

Программно-аппаратные средства компьютеризированной системы измерения углового отклонения рулевых поверхностей летательного аппарата

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Изложены материалы разработки программно-аппаратных комплексов для реализации экспериментального исследования отклонения рулевых поверхностей в процессе производства летательных аппаратов. Предложено программное обеспечение для реализации ортогонального центрального композиционного плана эксперимента при исследовании датчика и программно-аппаратный стенд контроля с возможностью использования в качестве замкнутой системы.

Ключевые слова: рулевая поверхность, планирование эксперимента, авиапроизводство, угол отклонения, система автоматического управления ЛА.

Постановка проблемы. В условиях быстрого развития цифровой измерительной техники ее влияние на все сферы промышленности с каждым годом всё больше возрастает. Применение компьютерных систем в измерении физических величин обеспечивает высокую технологичность производственных процессов, точность, быстрое получение результатов, возможность представления результатов в удобных, эргономичных формах, возможность сопряжения комплексов измерительных устройств.

Не исключением является и авиационная промышленность, где для интеграции компьютерных технологий существуют довольно просторные ниши, заполненные, в том числе, устаревшей аналоговой измерительной техникой. Примером такого сегмента авиационного производства является контроль углов отклонения рулевых поверхностей летательных аппаратов.

Анализ последних исследований и публикаций. В целях улучшения сложившейся ситуации авторами было предложено цифровое измерительно-преобразовательное устройство [1, 2], обеспечивающее необходимую точность измерения.

В работах [3 – 5] приведена методика получения математической модели данного устройства посредством применения методов планирования эксперимента.

Постановка задач

1. При разработке математической модели в процессе проведения эксперимента необходимо иметь достаточно простой функциональный программный инструмент для получения итоговых функциональных зависимостей – математических моделей второго порядка. Предлагаемые на рынке специализированные программные средства являются громоздкими и дорогостоящими, поэтому следует разработать программное средство для получения уравнений регрессии по результатам экспериментов.
2. Для проведения экспериментального исследования системы на реальном объекте необходимы программно-аппаратные средства, позволяющие не только принимать и обрабатывать информацию с датчика на ПК, но и организовывать замкнутую автоматизированную систему управления процессом контроля.

Основные результаты исследования. Для решения первой из поставленных задач была разработана программа «Комплекс ортогонального центрального композиционного планирования эксперимента». Как показано в работах [3 – 5], для построения адекватных математических моделей необходимо применять ортогональный центральный композиционный план эксперимента. Разработанный программный комплекс позволяет для данного вида исследования оперативно и удобно получать искомые математические зависимости. Внешний вид окна программы изображен на рис. 1.

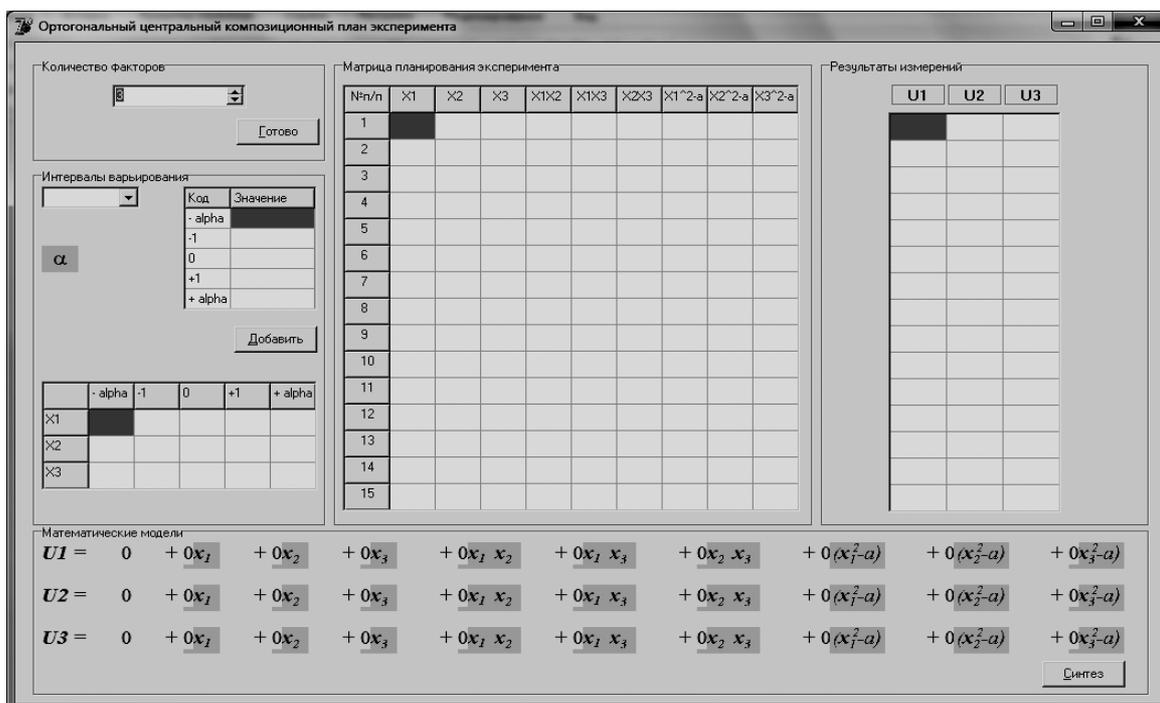


Рис. 1. Окно программы «Комплекс ортогонального центрального композиционного планирования эксперимента»

Окно программы разбито на несколько областей. В области «Количество факторов» вводится соответствующее значение. В области «Интервалы варьирования» для каждого из факторов вводятся значения уровней в натуральных значениях для удобства оператора. На основе этих данных заполняется область «Матрица планирования эксперимента».

Оператору необходимо ввести лишь результаты измерений в соответствующую область. После этого при нажатии кнопки «Синтез» программа вычисляет коэффициенты для уравнений, приведенных в области «Математические модели». Коэффициенты регрессии в данном случае вычисляются по следующим формулам [6]:

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^N U_i}{N}; \quad b_p = \frac{\sum_{i=1}^N z_i U_i}{2^3 + 2\alpha^2}; \quad b_s = \frac{\sum_{i=1}^N z_i U_i}{2^3}; \quad b_u = \frac{\sum_{i=1}^N z_i U_i}{2\alpha^4}.$$

Здесь b_p – коэффициенты при линейных членах, b_s – коэффициенты при взаимодействиях, b_u – коэффициенты при квадратичных членах.

В итоге синтеза математической модели окно программы выглядит так, как показано на рис. 2.

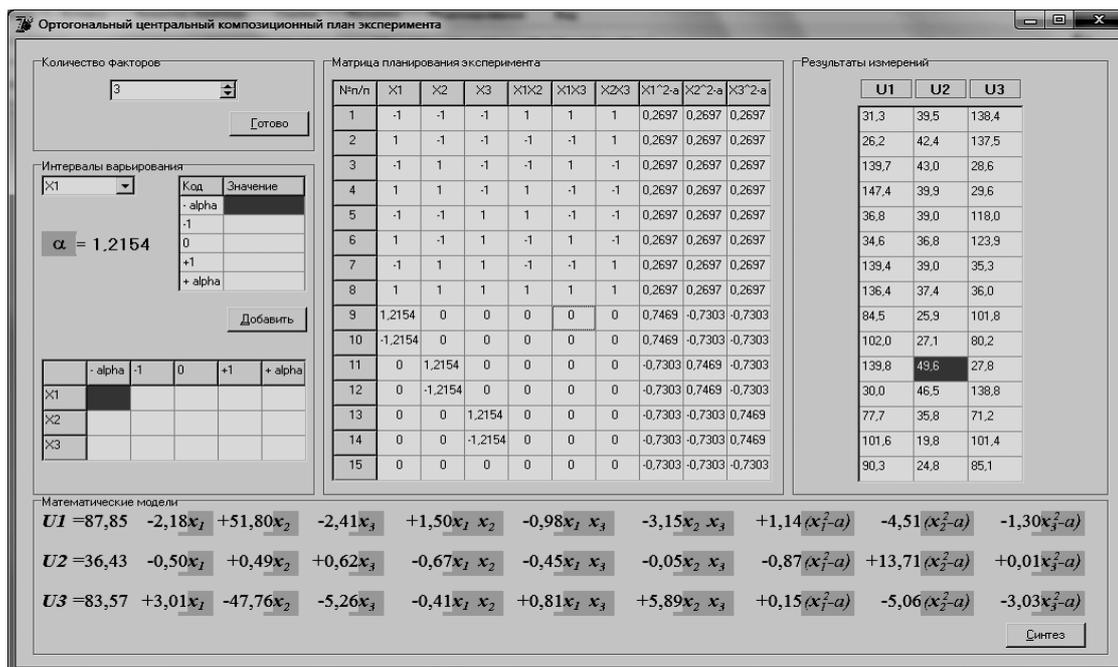


Рис. 2. Результат работы программы

При решении второй поставленной задачи была изготовлена аппаратная часть системы, представляющая собой устройство (блок преобразования), описанное в работе [2] (рис. 3). По протоколу RS-232 с устройства на COM-порт ПК передается выходной сигнал. Элементы датчика (фототранзисторы ВРТ-ВР2931) подключены к устройству через разъем DB-37. Данный блок преобразования рассчитан на фиксированный диапазон измерения углов. При использовании на реальном объекте необходимо проводить масштабирование системы путем наращивания ее компонентов.

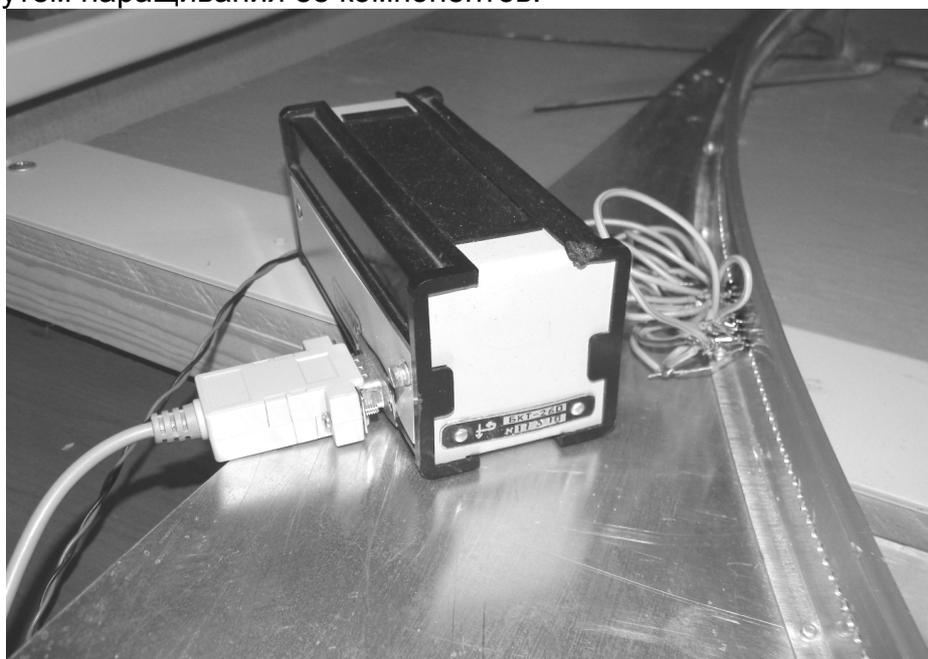


Рис. 3. Блок преобразования

Фототранзисторы устанавливаются на дуге датчика и подключаются к блоку преобразования, который подключен к ПК (рис. 4). На ПК устанавливается специально разработанное программное обеспечение, предоставляющее возможность считывать информацию с СОМ-порта и обрабатывать ее.



Рис. 4. Программно-аппаратный комплекс измерения

Данное программное решение «Программный комплекс обработки информации компьютерной системы контроля углового отклонения рулевых поверхностей летательного аппарата» обеспечивает универсальность при выборе дискретности измерения, возможность проведения эксперимента на отдельном секторе исследуемой дуги, расчет абсолютной погрешности каждого измерения, получение выходной информации как в табличном, так и в графическом виде, что дает возможность оператору наглядно оценивать качество отработки рулевой поверхностью заданного значения.

Разработанная система обладает возможностью сопряжения с системой автоматического управления (САУ) летательного аппарата. В данном случае система выступает в качестве обратной связи при тестировании исследуемой рулевой поверхности в условиях авиапроизводства. Для работы в таком режиме оператору необходимо задать то угловое положение, в которое должна установиться рулевая поверхность, и при прохождении промежутка времени, заданного линией задержки, система отследит рассогласование между заданным и реальным значениями. Линия задержки может быть использована как аппаратная, так и программная. Функциональная готовность системы работать в режиме сопряжения с САУ должна быть обусловлена наличием современной цифровой САУ на летательном аппарате, которая, в свою очередь, обеспечена возможностью подключения внешних устройств. Передача данных происходит по тому же протоколу RS-232, который используют и для подключения блока преобразования, но через другой СОМ-порт компьютера. Структурная схема такого режима работы системы показана на рис. 5.

На выходе пользователь программного комплекса получает удобно представленную информацию, основываясь на которой можно делать заключение о корректности либо некорректности отработки механикой задающего значения с органов управления в кабине пилота или с системы автоматического управления.

Внешний вид окна «Программного комплекса обработки информации компьютерной системы контроля углового отклонения рулевых поверхностей летательного аппарата» показана на рис. 6.

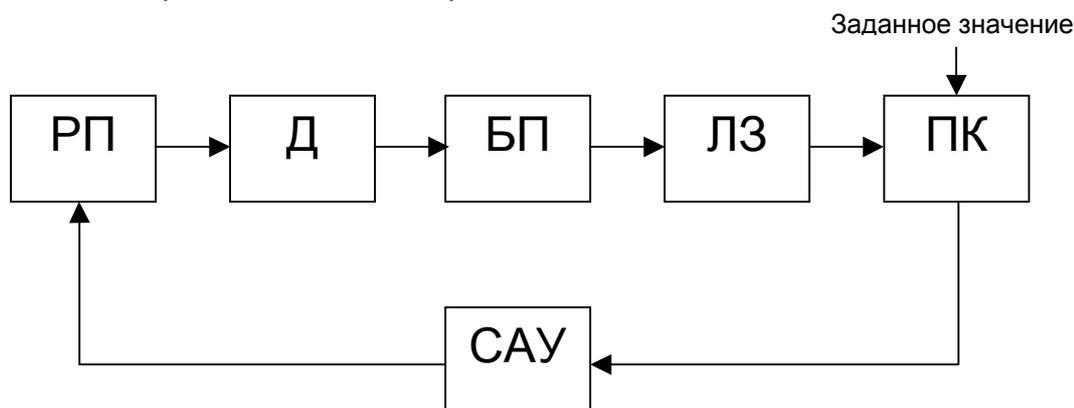


Рис. 5. Структурная схема замкнутой системы:
 РП – рулевая поверхность; Д – датчик системы; БП – блок преобразования;
 ЛЗ – линия задержки; ПК – персональный компьютер с разработанным программным обеспечением;
 САУ – система автоматического управления ЛА

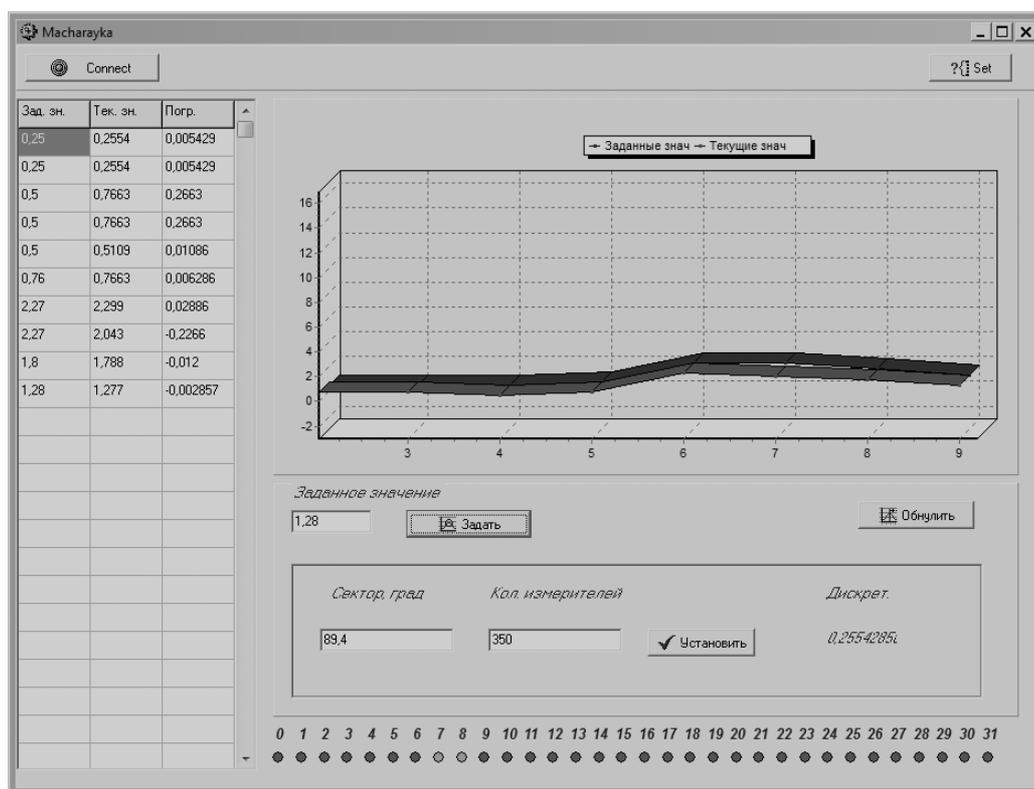


Рис. 6. Внешний вид окна программной части системы

Как видно на представленных иллюстрациях, отслеживание обработки рулевой поверхностью задающих воздействий контролируется с помощью предлагаемого программно-аппаратного комплекса. Данная компьютерная система готова к функционированию и представляет собой удобное и надежное

средство контроля угловых отклонений рулевых поверхностей летательного аппарата.

Выводы

Практическими результатами работы являются:

1. Программное решение по синтезу математических моделей, основанное на проведении ортогонального центрального композиционного планирования экспериментов, существенно облегчает и ускоряет процесс вычисления коэффициентов регрессии искомых моделей.
2. Разработанный программно-аппаратный комплекс для проведения экспериментального исследования на реальных объектах позволяет не только демонстрировать результаты тестирования отработки рулевых органов летательного аппарата в удобной форме, но и обеспечивать возможность организации замкнутой автоматизированной системы управления процессом контроля. При этом данные представляются в удобном табличном и графическом виде. Получение высокоточной информации о реальном угловом положении рулевой поверхности является дальнейшим развитием научных исследований, изложенных в трудах [1-5].

Список литературы

1. Оганесян А.С. Схемотехнические решения по проектированию оптического устройства для измерения угла поворота рулевой поверхности самолета / А.С. Оганесян, Н.Д. Кошевой, М.В. Цеховской // Світлотехніка та електроенергетика. Міжнародний науково-технічний журнал. – №3 – X., 2009. – С. 75-78.
2. Пат. № 55950 України, МПК (2006 G02F 7/00. Система обробки інформації з фотодатчиків / А.С. Оганесян, М.В. Цеховський, М.Д. Кошовий, А.М. Анікін (Україна). – № u201009210; Заявл. 22.07.2010; Опубл. 27.12.2010, Бюл. № 24. – 5 с.
3. Oganesyanyan A.S. Investigation into optoelectronic aviation angle meter by the design-of-experiment method // A.S. Oganesyanyan, M.V. Tsekhovskiy, N.D. Koshevoy, V.A. Gordienko // Telecommunications and Radio Electronics. – №9. – Vol. 69. – N.Y., 2010. – P. 841-847.
4. Оганесян А.С. Применение методики планирования эксперимента при исследовании устройства для измерения угловых отклонений рулевых поверхностей самолета / А.С. Оганесян, Н.Д. Кошевой, М.В. Цеховской, В.А. Гордиенко // Авиационно-космическая техника и технология. – Вып. 6. – X., 2009. – С. 48-53.
5. Кошевой Н.Д. Синтез математических моделей авиационного оптического угломера / Н.Д. Кошевой, А.С. Оганесян, Е.М. Костенко // Математичне моделювання. – №1 (22). – Дніпродзержинськ, 2010. – С. 31-35.
6. Давиденко А.П. Организация и планирование научных исследований, патентоведение / А.П. Давиденко. – X.:НТУ «ХПИ», 2004. – 320 с.

Рецензент: д.т.н., проф., зав. каф. А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцию: 10.02.2011

Програмно-апаратні засоби комп'ютеризованої системи вимірювання кутового відхилення рульових поверхонь літального апарата

Викладено матеріали розроблення програмно-апаратних комплексів для реалізації експериментального дослідження рульових поверхонь у процесі виробництва літальних апаратів. Запропоновано програмне забезпечення для реалізації ортогонального центрального композиційного плану експерименту при дослідженні датчика та програмно-апаратний стенд контролю з наданням можливості використання як замкнутої системи.

Ключові слова: рульова поверхня, планування експерименту, авіавиробництво, кут відхилення, система автоматичного управління ЛА.

Software-hardware instruments of aircraft steering surface's angle of deviation computerized measuring system

The materials of software-hardware design are represented. The system implemented for experimental investigation of deviation control surfaces during manufacture of aircraft. Proposed software for implementing an orthogonal central composite plan of the experiment in the study of sensor and software and hardware control booth with the ability to use as a closed system.

Keywords: steering surface, design of experiment, aircraft manufacturing, deviation angle, aircraft automatic control system.