

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пьявченко О.Н., Кузнецов Ф.И. Применение формул экстраполяции значений переменных для компенсации динамической погрешности. Цифровая обработка сигналов и ее применение. – Вып. XII - 1. – М., 2010. – С. 285-288.
2. Пьявченко О.Н. Проектирование локальных микрокомпьютерных систем. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – 238 с.
3. Оппенгеймер А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. – М.: Техносфера, 2006. – 856 с.
4. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры: Пер. с англ./ Под ред. А.М. Трахтмана. – М.: Сов. радио, 1980. – 224 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.Е. Панич.

Кузнецов Филипп Игоревич – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: kafmps@tspark.ru; 347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81; тел.: 88634328025; кафедра микропроцессорных систем; аспирант.

Kuznetsov Filipp Igorevich – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: kafmps@tspark.ru; 81, Petrovskaya street, Taganrog, 347900, Russia; phone: +78634328025; the department of microprocessor systems; postgraduate training.

УДК 629.78.05.001.2

Ю.А. Гелозе, П.П. Клименко, А.В. Максимов

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ
УПРАВЛЕНИЯ УГЛОМ КРЕНА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ТРЕБУЕМЫЕ
ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ В КРИТИЧЕСКОЙ
СИТУАЦИИ**

Работа посвящена экспериментальному исследованию процессов управления в нелинейной автоматической системе управления во время больших возмущений. В работе построено и исследовано две модели систем автоматического управления углом крена ЛА. Первая модель представляет собой гипотетическую систему, в которой управление осуществляется независимо от “перескоков” характеристики позиционного датчика. Вторая модель реализует систему, работающую по разработанному принципу (закону) управления.

Автопилот; управление; крен; нелинейная автоматическая система управления; релейное управление; интегратор; приведение ЛА в устойчивое состояние.

Yu.A. Gelozhe, P.P. Klimenko, A.V. Maksimov

**EXPERIMENTAL RESEARCHING ALGORITHMS CONTROL ANGLE LIST
BEING PROVIDED REQUIREMENT DINAMICS CHARACTERES
OF SYSTEM IN CRITICAL SITUATION**

The principles of processes control in automatic nonlinear systems are based. Is devoted to the experimental investigation of management processes in nonlinear automatic control system during large disturbances. We construct and investigate two models of automatic control systems of aircraft bank angle. The first model is a hypothetical system in which control is carried out independently of the "jumps" features position sensor. The second model implements a system that works on the principle developed by (the law) management.

Autopilot; control; roll; automatic nonlinear system; relay control; to bring the aircraft to a stable state.

Задачам синтеза алгоритмов управления динамическими объектами в критических (нештатных) ситуациях посвящен ряд работ [1–4].

В работе построено и исследовано две модели систем автоматического управления углом крена ЛА. Первая модель представляет собой гипотетическую систему, в которой, управление осуществляется независимо от “перескоков” характеристики позиционного датчика. Вторая модель реализует систему, работающую по разработанному принципу (закону) управления [5].

При моделировании будем считать, что работа системы происходит в условиях, когда в результате кратковременного аномального воздействия ЛА не только изменяет свою ориентацию по крену, но и теряет скорость полета, вследствие чего ЛА имеет низкий коэффициент демпфирования, порядка $d \approx 0,26–0,30$.

Гипотетическая система, работающая релейно, теряет асимптотическую устойчивость на некоторых углах крена при заданной величине постоянной времени привода элеронов $T_{пр}$, которая меньше постоянной времени по крену T_γ , равной единице. Поэтому исследуем только систему, работающую по принципу управления, на углах крена близких к π ($\gamma_s = \pi - \varepsilon$ при $\varepsilon \rightarrow 0$). Поведение гипотетической системы будем приводить в качестве сравнения, доказывая, что эта система сохраняет устойчивость по Ляпунову.

Из рис. 1. видно, что при увеличении угла крена система остается устойчивой асимптотически. Время переходного процесса сравнительно не велико.

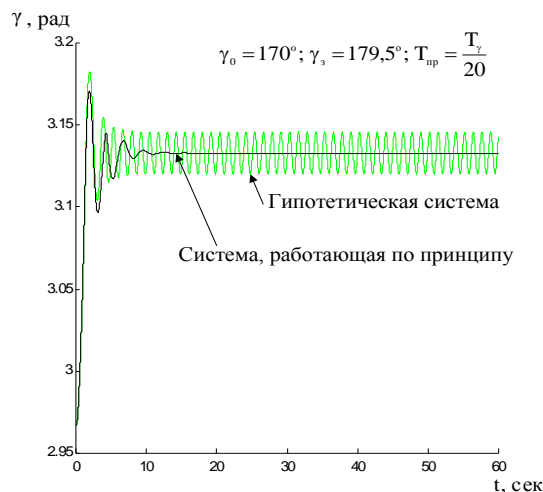


Рис. 1. График, показывающий, что система, работающая по принципу управления, сохраняет асимптотическую устойчивость при больших γ_s

Увеличим инерционность привода элеронов до значения $T_{пр} = \frac{T_\gamma}{15}$.

Из рис. 2. следует, что система продолжает оставаться устойчивой, но время установления заданного угла несколько увеличилось.

Из рис. 3. видно, что при дальнейшем увеличении инерционности привода элеронов асимптотическая устойчивость системы сохраняется, при этом несколько увеличивается время переходных процессов.

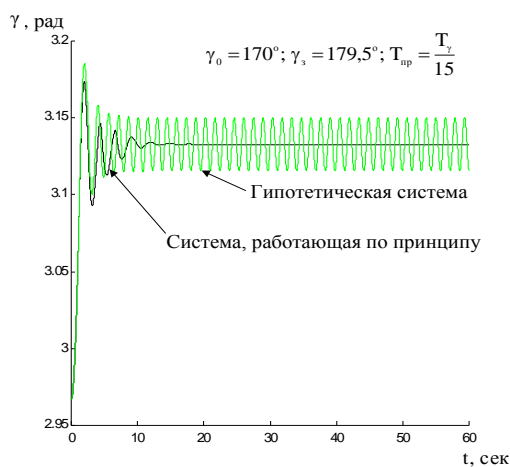


Рис. 2. Зависимость, показывающая, что при увеличении инерционности привода элеронов система, работающая по принципу, асимптотически устойчива

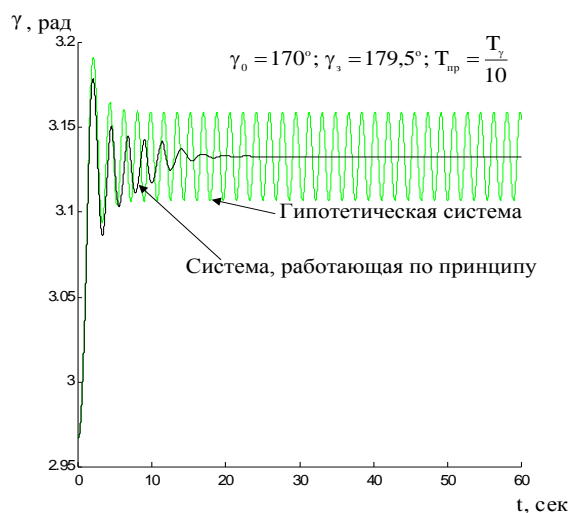


Рис. 3. Зависимость, показывающая, что асимптотическая устойчивость системы, работающей по принципу, сохраняется и при больших значениях инерционности привода элеронов

Дальнейшее увеличение $T_{пр}$ приводит к тому, что (работающая по принципу) теряет асимптотическую устойчивость (рис. 4), оставаясь устойчивой по Ляпунову.

Проведем с данной системой другой эксперимент. Инерционность привода элеронов изменять не будем и оставим равной $T_{пр} = \frac{T_\gamma}{20}$, а заданный угол крена станем увеличивать. Тогда при угле крена равном $\gamma_3 = 179,8^\circ$ система продолжает сохранять устойчивость (рис. 5).

Из рис. 6 видно, что при увеличении угла крена до $\gamma_3 = 179,9^\circ$, система также теряет асимптотическую устойчивость.

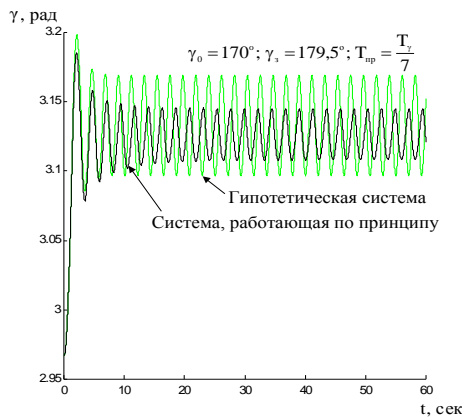


Рис. 4. График показывающий, что при дальнейшем увеличении $T_{пр}$, система, работающая по принципу, также приобретает устойчивость по Ляпунову [5]

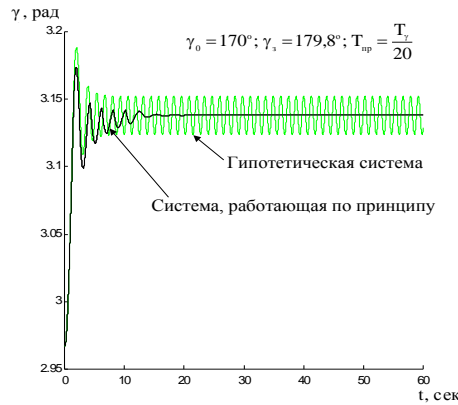


Рис. 5. Зависимость, показывающая, что при увеличении заданного угла крена и $T_{пр} = \frac{T_\gamma}{20}$ система, работающая по принципу, асимптотически устойчива

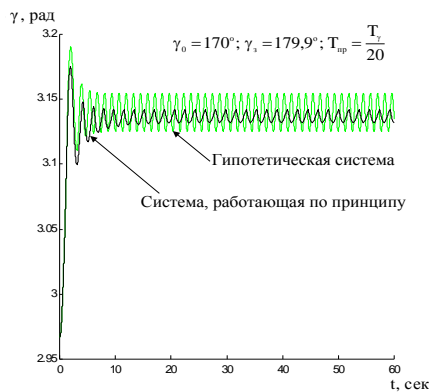


Рис. 6. График, показывающий, что при дальнейшем увеличении заданного угла крена система, реализующая нетрадиционный принцип управления, также теряет асимптотическую устойчивость и приобретает устойчивость по Ляпунову

Заключение. Исследование процессов в контуре управления ЛА по крену показали, что при использовании предлагаемого принципа управления [5] возможно выполнение маневра «переворот через крыло», поскольку автоматическая система управления остаётся устойчивой, и могут быть отработаны углы крена, близкие к 180° ($179,9^\circ$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Красовский А.А.* Системы автоматического управления полетом и их аналитическое конструирование. – М.: Наука, 1973. – 560 с.
2. *Красовский А.А.* Статистическая теория переходных процессов в системах управления. – М.: Наука, 1968. – 446 с.
3. *Красовский А.А.* Аттракторы и синтез управлений в критических режимах // Известия Академии наук. Теория и системы управления. – 1996. – № 3. – С. 5-14.
4. *Матюхин В.И.* Универсальные законы управления механическими системами. – М.: МАКС Пресс, 2001. – 252 с.
5. *Гелозе Ю.А., Клименко П.П.* Управление процессами в нелинейных системах. – М.: Радио и связь. – 2006. – 264 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.В. Тютиков.

Максимов Александр Викторович – Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: kafmps@tppark.ru; 347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81; тел. 88634328058, кафедра микропроцессорных систем; доцент.

Гелозе Юрий Андреевич – e-mail: rts@tsure.ru, 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371637; кафедра радиотехнических и телекоммуникационных систем; доцент.

Клименко Павел Петрович – кафедра радиотехнических и телекоммуникационных систем; доцент.

Maksimov Aleksandr Viktorovich – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»; e-mail: kafmps@tppark.ru; 81, Petrovskay street, Taganrog, 347900, Russia; phone: +78634328058, the department of microprocessor systems; associate professor.

Gelozhe Yury Andreevich – e-mail: rts@tsure.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371637; the department of radio engineering and telecommunication systems; associate professor.

Klimenko Pavel Petrovich – the department of radio engineering and telecommunication systems; associate professor.

УДК 681.51

А.С. Мушенко

АЛГОРИТМ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ ПРОЦЕДУРЫ СИНТЕЗА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Рассмотрен иерархический подход к конструированию законов взаимосвязанного управления пространственным движением летательного аппарата на основе нелинейной математической модели движения твердого тела 12-го порядка. Приведен алгоритм иерархического разбиения задачи синтеза законов управления летательными аппаратами на три уровня. На верхнем уровне синтезируются базовые законы управления. На втором, промежуточном уровне с помощью известных алгебраических уравнений связи, описывающих зависимость между обобщенными векторами сил и моментов сил и аэродинамически