АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 629.735.33

DOI: 10.35211/1990-5297-2020-3-238-56-59

М. Ю. Ветлицын¹, А. В. Ивченко¹, Н. Г. Шаронов^{1,2}

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АДАПТИВНОЙ ЧАСТИ КРЫЛА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

¹ Волгоградский государственный технический университет

² Центр технологий компонентов робототехники и мехатроники

E-mail: sharonov@vstu.ru

Обсуждаются методы повышения эффективности механизации крыла летательного аппарата. Приведены конструкции прототипов профилей и автоматизированных стендов для исследования адаптивной части крыла.

Ключевые слова: адаптивное крыло, реконфигурация формы, испытательный стенд.

M. Yu. Vetlitsyn¹, A. V. Ivchenko¹, N. G. Sharonov^{1,2}

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED TEST STAND FOR THE ADAPTIVE PART OF THE AIRCRAFT WING

¹ Volgograd State Technical University

² Center for Technology Components of Robotics and Mechatronics

Methods for improving the efficiency of aircraft wing mechanization are discussed. The designs of prototype profiles and automated test stand for the adaptive part of the adaptive part of the wing are presented.

Keywords: adaptive wing, shape reconfiguration, test stand.

Введение

Применение современных аддитивных технологий в авиастроении позволяет ставить задачу создания конструкций элементов крыла с возможностью их реконфигурации в процессе полета. Различные подходы и концепции реализации адаптивных крыльев исследуются ведущими авиационными компаниями и научными группами [1–4].

Цель использования адаптивной кромки крыла состоит в обеспечении необходимых моментов для управления самолетом по крену, увеличении подъемной силой, а также регулировании кривизны профиля на режимах взлета, посадки и полета [2]. При этом на всех возможных режимах и в аварийных ситуациях конструкция должна обеспечить выполнение основных функций. В общем, все известные системы закрылков могут быть приспособлены для управления кривизной профиля. Различия будут лишь в гладкости контура профиля, слож-

ности конструкции и величине эффективной части хорды, на которой производится изменение кривизны.

Методы повышения эффективности механизации

Скользящие закрылки (рис. 1, а, б, в) имеют ряд преимуществ, и позволяют одновременно увеличивать площадь и изменять кривизну профиля [4]. При таком конструктивном решении используются дополнительные элементы привода для управления кривизной.

Изменения кривизны и отклонения формы крыла можно добиться за счет использования адаптивной конструкции закрылка (рис. 1, г).

Отклонение и необходимое изменение кривизны, производится приводами распределенными по длине адаптивной части [5]. При этом используется дополнительный привод, расположенный внутри закрылка.

Управление распределением нагрузки по размаху крыла достигнуто разбивкой хвостовой

части на секции, каждая из которых отклоняется на свой угол, но при этом возникает ухудшение аэродинамических характеристик из-за разрывов задней кромки крыла. В концепции

адаптивного крыла оптимальный, способ заключается в применении гибкого закрылка, который обеспечивает непрерывное по размаху распределение кривизны профилей.

Рис. 1. Виды закрылков

Преимущества, полученные при использовании адаптивных крыльев, позволяют расширить эксплуатационные возможности: увеличить запас топлива или увеличить полезную нагрузку, при этом необходимо учитывать тип и назначение проектируемого самолета.

Рис. 2. Экономия топлива

Эффективность применения адаптивного крыла в транспортных самолетах в зависимости от дальности полета показана на рис. 2, из которого следует, что по сравнению с самолетом, имеющим обычное крыло, запас топлива для полета по намеченному маршруту может быть снижен более чем на 5 % [4]. Следовательно,

основную часть экономической эффективности предоставляют аэродинамические свойства адаптивных крыльев.

Прототипы конструкций адаптивной части крыла

Рассмотрены два варианта конструкции адаптивного крыла:

- макет с реконфигурируемым сотовым заполнителем и криволинейным валом в качестве привода (рис. 3);
- макет с реконфигурируемой нервюрой и тросовым приводом (рис. 4, а, б).

В макете с реконфигурируемым сотовым заполнителем и криволинейным валом в качестве привода [5–7] изменение пространственной формы каркаса происходит относительно жесткой конструкции, обеспеченной лонжероном 1, рис. 3. Основными элементами конструкции являются реконфигурируемый ячеистый каркас 2, электромеханический привод 3, криволинейный вал 5, неподвижная часть крыла 6, концевое завершение неподвижной части крыла 7.

Рис. 3. Макет с реконфигурируемым сотовым заполнителем и криволинейным валом в качестве привода

Вариант макета с реконфигурируемой нервюрой [5], тросовым приводом и шарнирами двойного действия (рис. 4) состоит из шарнира 1 связи с приводом, шкива 2 электромеханического привода, тяги 3, цилиндрических шарниров двойного действия 4; концевое завершение крыла 5. Реконфигурируемая нервюра приво-

дится в действие сервоприводом при повороте на заданный угол. Тяга 3, жестко соединенная со шкивом, перемещаясь, изменяет соотношение длин верхней и нижней части узла, при этом шарниры 4 изменяют расположение относительно оси. Перемещение и поворот шарниров 4 приводит к формированию заданного профиля.

Рис. 4. Макет с реконфигурируемой нервюрой и тросовым приводом

Экспериментальные исследования

Мехатронные узлы и система управления собраны в два макета, проведены исследования возможных режимов управления и реконфигурации. Проверка соответствия реализации различных режимов изменения геометрии оценивалась по координатной сетке, размещенной вместе с макетом на неподвижном основании. Контроль требуемым значениям геометрии от-

клонения элементов мехатронного узла определялся на стенде с применением последовательной фото и видео фиксации и последующей обработке материалов с учетом размерности координатной сетки. Дополнительно проведена проверка технических характеристик системы управления. На рис. 5 и 6 представлены отклонения адаптивной части мехатронного узла при заданных углах управления макетом с изогнутым валом и с шарнирами двойного действия.

Рис. 5. Отклонения адаптивной части макета с реконфигурируемым сотовым заполнителем и криволинейным валом в качестве привода

Рис. 6. Отклонения адаптивной части макета с реконфигурируемой нервюрой и тросовым приводом

Выводы

Моделирование [5] профилей и механизмов адаптивного крыла позволяет исследовать необходимые материалы, опробовать технологии производства и способы управления.

Модель с криволинейным валом имеет более простой мехатронный узел, но ограничена в угле отклонения и кривизне профиля.

Модель с шарнирами двойного действия позволяет реализовать больший угол отклонения, сложные формы изгиба профиля, и имеет потенциал для модификации конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. NASA'S MIGHTY MORPHING WINGS MAKE FOR MORE EFFICIENT FLYING [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wired.com/2016/11/nasas-mighty-morphing-wings-make-efficient-flying> (дата обращения 05.10.2018).

2. FlexSys Morphing Wing [Электронный ресурс]. URL: https://www.liveleak.com/view?t=fb6_1478428583 (дата обращения 05.10.2018).

3. *Rosario, P.* Structural Design of an Adaptive Wing Training Edge for Large Aeroplanes / *R. Pecora, M. Magnifico,*

F. Amoroso // Smart Intelligent Aircraft Structures (SARISTU) – 2016 : Proceedings of the Final Project Conference. / редакторы: P.C. Wölcken, M. Papadopoulos ; Springer International Publishing Switzerland 2016. – С. 159–170.

4. *Свириденко, Ю. Н.* Адаптивное крыло для гражданских транспортных самолетов / Ю. Н. Свириденко, Е. П. Толстобров // Техническая информация. Новости зарубежной науки и техники. Серия: Авиационная и ракетная техника. – 1986. – № 14 (1540). – С. 9–12.

5. New conceptual design of the adaptive compliant aircraft wing frame / A.B. Ивченко, Н.Г. Шаронов, R. Ziatdinov // Engineering Science and Technology, an International Journal. - 2019. - Vol. 22, Issue 5 (October). – P. 1149-1154. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jestech.2019.10.004>.

6. Моделирование взаимодействия элементов автоматизированных панелей с изменяемой пространственной формой / А. В. Ивченко, А. Ю. Горелова, Н. Г. Шаронов, А. М. Макаров // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 8 (231) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2019. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении». – С. 60–63.

7. *Ивченко, А. В.* Мехатронный узел и каркас адаптивного крыла / А. В. Ивченко, Н. Г. Шаронов // Прогресс транспортных средств и систем – 2018 : матер. междунар. науч.-практ. конф. (г. Волгоград, 9–11 октября 2018 г.) / редкол. : И. А. Каляев, Ф. Л. Черноусько, В. М. Приходько [и др.] ; ВолгГТУ, РФФИ, «ФНПЦ «Титан-Баррикады». – Волгоград, 2018. – С. 176–177.