

УДК 681.51

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА РАГАZZИНИ
В ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ**

Озеркина И.А., Астапов В.Н.

*ГОУ ВО «Самарский Государственный технический университет», г. Самара,
e-mail: asta-2009@mail.ru 269ozerkina@gmail.com*

Аннотация

В статье показана возможность использования передаточных функций, рассмотренных в классической теории ТАУ для построения математической модели принятия решения человеком-оператором в эргатических системах управления. Эргатические системы управления имеют, по крайней мере, две разновидности, в одной из которых оператор осуществляет слежение с компенсацией, а в другой слежение с преследованием. При слежении с компенсацией оператор наблюдает только рассогласование между текущим выходным показателем (координатой) системы и заданным значением. Его задача состоит в том, чтобы довести величину рассогласования до нуля или требуемого значения. Особенности деятельности человека-оператора с учетом СОИ в том, что для оптимизации СОИ большое значение имеет проблема моделирования поведения человека-оператора. В настоящее время разработано достаточное количество математических моделей поведения человека. В основном модели предназначены для исследования систем «человек — машина» в режиме регулирования. В статье представлены результаты моделирования в программном комплексе MBTU модели человека — оператора Тастена и проведены исследования квазилинейной модели человека-оператора Рагаzzини. Исследования модели Рагаzzини проведены с использованием программного комплекса «MBTU». В статье представлены структурная схема модели Рагаzzини, входные и выходные характеристики сигналов. Для настройки параметров модели используем единичный входной сигнал, а исследования проведены на гармоническом анализе выходных величин, когда входная величина является синусоидой и суммой трех синусоид.

Ключевые слова: эргатические системы, модель человека-оператора, структура, исследование

**RESEARCH OF RAGAZZINI HUMAN OPERATOR MODEL IN ERGATIC
SYSTEM CONTROL**

Ozerkina I.A. Astapov V.N.

*State Educational Institution of Higher Vocational Education «Samara State Technical
University» Samara, Russia (443100, Samara Molodogvardeyskaya str, 244),
e-mail: asta-2009@mail 269ozerkina@gmail.com*

Abstract

The article shows the possibility of using the transfer functions considered in the classical theory of TAU to build a mathematical model of decision-making by a human operator in ergatic control systems. Ergatic control systems have at least two varieties, in one of which the operator carries out tracking with compensation, and in the other tracking with pursuit. When tracking with compensation, the operator observes only the mismatch between the current output indicator (coordinate) of the system and the set value. Its task is to bring the value of the mismatch to zero or the desired value. Features of the human operator with regard to SDI are that for the optimization of SDI, the problem of modeling the behavior of a human operator is of great importance. Currently, a sufficient number of mathematical models of human behavior have been developed. Basically, the models are intended for the study of "man - machine" systems in the regulatory mode. The article presents the results of modeling the model of the human operator Tasten in the MBTU software package and studies the quasilinear model of the human operator Ragazzini. Studies of the Ragazzini model were carried out using the MBTU software package. The article presents the structural diagram of the Ragazzini model, the input and output characteristics of the signals. To adjust the model parameters, we use a single input signal, and studies were performed on a harmonic analysis of the output quantities, when the input value is a sinusoid and the sum of three sinusoids.

Key words: ergatic systems, human operator model, structure, research.

Введение

Человек-оператор, обладая уникальной способностью принимать правильные решения в обстановке неполной информации, является обязательным звеном интеллектуальной системы управления. Эффективность функционирования таких систем зависит от успешной деятельности человека. Следовательно, при проектировании и разработке сложных объектов, агрегатов и машин в систему управления которых встроен человек, возникает задача математического моделирования работы человека-оператора.

Впервые к решению проблемы с инженерной точки зрения подошли Тастен в Англии, Рагаззини в США. Оба исследователя описывали действия человека-оператора линейными дифференциальными уравнениями [1]. В дальнейшем исследователями было предложено весьма значительное число моделей деятельности оператора в эргатических системах основанных на взаимодействиях оператора с машиной и средой [2 - 6]. Так в статье [3] рассматриваются экспериментальные исследования процесса принятия решений человеком-оператором в интеллектуальной системе управления. Нечеткие множества и нечеткие алгоритмы используются для построения математической модели работы человека-оператора. Авторами статьи [4] предлагаются принципы построения аналитико-имитационной модели человека-оператора, которые бы учитывали функционирование человека как на физическом и психофизиологическом уровне, так и уровни логического вывода для решения человеком задачи управления технологическим процессом.

Ранее проведенные авторами результаты исследования модели человека-оператора Тастена на программном комплексе МВТУ показывают хорошую реакцию на помеху, которую модель отрабатывает, что подтверждает адекватность данной модели. При этом ответная реакция модели человека-оператора Тастена на чистые синусоиды количественно отличается от той, которая имеет место при отслеживании более сложных сигналов.

Результаты моделирования показывают, что при достаточно низких частотах ($f = 0,01$ Гц) модель адекватно представляет основную часть выходной величины человека-оператора (Рис.1), а по мере увеличения частоты, выходные характеристики человека-оператора, производящего отслеживание постепенно отклоняются от характеристик, ожидаемых при использовании линейных неизменяемых моделей (Рис.2).

Таким образом, модель Тастена соответствует слабо подготовленному оператору, имеющему большое время нейромышечного запаздывания.

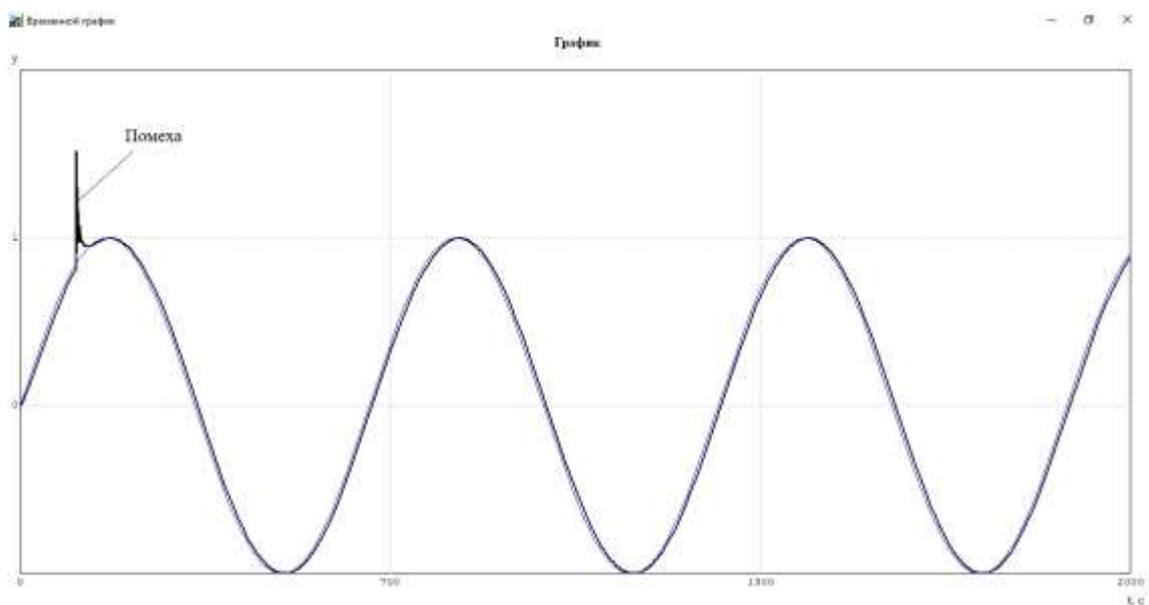


Рисунок 1 – переходная характеристика при частоте входного сигнала $f = 0,01$ Гц

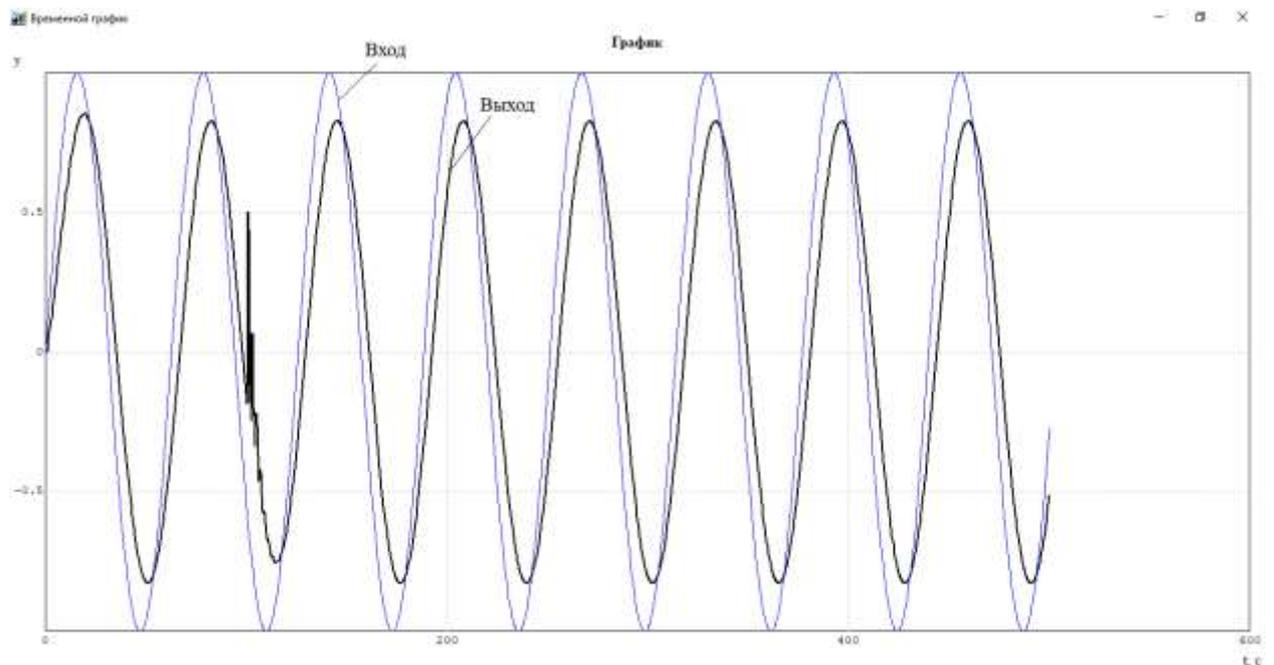


Рисунок 2 – переходная характеристика при частоте входного сигнала $f= 0,1$ Гц

Математическая модель человека-оператора Рагаzzини

В 1948 году Рагаzzини предложил модель человека-оператора с передаточной функцией вида:

$$W_{z-o}(p) = k \left(k_1 p + k_2 + \frac{k_3}{p} \right) e^{-\tau p} \quad (2)$$

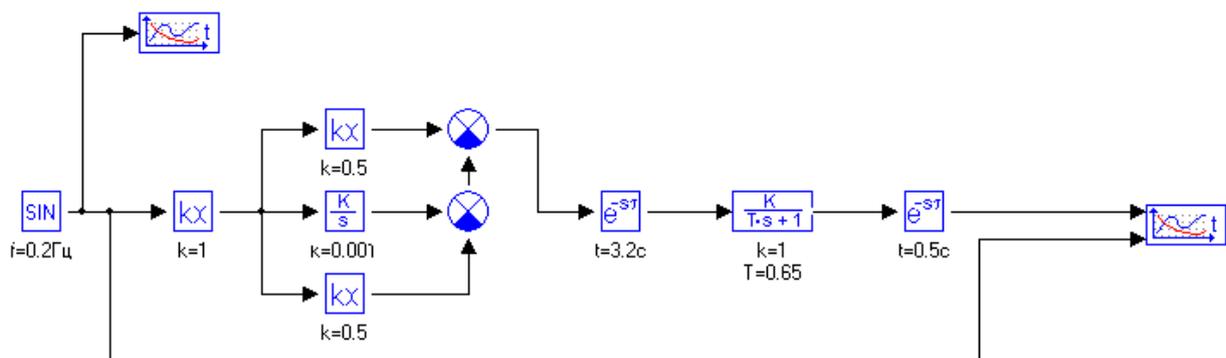


Рисунок 3 – Структура математической модели человека-оператора Рагаzzини

Параметры передаточной функции зависят от частной задачи, для данного случая величина параметров модели записана на схеме. Передаточные функции этого типа называются квазилинейными.

Проведенные исследования модели человека-оператора Рагазини на программном комплексе МВТУ показывают, что выходные характеристики модели человека – оператора Рагазини при нейромышечном запаздывании $\tau = 3,2 \text{ сек}$ и частоте входного сигнала $0,2 \text{ Гц}$ практически совпадают с входными сигналами, имея отставание на время реакции объекта управления $\tau = 0,5 \text{ сек}$ (Рис. 4).

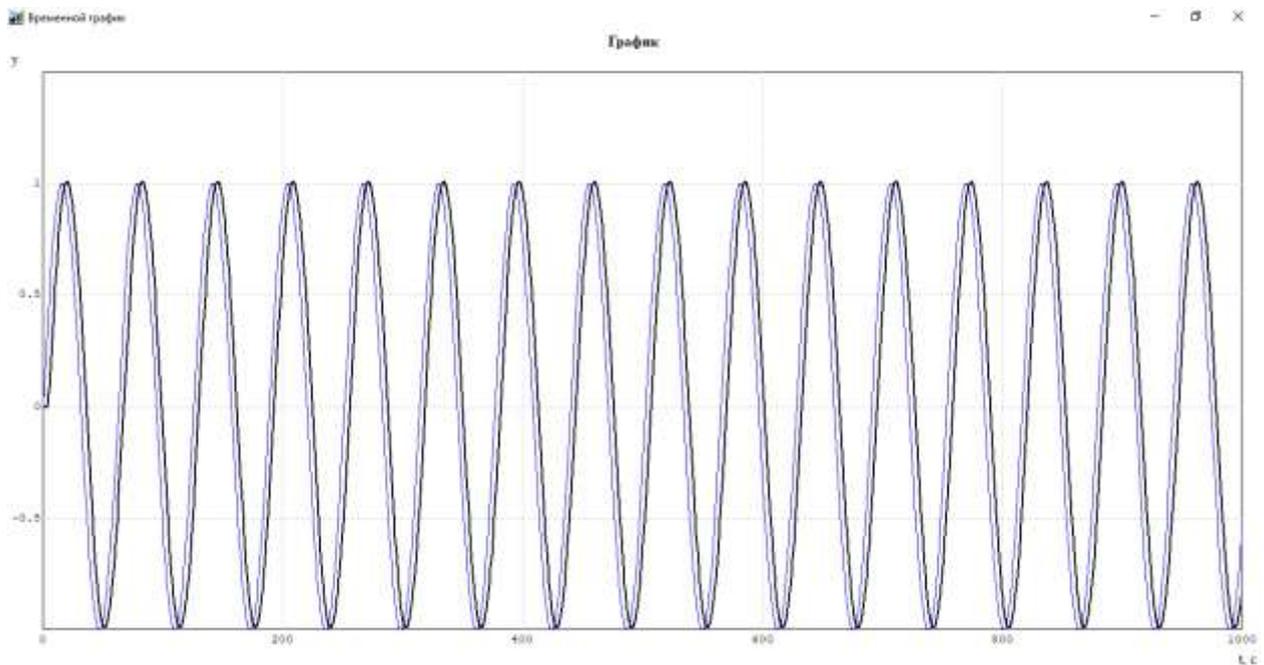


Рисунок 4 – переходная характеристика при частоте входного сигнала $f = 0,2 \text{ Гц}$

Для исследования реакции модели человека-оператора Рагазини на сложный входной сигнал построим структурную схему с входным сигналом, представляющим собой сумму трех синусид с различными частотами $f = 0,2 \text{ Гц}$, $f = 0,1 \text{ Гц}$, $f = 0,01 \text{ Гц}$ (Рис. 5).

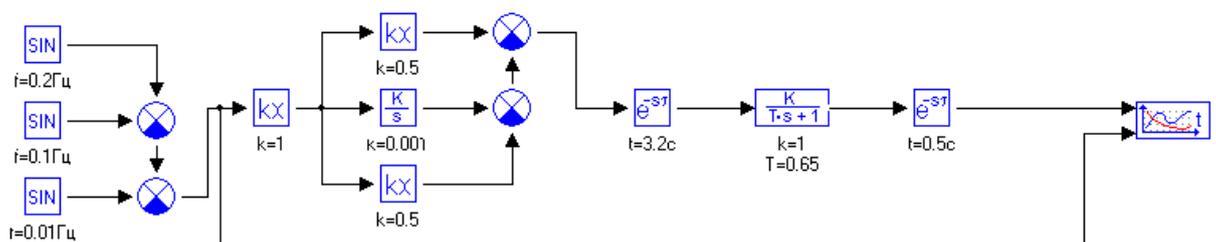


Рисунок 5 – Структура математической модели человека-оператора Рагаззини для отслеживания сложных сигналов.

Реакция модели человека-оператора на сложный сигнал представлена на Рисунке 6.

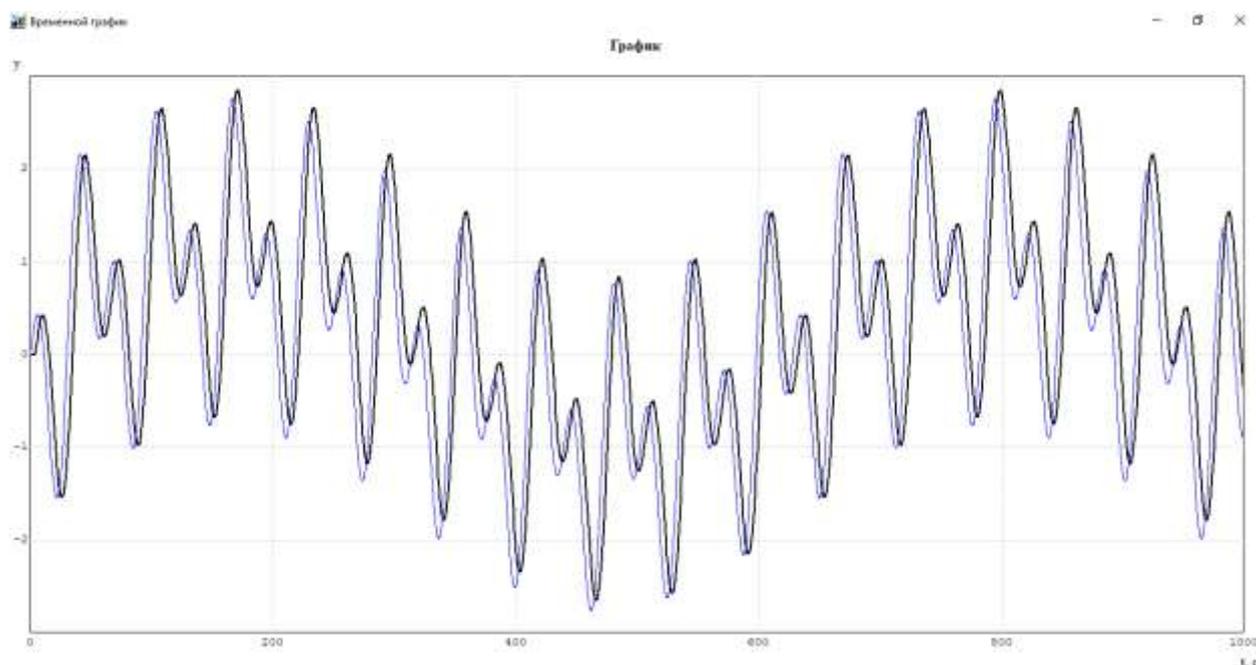


Рисунок 6 –переходная характеристика при отслеживании сложных сигналов

Как показывает результат моделирования, переходная характеристика модели адекватно отражает входной сложный сигнал с небольшим временем чистого запаздывания, как и в первом случае, реакция на одиночную синусоиду.

В заключении можно отметить что:

1. Система квазилинейной модели деятельности человека-оператора может, описана линейным дифференциальным уравнением, коэффициенты которого зависят от структуры системы и полосы частот входного сигнала, но остаются постоянными для частной системы.

2. Линейное соотношение определяет лишь часть выходной величины системы (линейную часть). Дополнительно может присутствовать случайная или не коррелированная составляющая. Обоснованность использования

квазилинейной модели зависит от той доли выходной величины, которую она определяет.

Ответная реакция человека-оператора на чистые синусоиды количественно отличается от той, которая имеет место при отслеживании более сложных сигналов.

Как видно из приведенных данных, для разработки моделей человека-оператора, применяются различные методы, сформированные в классической теории автоматического управления [7]. Однако при исследовании разработанных моделей, мы обнаруживаем разработки моделей на основе методов спектрального анализа и настройки параметров. В настоящее время все большее распространение получают адаптивные методы и методы адаптивной оптимизации.

Список литературы:

1. Беки. Д. Дискретная модель человека-оператора в системах управления. М., Наука.
2. Денисов В.Г. и др., Эргономика-состояние задачи, проблемы. В книге Эргатические динамические системы. Киев, «Наукова думка», 1975. 150 с.
3. Новикова Н.М., Подвальный С.Л. Математическая модель работы человека-оператора как элемента интеллектуальной системы управления. Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2010, № 1. С.142.
4. Брагинский М.Я., Бурькин Ю.Г., Тараканов Д.В. Моделирование человеко-машинных систем с учетом влияния световых стимулов на человека-оператора. / Вестник кибернетики. 2016. №1. С. 63-73.
5. Крылов А.А. Методология исследований по инженерной психологии и психологии труда. Ч.1. Л.,1974. 230с.
6. Нейросетевая модель работы человека-оператора в системе «человек-дисплей». Научные ведомости. / №7(204). /1. 2015. С.153.
7. Ахутин В.М., Нафтульев А.И. Математическое моделирование деятельности человека-оператора при разработке эргатических систем. В кн. «Человек и общество». Вып. XI. Л., 1972. 220 с.