

Министерство высшего и среднего специального  
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
научно-исследовательский институт им. С.П. Королева

ИССЛЕДОВАНИЕ САУ  
НА АНАЛОГОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ  
СОВМЕСТНО С РЕАЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Лабораторная работа № 7

Куйбышев 1971

СДК 62-5/375

С о с т а в и т е л и:

В.А.Вьязанин, Е.И.Давыдов,

В.А.Закаблукровский, В.И.Синицын

Утверждена редакционно-издательским  
советом института 30.12.76 г.

Вячеслав Аркадьевич Вьязанин  
Евгений Иванович Давыдов  
Виктор Дмитриевич Закаблукровский  
Виктор Павлович Синицын

ИССЛЕДОВАНИЕ САУ  
НА АНАЛОГОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ  
СОВМЕСТНО С РЕАЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Лабораторная работа № 7

Редактор И.М.Ч у л к о в а  
Техн. редактор И.М.С е л е н я н  
Корректор С.В.Р у б е н

Подписано к печати 18.12.76 г. Формат 60х84 1/16  
Бумага оберточная белая. Спешивная печать.  
Лсд.л.л. 0.4. 04.-изд.л. 0.4. Тираж 500 экз.  
Заказ № 294 . Бесплатно.

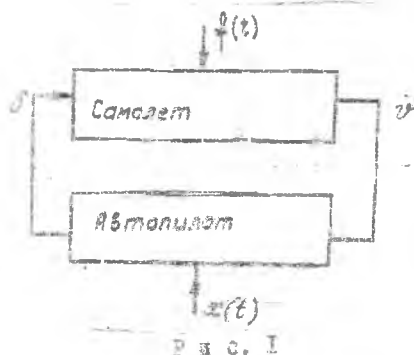
Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
экономический институт им. С.Н.Королева,  
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 101.  
Готапринтный участок КуАИ, г. Куйбышев,  
ул. Ульяновская, 16.

## ИССЛЕДОВАНИЕ САУ НА АНАЛОГОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ СОВМЕСТНО С РЕАЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

### Содержание работы

В разработке и отладке САУ важное место занимает так называемое моделирование с реальной аппаратурой. Такое моделирование заключается в исследовании САУ на аналоговой машине (типа МН-7, МН-10, ЭМУ-10 и др.) совместно с реальной аппаратурой, что позволяет в лабораторных условиях исследовать САУ на устойчивость, качество переходного процесса, произвести выбор реальных корректирующих устройств и т.д. в соответствии с заданными техническими условиями. При этом на модели представляется та часть системы управления, которую нельзя испытывать в лабораторных условиях по техническим причинам, например, самолет, космический аппарат, снаряд, технологические процессы металлургической, химической промышленности и т.д. Моделирование с реальной аппаратурой позволяет исследовать САУ также в том случае, когда объект управления (например, авиационный двигатель, технологический процесс и т.д.) находится в стадии проектирования или изготовления, а остальные элементы САУ (усилители, исполнительные элементы и т.д.) уже изготовлены. Кроме того, моделирование с реальной аппаратурой позволяет избежать математического описания элементов САУ и уменьшить ошибку за счет упрощения процессов, происходящих в элементах, при математическом описании. Моделирование объектов на АЭМ производится в истинном масштабе времени, т.е. с масштабным коэффициентом времени  $m_t = 1$ , так как невозможно замедлить или ускорить процессы по времени в реальных элементах САУ. Реальные элементы и аналоговая машина имеют различную физическую природу вход-

ных и выходных величин, поэтому для нормального функционирования системы необходимы преобразователи, назначением которых является преобразование физических переменных в машинные и наоборот. В качестве преобразующих устройств могут быть использованы потенциометры, следящие системы и т.п.



Р и с. 1

Рассмотрим пример моделирования с реальной аппаратурой. На рис. 1 представлена функциональная схема системы автоматической стабилизации самолета по одному из углов (например, по углу тангажа  $\vartheta$ ). На систему автоматической стабилизации действует следующие возмущения: управляющее воздействие  $x(t)$ , изменяющее заданное направление полета самолета, и

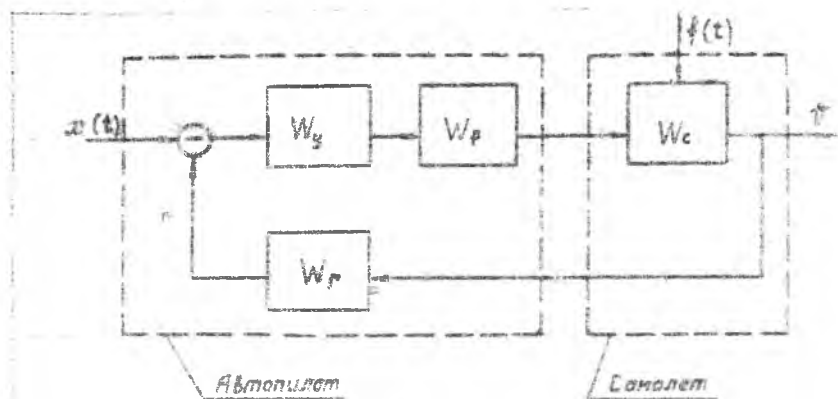
внешнее возмущение  $f(t)$ , связанное с действиями на самолет восходящих или нисходящих потоков воздуха, со смещением центра тяжести в случае сбрасывания ускорителей, подвесных баков и т.д. Система стабилизации включает в себя самолет, как объект управления, и автопилот. Входной величиной самолета является угол поворота руля высоты  $\delta$ , выходной — угол тангажа  $\vartheta$ .

На рис. 2 изображена структурная схема автоматической стабилизации самолета:  $W_0$  — передаточная функция самолета;  $W_u, W_{pm}, W_r$  — соответственно передаточные функции усилителя, рулевой машины, датчика угла тангажа гироскопа автопилота.

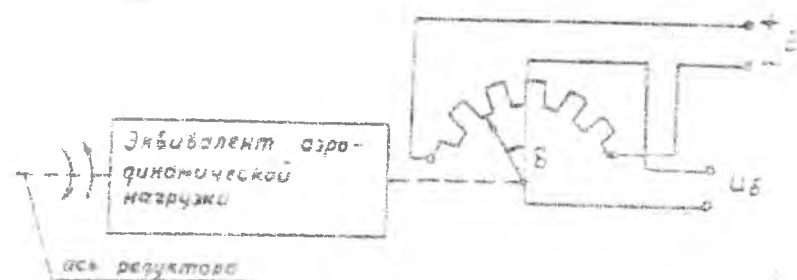
При исследовании системы стабилизации передаточная функция самолета набирается на модели. В качестве входного (по отношению к АВМ) преобразующего устройства может быть использован потенциометр (рис. 3), который преобразует угол поворота  $\delta$  (град) рулевой машины в напряжение пропорциональное этому углу  $U_{\delta}$ .

$$W_{\delta x}(\rho) = \frac{U_{\delta}}{\delta} = K_{вх} \frac{В}{град} \Rightarrow K_{вх} = 1 \frac{В}{град}$$

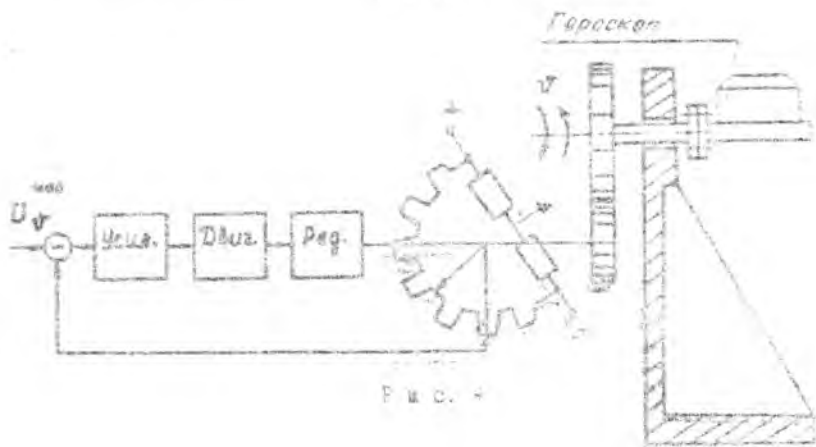
В качестве выходного преобразующего устройства используется следящая система (рис. 4), которая преобразует машинную переменную  $U_{\vartheta}^{маш}$  в угол поворота платформы  $\vartheta$ , на которой установлен датчик угла тангажа автопилота. Подвижная платформа поворачивается следящей системой пропорционально напряжению выхода модели  $U_{\vartheta}^{маш}$ .



Р и с. 2



Р и с. 3



Р и с. 4

Передаточная функция следящей системы в первом приближении имеет вид:

$$W_{\text{след}}^{\text{пр}}(p) = \frac{K_{\text{сс}}}{T_{\text{сс}} p} = \frac{0.68}{0.2 p}$$

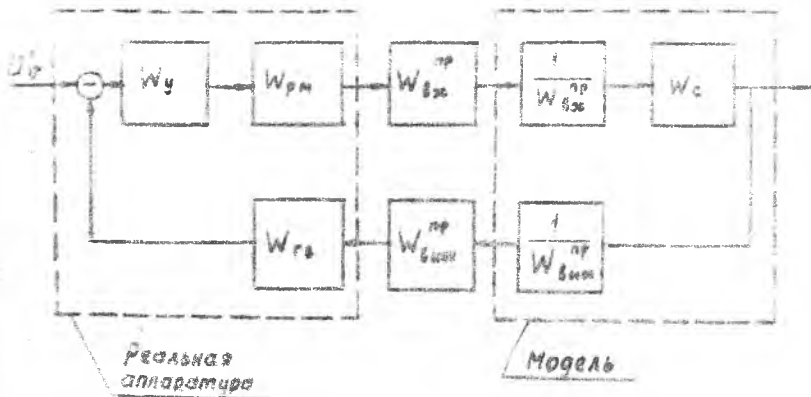
где  $K_{\text{сс}} = 0.68$  - коэффициент усиления следящей системы;

$T_{\text{сс}} = 0.2 \text{ с}$  - постоянная времени.

Для того, чтобы в исследуемую САУ не вносились искажения за счет преобразователей, желательно, чтобы они были безызбыточные и коэффициенты усиления их были бы равны 1, т.е.

$$W_{\text{вх}}^{\text{пр}}(p) = 1, \quad W_{\text{вых}}^{\text{пр}}(p) = 1.$$

Так как это практически не возможно обеспечить, то для учета искажений, вносимых преобразователями, на модели следует набрать обратные передаточные функции преобразователей. На рис. 5 приведена структурная схема моделирования с реальной аппаратурой системы автоматической стабилизации самолета.



Р и с. 5

В этом случае передаточная функция разомкнутой САУ остается неизменной

$$W_{\text{раз}}(p) = (W_r(p) W_y(p) W_{\text{рм}}(p)) W_{\text{вх}}^{\text{пр}}(p) \frac{1}{W_{\text{вх}}^{\text{пр}}(p)} W_c(p) \frac{1}{W_{\text{вх}}^{\text{пр}}(p)} W_{\text{вых}}^{\text{пр}}(p) =$$

реальная  
аппаратура

модель

$$= W_r(p) W_y(p) W_{\text{рм}}(p) W_c(p); \quad W_r(p) = 1; \quad W_y(p) W_{\text{рм}}(p) = \frac{1.6}{0.7p + 1}$$

на модели при этом следует набрать передаточную функцию.

$$W_{mod} = \frac{W_c(p)}{W_{bx}^{np}(p) W_{box}^{pr}(p)} \quad \text{где} \quad W_{bx}^{np}(p) = 1, \quad W_{box}^{pr}(p) = \frac{0.68}{0.2p+1}$$

Подготовка системы  
для исследования на модели

1. Составить структурную схему САУ по заданным теоретическим передаточным функциям объекта управления и передаточным функциям реальной аппаратуры согласно функциональной схеме /см. рис. 5/.

2. Исследовать исходную САУ на устойчивость любым методом /ЛАФЧУ, Гурвица, Вышнеградского и т.д. см. [1] или лаб. рас. № 4/.

3. Обеспечить системе заданную степень устойчивости выбором коэффициента усиления или введением корректирующих звеньев /см. лаб. рас. № 6/.

4. Составить схему набора задачи на модели по типовым схемам набора [2]. На модели набрать передаточную функцию

$$W_{mod}(p) = \frac{W_c(p)}{W_{bx}^{np}(p) W_{box}^{pr}(p)}$$

5. Рассчитать коэффициенты схемы набора /исходной и скорректированной САУ/.

#### Порядок выполнения работы:

1. Набрать на модели составленную схему набора.

2. Подключить реальную аппаратуру к модели согласно функциональной схеме рис. 5. Для этого клемму "Выход ИУ" соединить с входом схемы набора; выход схемы набора соединить с клеммой "Следящая система".

3. Для запуска реальной аппаратуры следует:

включить тумблер "Следящая система";

включить тумблер "Гировертикали";

через 1-2 мин. после раскрутки ротора гировертикали

включить тумблер "Рулевая машина";

потенциометром "Центрирование" установить нуль на выходе рулевой машины /должны загореться сигнальная лампочка/;

задать величину управляющего воздействия потенциометром "Величина воздействия".

4. Назвать кнопку "Пуск" с одновременным включением тумблера "Управляющее воздействие".

5. Снять переходные процессы для исходной и скорректированной САУ. Выходной величиной служит напряжение снимаемое непосредственно с потенциометра тангажа гировертикали / клемма "Выход гировертикали" /.

### Содержание отчета

1. Функциональная и структурная схемы исследуемой САУ.
2. Функциональная и структурная схемы реальной системы совместно с моделью.
3. Проведенное исследование САУ на устойчивость.
4. Схема набора задачи на модели.
5. Графики переходных процессов исходной и скорректированной систем.

Примечание. Пункты 1,2,3,4 должны быть выполнены в процессе подготовки до начала работы в лаборатории.

### В а р и а н т ы з а д а н и й

$$W_c(p) = \frac{1}{p} \frac{K_c}{T_c p + 1}$$

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$K_c$	10	10	10	10	10	20	20	20	20	20	30	30	30
$T_c$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,05	0,1	0,15

### Л и т е р а т у р а

1. Васильев Д.В., Филиппов Г.С. Основы теории и расчета следящих систем. М. Госэнергоиздат, 1959.
2. Бойков А.Д., Закаблукowski В.Д. Исследование линейных систем автоматического управления с использованием моделирующих систем. КУАИ. 1971.