболее важной характеристикой в современных условиях. На наш взгляд, оценку ВС целесообразно проводить, используя глобальный критерий – экономическая эффективность, на изменение которого оказывает влияние аэродинамическая эффективность, позволяющая дать комплексный ответ об общем уровне состояния аэродинамических характеристик

магистрального ВС, определяющийся как произведение максимального аэродинамического качества ВС на крейсерское число Маха [1]. При определении оптимальных характеристик новых технических изделий по критерию аэродинамической эффективности, способствующей улучшению взлетно-посадочных и летно-технических характеристик ВС, появляется необходимость в рациональном описании процесса проектирования математическими, имитационными и физическими моделями.

Рассмотрим физическое моделирование дополнительных аэродинамических поверхностей в рамках автоматизированного проектирования как составляющего элемента крыла магистрального ВС. Под физическим моделированием дополнительных аэродинамических поверхностей понимается метод экспериментального изучения разработанных и построенных моделей дополнительных аэродинамических поверхностей путем продувок в аэродинамической трубе.

Для проведения физического моделирования были спроектированы и изготовлены с использованием разработанных программных средств [2, 4] модели дополнительных аэродинамических поверхностей, заявка на изобретение № 2011456, 2011458.

Дополнительные аэродинамические поверхности – небольшие аэродинамические элементы на концах крыльев ВС, служащие для увеличения аэродинамической эффективности ВС.

Проведенное исследование было направлено на определение аэродинамических характеристик дополнительных аэродинамических поверхностей в зависимости от изменения их конструктивно-геометрических и режимных характеристик в процессе продувки и проведении визуализации обтекания потоком воздуха моделей дополнительных аэродинамических поверхностей.

Для измерения аэродинамических характеристик, а также визуализации процесса обтекания, при продувках в трубе использовались аэродинамические весы и боковое поддерживающее устройство.

Конструкция весов позволила изменять угол установки моделей дополнительных аэродинамических поверхностей в рабочей части трубы, чтобы исследовать аэродинамические характеристики моделей на разных углах установки.

Во время продувок варьировались следующие параметры: угол установки; скорость набегающего потока. Угол установки менялся за счет изменения угла установки бокового поддерживающего устройства, посредством автоматизированного комплекса, управляющего аэродинамической трубой. Скорость потока в трубе задавалась информационно-измерительной системой.

Дополнительные аэродинамические поверхности были установлены в аэродинамической трубе таким образом, что находились в ядре потока, обеспечивающем эффективный обдув. Для придания этого положения использовались специализированные инструменты, а именно: разметка на диффузоре трубы, уровень, а также измерительно-координирующее устройство, встроенное в конструкцию трубы.

Основными исследуемыми параметрами, влияющими на характер изменения режимных характеристик моделей дополнительных аэродинамических поверхностей, во время продувок были:

- углы установки моделей дополнительных аэродинамических поверхностей в аэродинамической трубе, значения которых равны: -10° ; -8° ; -6° ; -4° ; -2° ; 0° ; 2° ; 4° ; 6° ; 8° ; 10° соответственно;

- скорость потока, изменяемая для каждого угла установки моделей дополнительных аэродинамических поверхностей, значения которых равны: 10 м/с; 15 м/с; 20 м/с; 25 м/с; 30 м/с.

Визуализация обтеканием потока воздуха проводилась посредством приклеивания шелковинок на поверхность моделей дополнительных аэродинамических поверхностей, рисунок 1. Продувки проводились для каждого угла установки во всем диапазоне скоростей для моделей дополнительных аэродинамических поверхностей, заявка на изобретение № 2011458, 2011456.

Визуализации обтекания потоком воздуха проводилась с целью проверки работоспособности дополнительных аэродинамических поверхностей. В результате проведенной визуализации дополнительной аэродинамической поверхности, заявка на изобретение № 2011458, приведенный на рисунке 1, было установлено, что при обтекании потоком воздуха крыла происходит перетекание воздуха с нижней плоскости крыла на верхнюю, дополнительная аэродинамическая поверхность препятствует перетеканию потока воздуха и выравнивает давление на верхней и нижней плоскости крыла, ослабляя мощный концевой вихрь, разбивая его на несколько вихрей меньшей интенсивности. При этом на концевой шайбе, снабжённой дополнительной аэродинамической стреловидной поверхностью малого удлинения с острой передней кромкой, смонтированной с внешней стороны концевой шайбы, образуется поле вертикальных скосов, трансформирующееся в устойчивое вихревое течение с образованием конического вихря, на передней кромке, установленной на концевой шайбе. На нижней вертикальной аэродинамической поверхности поле вертикальных скосов из-за малого удлинения нижней поверхности не приводит к преждевременному образованию вихря на передней кромки, а трансформируется на конце

поверхности в концевой конический вихрь. Вследствие чего снижается индуктивное сопротивление и увеличивается аэродинамическое качество.

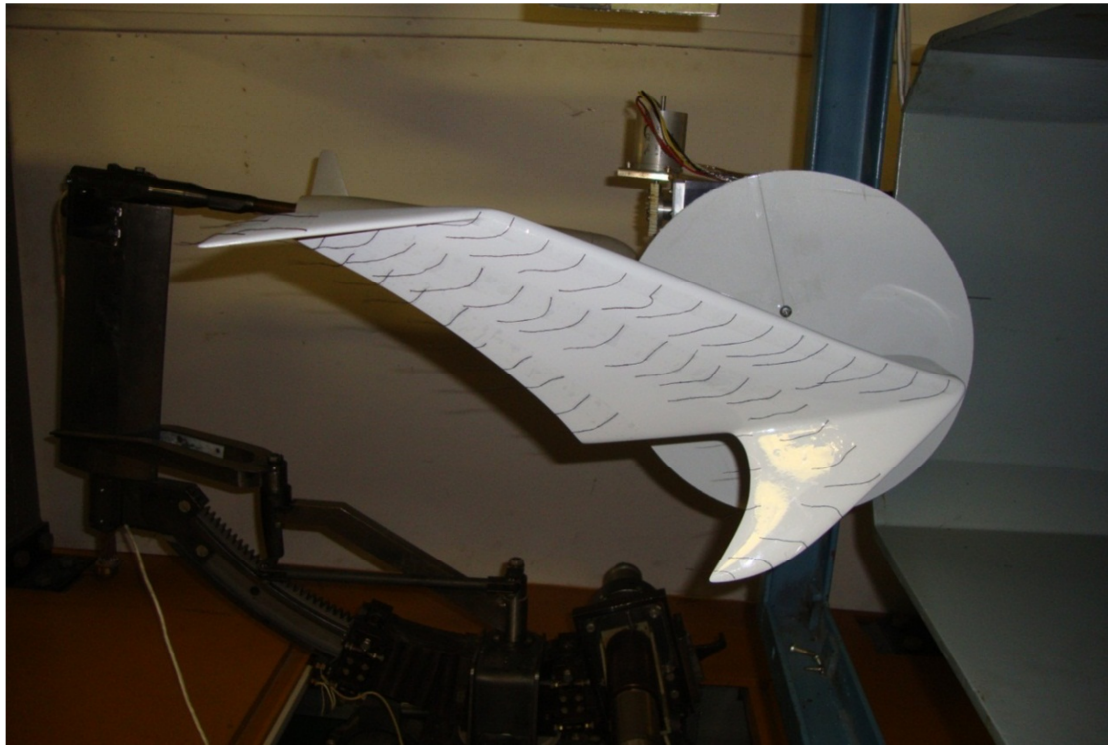


Рисунок 1. Модель дополнительной аэродинамической поверхности, патент № 2011458 в процессе продувки

Продувка моделей дополнительных аэродинамических поверхностей в аэродинамических весах позволила получить численные значения перемещения по компонентам X , Y , Z , M_x , M_y , M_z в системе координат, связанной с моделью, при заданной величине скоростного напора, и рассчитать аэродинамические коэффициенты по общеизвестным формулам экспериментальной аэродинамики [3, 5].

По полученным результатам эксперимента построены графические зависимости, позволяющие сравнить их с существующими моделями дополнительных аэродинамических поверхностей.

График зависимости коэффициента подъемной силы от угла установки спроектированных дополнительных аэродинамических поверхностей и аналогов приведены на рисунке 2, по которому можно выявить характер изменения характеристик в требуемом диапазоне значений.

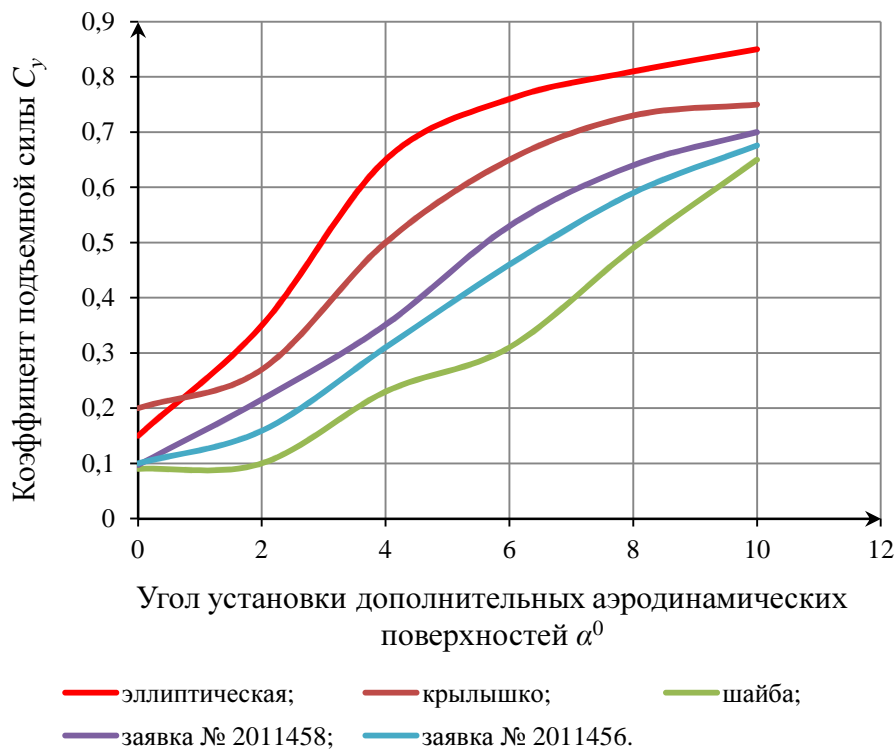


Рисунок 2. График зависимости коэффициентов подъемной силы от угла установки дополнительных аэродинамических поверхностей

По графической зависимости, представленной на рисунке 2, установлено, что коэффициент изменения величины подъемной силы C_y для всех моделей дополнительных аэродинамических поверхностей значительно увеличивается до угла установки моделей от 4^0 до 6^0 , причем значения коэффициента подъемной силы C_y для дополнительных аэродинамических поверхностей тип (эллиптическая, крылышко и заявка на изобретение №2011458) больше численного значения коэффициента, чем у типа (шайба и заявка на изобретение №2011456). Это обусловлено тем, что назначение первых трех типов дополнительных аэродинамических поверхностей несколько отличается от назначения вторых двух типов дополнительных аэродинамических поверхностей. Назначения первых трех типов в большей степени направлены на обеспечение дополнительного прироста подъемной силы, в сравнении со второй группой. Причем характер изменения коэффициента подъемной силы C_y с изменением угла установки для разработанных моделей, заявка на изобретение №2011458, 2011456, происходит более линейно без резких изменений величины коэффициента, что, в свою очередь, положительно сказывается на характере передачи и распределения моментов по размаху крыла. Также это способствует более предсказуемому изменению как аэродинамических, так и летно-технических характеристик ВС во время его эксплуатации. Рассматривая характер изменения представленных на графической зависимости характеристик, необходимо учитывать то, что нельзя пользоваться всем

диапазоном полученных значений, а целесообразно рассматривать только те значения, которые будут «автомодельными» [3]. Достигнуто это путем проведения построения графических зависимостей, значения которых были получены на разных числах Рейнольдса, что гарантирует достоверность полученных в результате экспериментального исследования характеристик.

График зависимости коэффициента лобового сопротивления от угла установки спроектированных дополнительных аэродинамических поверхностей и аналогов приведены на рисунке 3.

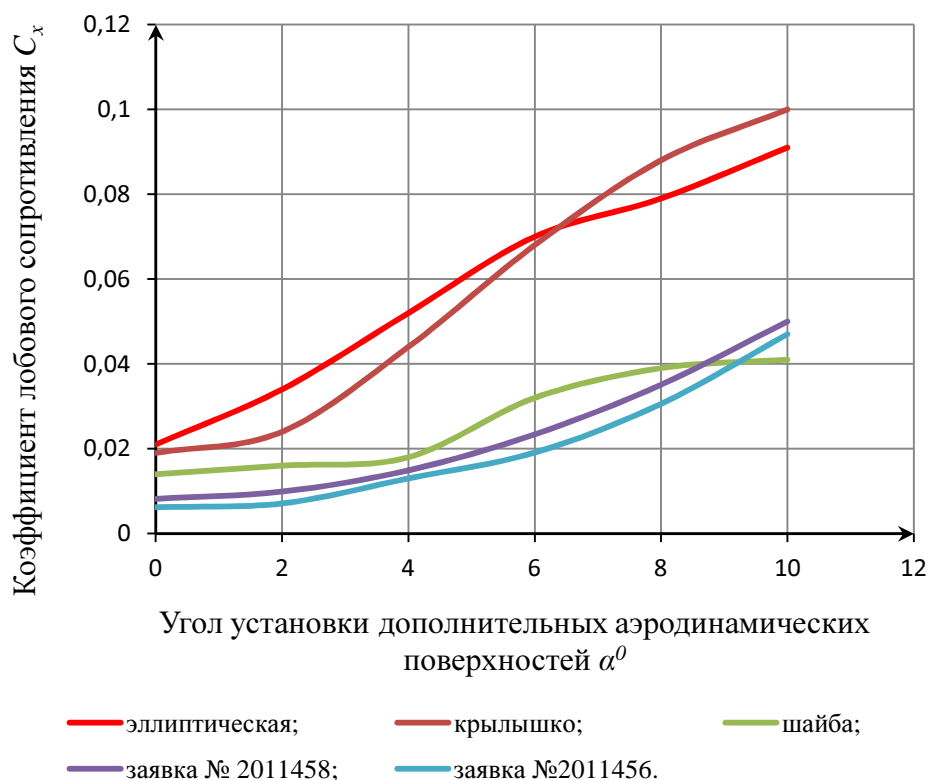


Рисунок 3. График зависимости коэффициентов подъемной силы от угла установки дополнительных аэродинамических поверхностей

По представленной графической зависимости на рисунке 3 установлено, что дополнительные аэродинамические поверхности, заявка на изобретение № 2011458, 201456, имеют меньший коэффициент лобового сопротивления C_x по сравнению с аналогами существующих дополнительных аэродинамических поверхностей, что стало возможным благодаря их автоматизированному проектированию, а также применение разработанных программных средств [2, 4].

Установка спроектированных дополнительных аэродинамических поверхностей с учетом проверки физической модели позволяет добиться уменьшения удельного расхода

топлива, снижения индуктивного сопротивления, уменьшения потребной взлётной дистанции и более оптимальной формы распределения подъёмной силы, где наибольший эффект достигается на крейсерском режиме полёта.

Список литературы

1. Аэрокосмическое обозрение: аналитика, комментарии, обзоры / ООО «Издательская группа «Бедретдинов и Ко». – М.: Издательская группа «Бедретдинов и Ко», 2008. – №5. – С. 54-57. – ISSN 1726-8516.
2. Горбунов А. А. Программа для расчета дополнительных аэродинамических поверхностей воздушного судна. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012616409. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 13 июля 2012 г. / А. А. Горбунов, А. Д. Припадчев. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2012.
3. Краснов Н. Ф. Аэродинамика. Ч. II. Методы аэродинамического расчёта: учеб. для студентов вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1980. – 416 с.
4. Припадчев А. Д. Программа для эскизного проектирования воздушного судна. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012614559. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 1 августа 2012 г. / А. Д. Припадчев, А. А. Горбунов. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2012.
5. Проектирование самолетов: Учебник для вузов / П79, С. М. Егер, В. Ф. Мишин, Н. К. Лисейцев и др.; под ред. С. М. Егера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2007. – 616 с.

Работа выполнена в рамках соглашения № 14.132.21.1585 от 01. 10. 2012 федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» по направлению «Конструирование летательных аппаратов», по проблеме «Разработка и конструирование дополнительных аэродинамических поверхностей крыла летательного аппарата нового поколения».

Рецензенты:

Сердюк Анатолий Иванович, доктор технических наук, профессор, директор аэрокосмического института, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург.

Султанов Наиль Закиевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой систем автоматизации производства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург.