



## Решение

С помощью частотных методов была определена зависимость величины настраиваемого параметра от степени аэродинамической неустойчивости (рис. 2).

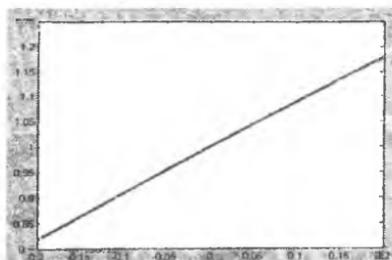


Рис.2.

Для получения обучающей выборки (ОВ), необходимой для настройки ИНС, производилось моделирование, при котором настраиваемый параметр (масштабный коэффициент усиления (КУ)) задавался от времени в виде градиентного воздействия, показанного на рис. 3-4. Его параметры выбирались таким образом, чтобы сигнальное рассогласование с эталонной моделью уменьшалось не менее чем на 50% для того, чтобы учесть динамику подстройки системы.

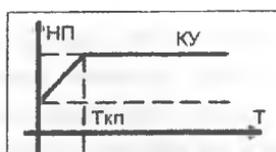


Рис. 3

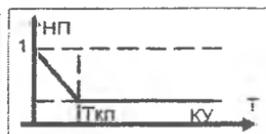


Рис. 4

Поскольку в качестве выходного сигнала ИНС использовала приращение масштабного КУ, то для получения ОВ необходимо было продифференцировать по времени полученную зависимость КУ, которая для такого рода зависимостей является ступенчатым воздействием.

В качестве ИНС использовалась сеть, которая представляет собой последовательно соединённые: сеть Кохонена и линейный слой.

### Результаты моделирования

Для проверки качества адаптации с помощью синтезированной ИНС проводилось моделирование движения системы при воздействии на неё случайного значения величины степени аэродинамической неустойчивости и значений начальных условий по углу и угловой скорости.

На рис. 5 показан пример зависимостей угла тангажа от времени для номиналь-

ной системы и системы с максимальным значением степени аэродинамической неустойчивости (+20%) при включении в контур ИНС и без неё. На рис. 6 показаны зависимости от времени сигнального рассогласования по углу с эталонной моделью, из которого видно, что при включении в контур управления ИНС наблюдается снижение максимальной величины сигнального рассогласования в четыре раза.

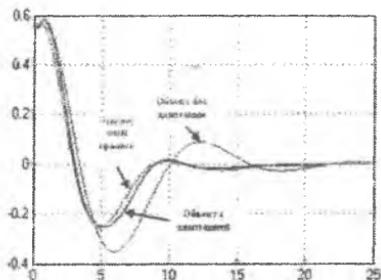


Рис. 5

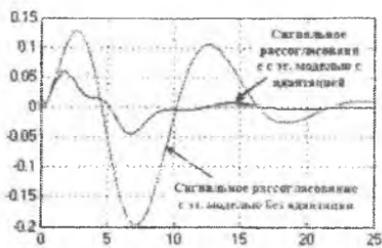


Рис. 6

### Выводы

Результаты моделирования показали, что полученная система обеспечивает адаптацию СДЮ к эталонному объекту. Отличие переходных процессов объекта от эталонной модели в результате адаптивного поддержания величины коэффициента усиления примерно в четыре раза меньше, чем для системы управления без адаптивного контура, что подтверждает эффективность использования разработанной ИНС в системе управления.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 07-08-00763).

### Библиографический список

1. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы [Текст]/ Д. Рутковская, М. Пилюньский, Л. Рутковский. Перевод с польского И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 452 с.
2. Головки, В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение [Текст]/ В.А. Головки. Под ред. А.И. Галушкина. – М.: Издательское предприятие редакции журнала «Радиотехника», 2001. – 256 с.
3. Нейрокомпьютеры в авиации (самолёты) [Текст]/ Под ред. В.И. Васильева, Б.Г. Ильёсова, С.Т. Кусимова. – М.: Издательство «Радиотехника», 2004. – 496 с.
4. Тюкин, И.Ю. Адаптация в нелинейных динамических системах [Текст]/ И.Ю. Тюкин, В.А. Терехов. – М.: ЛКИ, 2008 – 384 с.