

КОГНИТИВНЫЕ МОДЕЛИ ЭРГАМАТА

¹Гарькина И.А., ¹Данилов А.М., ¹Нашивочников В.В.

¹ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия (440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28), e-mail: fmatem@pguas.ru

Производится когнитивное моделирование авиационной транспортной системы как эргамата. Человек-оператор собирательно определяется как совокупность, состоящая из системы отображения информации, человека и органов управления. Отдельно приводятся структурные схемы эргамата и оператора. Структурная схема управления объектом представляется в виде орграфа. Разрабатывается методика определения динамических характеристик, как оператора, так и объекта управления по синхронным измерениям фазовых координат в процессе нормальной эксплуатации. Определяется способ оценки операторской деятельности по обобщенной рабочей характеристике человека-оператора. Предлагается структурная схема замкнутой через оператора системы, в соответствии с которой разрабатывается методика идентификации целостной эргатической системы. Анализируется возможность управления объектом по разомкнутому циклу. Приводятся результаты использования разработанных методик при имитационном моделировании продольного движения в составе обучающего комплекса.

Ключевые слова: эргамат, когнитивное моделирование, орграф, авиационная транспортная система, модель человека-оператора, модель объекта управления, параметрическая идентификация

COGNITIVE MODELS OF ERGAMAT

¹Garkina I.A., ¹Danilov A.M., ¹Nashivochnikov V.V.

¹Penza state university of architecture and construction (Russia, 440028, Penza, Titov str., 28), e-mail: fmatem@pguas.ru

Is presented cognitive modeling of the air transport system (as ergamat). The human-operator is regarded as an aggregate, consisting of information display systems, human and controls. Are presented block diagrams are separately the ergamat and operator. Block diagram of the control object is represented as a digraph. Is given the technique of determining the dynamic characteristics of the operator and the control object (on synchronous measurements of phase coordinates during normal operation). Is determined the method of evaluation of operator activity (based on the generalized operating characteristics of a human-operator). Is given the structural diagram of a closed (through the operator) system. In accordance with this is developed method of identification of human-machine system. Is analyzed the possibility of object control by open loop. Is given the results of using the developed techniques in simulation of longitudinal motion as part of the training complex.

Keywords: ergamat, cognitive modeling, digraph, the air transport system, the model of a human-operator, control object model, parametric identification

Технические звенья эргаматов описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями вида:

$$\frac{dy}{dt} = f(t, y, u, n),$$

где: y - состояние выходных переменных объекта управления,

u - состояние входных управляющих переменных объекта управления,

n - возмущающее воздействие на объект.

В частности, к таким системам относятся системы: «оператор – летательный аппарат» или «оператор – имитатор объекта».

Наибольшие трудности при аналитических исследованиях возникают вследствие того, что к настоящему времени процесс формирования управляющих воздействий оператора на

основе сравнения информационной и концептуальной моделей недостаточно изучен. В связи с этим затрудняется использование многих известных методов теории управления для анализа, например, динамики полета управляемого оператором объекта [3...7]. Недостаточное качество обучающих комплексов также объясняется отсутствием требуемого информационного подобия указанных выше двух систем (слабая изученность и формализация взаимодействий оператора и объекта управления в замкнутой системе). Во многих случаях предполагается, что оператор, как звено системы управления, имеет одну входную величину $\varepsilon(t)$ (на индикаторе представляется лишь одна величина; оператор является одноканальным звеном). Однако внешнее впечатление многоканальности налицо, так как частота переключения внимания у человека может быть достаточно высокой.

Результатом когнитивного анализа [1,2] является орграф (рис.1)

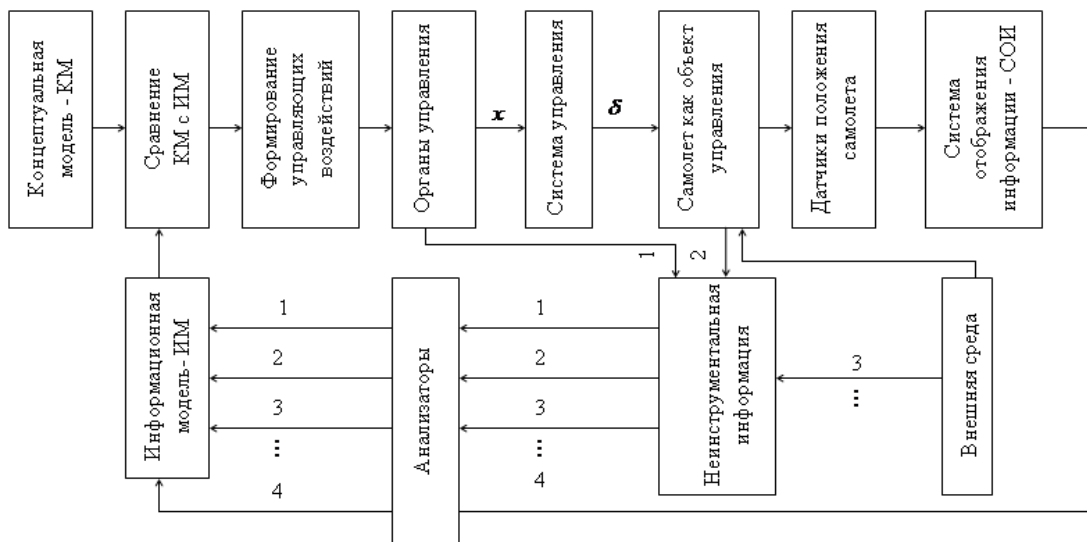


Рис.1. Орграф транспортной эргатической системы:

1 – усилия на органах управления, 2 – изменение положения объекта относительно внешних ориентиров, 3 – акселерационная информация, 4 – изменение положения объекта, характеризующее показаниями приборов

Как видим, структурная схема всего эргамата представляется в виде, приведенном на рис.2.

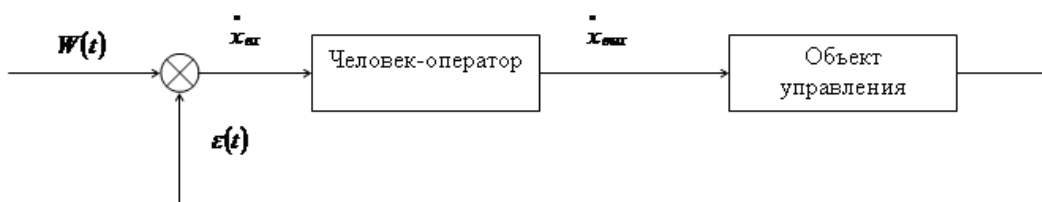


Рис.2. Структурная схема эргамата:

$\overset{\circ}{x}_{вх}$ - входной и $\overset{\circ}{x}_{вых}$ - выходной сигналы для звена «человек-оператор»

Человек-оператор собирательно определяется как совокупность, состоящая из системы отображения информации, человека и органов управления. Структура звена «человек-оператор» представляется в виде, приведенном на рис.3.

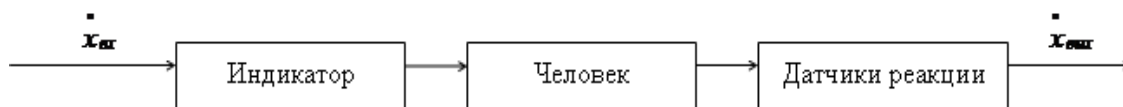


Рис.3. Структурная схема оператора

В режиме компенсаторного слежения индикатор показывает лишь рассогласование между входной и выходной величинами $\varepsilon(t) = y(t) - x(t)$. Функция человека-оператора сводится к уменьшению ошибки $\varepsilon(t)$ до нуля (директорное управление).

Известно описание операторской деятельности человека на основе обобщенной рабочей характеристики:

$$\bar{\tau}^* = \bar{\tau}_c(R_u, Q_m, \lambda).$$

Это исчерпывающая характеристика человека как звена системы (определяет время, в течение которого человек может выполнить над сигналом, характеризуемым оператором R_u , преобразования, характеризуемые оператором Q_m , с точностью λ).

Операторами Q_m и R_u характеризуется операторская деятельность человека:

$$\overset{\circ}{x}_{вых} = Q_m \overset{\circ}{x}_{вх}, \quad \overset{\circ}{x}_{вх} = R_u \psi_{on}.$$

Оператор R_u указывает, какой сигнал по сравнению с некоторым опорным сигналом ψ_{on} поступает к человеку. А оператор Q_m указывает, какие функциональные преобразования выполняет человек над этим сигналом с точностью до λ (в зависимости от λ при одном и том же $\overset{\circ}{x}_{вх}$ резко изменяется характер операторской деятельности человека). К сожалению, остаются открытыми вопросы о структуре опорного сигнала и степени коррелированности

$$\overset{\circ}{x}_{вх} \text{ от } \overset{\circ}{x}_{вых}.$$

Ниже на примере продольного движения предлагается структурная схема замкнутой системы (рис.4), в определенной степени позволяющая выяснить указанные вопросы.

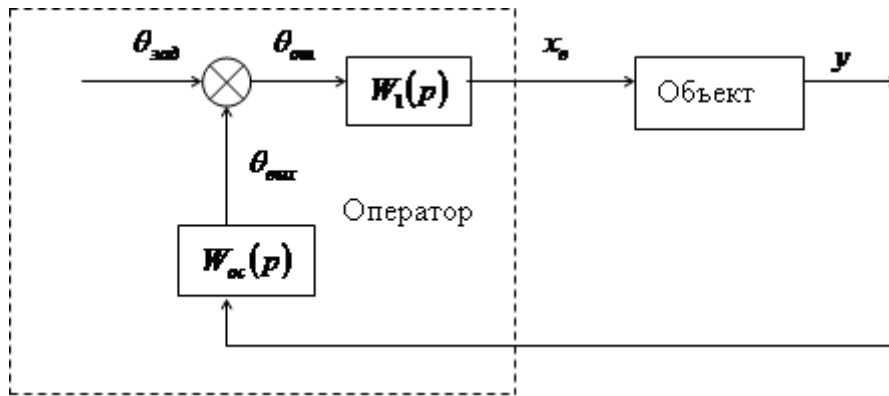


Рис.4. Структурная схема управления продольным движением:

$W_{oc}(p)$ - передаточная функция анализатора, $W_1(p)$ - передаточная функция моторной части оператора, сумматор – сравнивающее «устройство» центральной нервной системы

Можно показать,

$$y = \frac{W_1 W_c}{1 + W_1 W_c W_{oc}} \theta_{зад};$$

$$y = W_3 S, \quad S = W_1 \theta_{зад}.$$

Так что

$$W_3 = \frac{W_c}{1 + W_1 W_c W_{oc}}.$$

Решением уравнения идентификации в частотной области по синхронным измерениям x_g и y определяется обобщенная передаточная функция системы, которая обычно и используется в качестве приближения передаточной функции объекта (участие человека в системе не учитывается):

$$W_c^{об}(j\omega) = \frac{S_{yx_g}(j\omega)}{S_{x_g y}(\omega)},$$

$$x_g(p) = W_1(\theta_{зад} - \theta_{вых}) = W_1(p)\theta_{зад}(p) - W_1(p)W_{oc}(p)y(p);$$

$$x_g(t) \text{ содержит коррелированный с } y(t) \text{ сигнал (изображение - } W_1(p)W_{oc}(p)y(p)).$$

Легко показать,

$$y(p) = W_c^{об}(p)x_g(p) = W_c^{об}(p)\theta'_{зад} - y_{кор}(p).$$

Здесь $y_{кор}(p)$ – изображение коррелированного с $y(p)$ сигнала. Если бы x_g не зависел от y (разомкнутая система), то $\theta_{зад}$ при определении $W = W_1(p)W_c(p)$; $x_g = W_1(p)\theta_{зад}(p)$ можно рассматривать как задающее воздействие.

Если $W_{oc}(p) \equiv 0$ (система разомкнута), то $W_c^{oo}(p) \equiv W_c(p)$ ($W_1(p)$ никогда тождественно не обращается в нуль). Верно и обратное, если $W_c^{oo}(p) \equiv W_c(p)$, то $y^*(p) = y(p) - y_u(p) = (W_c^{oo}(p) - W_c(p))x_e(p) = 0$.

Таким образом, если $W_c^{oo} = W_c$, то $W_{oc}(p) \equiv 0$; управление объектом осуществляется по разомкнутому каналу. И обратно, если управление объектом производится по разомкнутому каналу, то $W_c^{oo}(p) \equiv W_c(p)$. Если для директорного режима $W_c^{oo}(p) = W_c(p)$, то по θ_{ou} и x_e определяется $W_1(p)$. Мысль об управлении объектом по разомкнутому каналу не нова. Здесь дается лишь один из возможных способов для установления этого факта.

Далее. Пусть по синхронным измерениям $x_e(t)$ и $y(t)$ в процессе нормальной эксплуатации имитатора определена частотная передаточная функция $W_T^{oo}(j\omega)$; по ее асимптотической характеристике можно определить и параметры $W_T^{oo}(p)$. Пусть также одним из способов экспериментально определена передаточная функция собственно имитатора $W_T(p)$. По изложенному выше тогда можно определить часть $y^*(p)$ выходного сигнала, коррелированную с $y(p)$. По $W_T^{oo}(p)$ и $W_T(p)$ всегда можно подобрать $W_{кор}^T(p)$ так, что:

$$W_T(p) = W_T^{oo}(p)W_{кор}^T(p);$$

$W_c^{oo}(p)$ определена по данным нормальной эксплуатации самолета, $W_{кор}^T(p)$ вычислена с использованием данных эксперимента на имитаторе.

Из полученного соотношения непосредственно вытекает методика идентификации самолета по данным нормальной эксплуатации [3].

Список литературы

1. Будылина Е.А., Гарькина И.А., Данилов А.М., Дулатов Р.Л. Структурная и параметрическая идентификация сложных эргатических систем / *Фундаментальные исследования*. – №2. – 2015. – С.919-922.
2. Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В. Когнитивное моделирование при синтезе композиционных материалов как сложных систем / *Известия высших учебных заведений. Строительство*. – 2009. – № 3-4. – С. 30-37.
3. Гарькина И.А., Данилов А.М., Нашивочников В.В. Алгоритмы обработки данных нормального функционирования эргатической системы // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 1; URL:<http://www.science-education.ru/121-18139>.

4. Данилов А.М., Гарькина И.А. Теория вероятностей и математическая статистика с инженерными приложениями: учебное пособие. – Пенза: ПГУАС. – 2010. – 228 с.
5. Данилов А.М., Гарькина И.А., Дулатов Р.Л. Ретроспективная идентификация сложных систем // Региональная архитектура и строительство. – 2015. – № 1(22) –С.130 -136.
6. E. Budylna, A. Danilov. Approximation of aerodynamic coefficients in the flight dynamics simulator / Contemporary Engineering Sciences, Vol. 8, 2015, no. 10, 415-420.
<http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5256>
7. A. Danilov, I. Garkina. Coherence function in analysis and synthesis of complex systems / Contemporary Engineering Sciences, Vol. 8, 2015, no. 9, 375-380.
<http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5236>

Рецензенты:

Логанина В.И., д.т.н., профессор, зав.кафедрой управления качеством и технологий строительного производства Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, г. Пенза;

Кошев А.Н., д.х.н., профессор, профессор кафедры информационно-вычислительных систем Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, г. Пенза.