

УДК 629.7.035.6

Г.Г. КУЛИКОВ<sup>1</sup>, В.Ю. АРЬКОВ<sup>1</sup>, О.Д. ЛЯНЦЕВ<sup>1</sup>, В.С. ФАТИКОВ<sup>1</sup>, В.И. ХИЛЬКО<sup>2</sup>, В.П.ИЩУК<sup>3</sup><sup>1</sup> Уфимский Государственный авиационный технический университет, Россия<sup>2</sup> Научно производственное предприятие «Аэросила», Россия<sup>3</sup> Авиационный научно-технический комплекс им. О.К.Антонова, Украина**УПРАВЛЕНИЕ СООСНЫМ ВИНТОВЕНТИЛЯТОРОМ НА РЕЖИМАХ РЕВЕРСА**

Рассмотрены задачи управления соосным винтовентилятором ТВВД на режимах реверса при отсутствии в системе датчика текущего углового положения лопастей. Предложены варианты решений, критерии выбора, приведены результаты экспериментального подтверждения их эффективности на полунатурном стенде.

**многосвязные системы управления, турбовентиляторный двигатель, реверс винтов****Введение**

Наличие регулируемой системы реверсирования тяги силовой установки самолета позволяет решать целый ряд задач по увеличению маневренности самолета и в воздухе, и на земле и является особенно эффективным при посадке на ВПП малой длины, а также при посадке на влажный или обледеневший аэродром.

Наибольшей эффективностью обладает способ реверсирования тяги за счет поворота лопастей воздушного винта (винтовентилятора) на ТВД (ТВВД) и лопаток вентилятора на ТРДД с ВПЛ при высокой степени двухконтурности.

Система автоматического управления углами установки лопастей ВИШ должна обеспечивать целенаправленное управление отрицательной тягой как в условиях нормального полета и взлета и посадки, так и в аварийных случаях. Система автоматического управления ТВВД среди прочего должна обеспечивать:

– перекладку лопастей винтов из рабочего положения в положение реверса тяги через положение, соответствующее  $\varphi = 0^\circ$ , без недопустимого заброса частот вращения двигателя, винтов, свободной турбины, с одной стороны, и без недопустимого понижения режима турбокомпрессорной части дви-

гателя, то есть с обеспечением приемистости до режима  $\bar{P} = 1,0$  за  $t_{\text{пр}} = 1,0 \dots 1,5$  с;

– приемистость за время  $t_{\text{пр}} = 1,0 \dots 1,5$  с с режима  $\bar{P} \approx 0,3$  до режима  $\bar{P} = 1,0$  в случае неточной посадки и необходимости захода на второй круг.

Для одновальных ТВД задачи управления реверсом решаются с использованием двух регулирующих факторов ( $G_T$  и  $\varphi$ ) [1].

Для трехвальных ТВВД с соосными винтами указанная проблема управления до сих пор однозначно не решена и остается актуальной научно-технической задачей.

Рассматривается проблема применительно к силовой установке самолета состоящей из четырех ТВВД с соосными винтами. Ставится задача синтеза системы управления "обратной" тягой с воздействием на расход топлива и углы установки лопастей переднего и заднего винтов. Для синтеза системы управления основным контуром и винтами был применен метод синтеза цифровых многосвязных систем управления, описанный в [2].

Исходными данными для синтеза динамической части системы управления реверсом ТВВД являются требования технического задания по качеству регулирования и динамической точности и математические модели объекта управления.

### 1. Синтез системы управления газогенератором и винтовентилятором ТВВД на основе математической модели объекта управления

Для проведения синтеза цифровой системы управления использовалась линеаризованная модель объекта управления в виде

$$\begin{pmatrix} \Delta \dot{n}_1(i+1) \\ \Delta \dot{n}_2(i+1) \\ \Delta R_{\text{ВВ}}(i+1) \end{pmatrix} = A_c(V_{\text{П}}(i)) \begin{pmatrix} \Delta n_1(i) \\ \Delta n_2(i) \\ \Delta \varphi_1(i) \\ \Delta \varphi_2(i) \\ \Delta G_t(i) \end{pmatrix}. \quad (1)$$

где  $\Delta n_1, \Delta n_2, \Delta \varphi_1, \Delta \varphi_2, \Delta G_t$  – отклонения параметров от значений на рабочей линии.

Элементы матрицы  $A_c(V_{\text{П}})$  для нескольких значений скорости посадки задаются в виде массива числовых данных.

Синтез структуры и определение параметров цифровой МСАУ был проведен на основе теоретических положений, приведенных в [2].

Структурная схема цифровой части системы управления представлена на рис. 1.

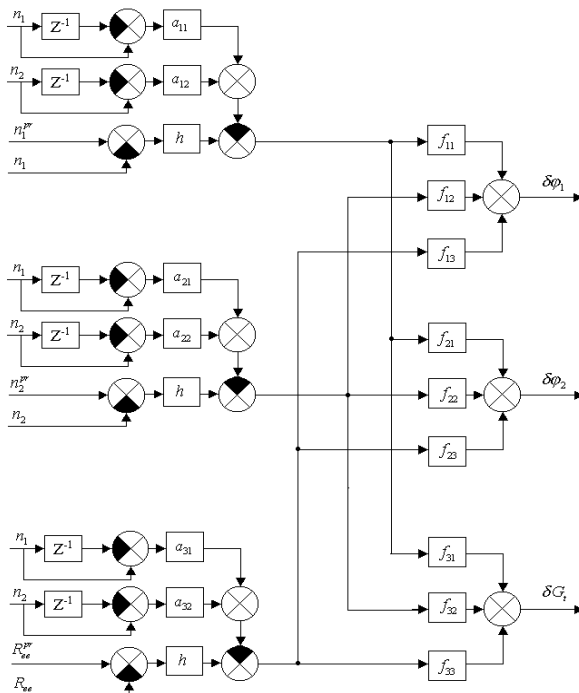


Рис. 1. Структурная схема многосвязной системы управления реверсом

### 2. Исследование динамики МСАУ на основе расчетно-экспериментальных характеристик

Экспериментальное исследование синтезированной системы управления реверсом проводилось путем имитационного моделирования. Модель двигателя задавалась как нелинейная в виде стандартных винтовых характеристик, численные значения которых менялись в зависимости от скорости полета, углового положения лопастей и разношаговости переднего и заднего винтов [3]. Модель газогенератора задавалась системой кусочно-линейных уравнений, параметры которых менялись в зависимости от режима и внешних условий. Исполнительные органы представлялись интегрирующими звеньями В ходе исследования изучалось влияние на динамические характеристики системы изменение режима работы двигателя и влияние параметра  $h$ .

Исследования включали получение переходных процессов, вызванных переходом двигателя на режим реверса при разных значениях коэффициента усиления  $h$  и посадочной скорости  $V$ . На рис. 2 приведены переходные процессы по частоте вращения винтов, вызванные переводом винтов в режим реверсирования при посадочной скорости 200 км/ч и значении коэффициента  $h = 0,25$ .

На рис. 3 приведены графики переходных процессов по угловому положению лопастей переднего и заднего винтов при переводе двигателя в реверсный режим.

Проведенные исследования показывают, что динамические характеристики системы управления, как точность и время переходных процессов удовлетворяют требованиям технического задания. Система управления сохраняет работоспособность при трехкратном увеличении коэффициентов передачи исполнительных органов.

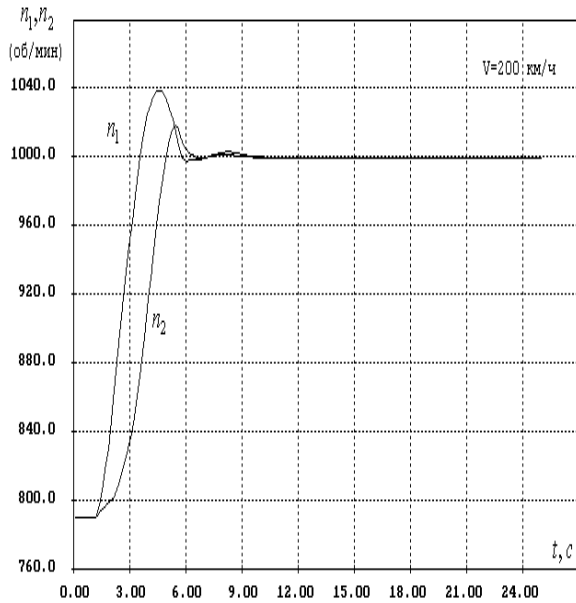


Рис. 2. Переходные процессы в многосвязной системе управления реверсом по частоте вращения винтов при посадочной скорости 200 км/ч и  $h = 0,25$

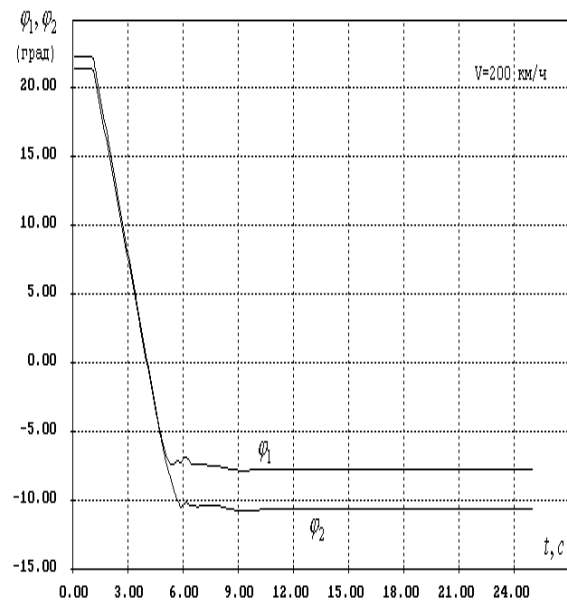


Рис. 3. Переходные процессы в многосвязной системе управления реверсом по углам поворота лопастей винтов при посадочной скорости 200 км/ч и  $h = 0,25$

### Заключение

Проведено исследование синтезированной многосвязной системы путем имитационного моделирования на нелинейной модели двигателя.

Результаты моделирования синтезированной многосвязной системы управления для решения задачи управления реверсированием тяги ТВВД подтверждены результатами испытаний на полунатурном стенде.

### Литература

1. Казанджан П.К., Кузнецов А.В. Турбовинтовые двигатели. Рабочий процесс в эксплуатационные характеристики. – М.: Воениздат, 1961. – 264 с.

2. Лянцев О.Д. Синтез цифровых многосвязных систем управления ГТД методами нелинейного программирования. – Уфа: Башкирская энциклопедия, 2001. – 197 с.

3. Динамическая характеристика соосного винтовентилятора на режимах реверса тяги для решения задач автоматического управления и контроля состояния Г.Г. Куликов, В.Ю. Арьков, О.Д. Лянцев, В.С. Фатиков, В.И. Хилько, В.П. Ищук // Авиационно-космическая техника и технология. – Х.: НАКУ «ХАИ». – 2003. – Вып. 6(41). – С. 106 – 110.

Поступила в редакцию 1.06.2004

**Рецензент:** д-р физ.-мат. наук, проф. А.В. Бастеев, ИПМаш НАН Украины, Харьков.