

*Н.О. РИЗУН*, канд. техн. наук, доц., Днепропетровский университет имени А. Нобеля, Днепропетровск

## **ТЕСТИРУЕМЫЙ КАК ПОДСИСТЕМА ЗАМКНУТОГО КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ**

Обоснованы вид и содержание параметров математической модели тестируемого как подсистемы замкнутого контура регулирования, адекватно описывающей его реакцию на тестовые задания в соответствии с уровнем профессиональной подготовленности. Ил.: 2. Библиогр.: 9 назв.

**Ключевые слова:** параметры, математическая модель, контур регулирования, тестовые задания, уровень профессиональной подготовленности.

**Постановка проблемы.** В последние два десятилетия отмечается чрезвычайно интенсивное внедрение практически во все сферы деятельности современного общества информационных технологий, что, в свою очередь, обуславливает все более возрастающее их влияние и на специфическое место человека как элемента системы управления. Являясь подсистемой в контуре регулирования, человек получает информацию в одном направлении ("вход") и отправляет ее в другом ("выход"). Известно, что замкнутость контура, передача "сообщения" или "информации" и направленное действие звеньев контура представляют собой существенные признаки процесса регулирования. Таким образом, человек является подсистемой замкнутого контура регулирования, и содержание его деятельности (в формальном смысле) состоит в получении, переработке и отправлении информации. Кроме того, человек как управляющая система обладает следующими важными свойствами: наличием внутренней регулирующей обратной связи, приспособительным характером поведения (адаптивностью) и устойчивостью системы.

**Анализ литературы.** В работах [1 – 4] проведен общий анализ поведения человека как элемента информационной и технической системы. Сделаны выводы о том, что:

1. Основными свойствами человека, учитываемыми при его математическом моделировании, является время его реакции, которое складывается из трех периодов: периода восприятия входного сигнала, периода принятия решения и периода совершения действия.

Основными характеристиками исследований динамики поведения человека как подсистемы замкнутого контура регулирования являются: среднее время безошибочной работы, частота отказов, среднее время восстановления, коэффициент готовности, вероятность своевременного выполнения задания (на этапах восприятия входного сигнала и принятия решения), а также инерционности его нейромускульного механизма (на этапе совершения действия). Это объясняется тем, что объектом данных исследований является человек-оператор как звено автоматизированной системы управления технологическим процессом.

При рассмотрении же тестируемого как элемента автоматизированной системы диагностики уровня профессиональной подготовленности, объектом изучения должна быть динамика мыслительного процесса как переходной характеристики преобразования входного информационного сигнала в выходной.

2. Основной моделью поведения человека-оператора как элемента замкнутой системы является так называемое сопровождающее слежение, при котором он видит и входной сигнал, и сигнал о текущем состоянии управляемого объекта. Задача человека в данной ситуации состоит в том, чтобы удерживать разность между этими сигналами вблизи нулевого значения. В свою очередь, модели сопровождающего слежения делятся на модели с предвидением (человек видит не только текущее положение цели, но и закон изменения этого сигнала на некоторый отрезок времени вперед) и с преследованием. При компенсирующем слежении человек видит лишь информацию об отклонении управляемой величины от заданного значения, ему трудно предвидеть необходимые действия, поэтому точность компенсирующего слежения ниже, чем сопровождающего.

Проведем аналогии с моделями поведения тестируемого как элемента системы. Основной моделью его поведения является сопровождающее слежение, которое в зависимости от структуры и состава выходного сигнала (только подтверждение принятия решения текущего тестового задания, или дополнительная информация о количестве возможных правильных ответов (задания с множественным выбором), оставшемся времени на формирование ответа на текущий вопрос, оставшемся времени на весь тестовый сеанс, промежуточном результате тестирования, возможности обращения к справочному материалу, возможности возврата на предыдущий вопрос, возможности свободного выбора последовательности вопросов и т.д.), может трансформироваться в аналог модели сопровождающего слежения с преследованием или компенсирующего слежения.

3. Наибольшее распространение получили следующие квазилинейные модели: модель Дж. Хендерсона

$$W(s) = \frac{k(1 + T_1s)}{(T^2s^2 + 2\xi Ts)s} e^{-\tau s}, \quad \text{модель Д. Макруера и Е. Крендела}$$

$$W(s) = \frac{k(1 + T_3s)}{(1 + T_1s)(1 + T_2s)} e^{-\tau s}. \quad \text{Однако, данные модели опять же}$$

рассматривают особенности деятельности человека оператора, не уделяя специального внимания динамике переходных процессов преобразования входного информационного сигнала с точки зрения мыслительных процессов тестируемого.

**Целью статьи** является обоснование вида и содержания параметров математической модели тестируемого как подсистемы замкнутого контура регулирования, описывающей его реакцию на тестовые задания адекватно реальному мыслительному процессу, исходя из уровня его профессиональной подготовленности.

**Результаты исследований.** В процессе исследований автором была разработана схема тестируемого как подсистемы замкнутого контура регулирования (рис. 1).

В соответствии с предложенной схемой, в сложных системах управления функции тестируемого имеют ряд особенностей, которые относятся к каждому из этапов его деятельности.

Этап настраивания на предметную область. Согласно теории тестирования, существуют различные формы организации информации, поступающей на "вход" тестируемого, а именно: тестовые задания открытого типа – на дополнение и на свободное изложение; тестовые задания закрытого типа – с выбором одного верного ответа, с выбором нескольких верных ответов, с градуированными ответами, на установление соответствия, на установление правильной последовательности и т.д.

Каждое тестовое задание фактически является моделью реальных объектов, понятий, ситуаций, а также отношений между отдельными объектами, понятиями, ситуациями. Представление данных моделей условно можно представить как организованную по некоторым формальным принципам структуру символических отображений (формул, формулировок, графических изображений). Причем, один и тот же объект, понятие, ситуация может быть отображена (формализована) различными способами, с помощью различных форм тестовых заданий и на различных уровнях обобщения моделируемой ситуации и сложности постановки проблемы.

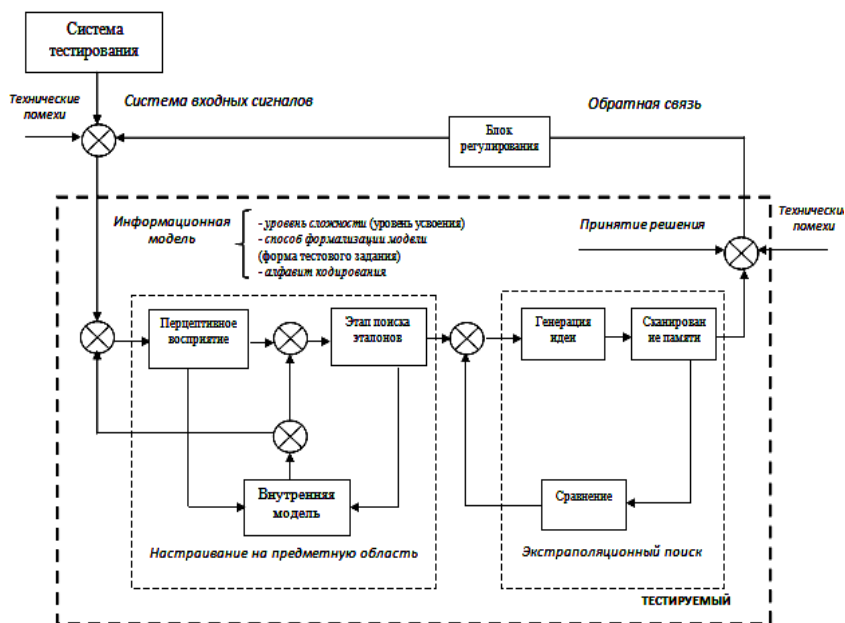


Рис. 1. Схема тестируемого как подсистемы замкнутого контура регулирования

Таким образом, тестируемый, получая одну и ту же информацию об объекте, понятии, ситуации, может иметь дело с разными их информационными моделями. Существенными признаками понятия информационной модели в системе тестирования являются: уровень сложности (обобщенности представления моделируемой обстановки (объекта) в тестовом задании); способ формализации модели (форма тестового задания); алфавит кодирования (формулы, текст, графика, анимация и т.д.).

С точки зрения психологии главной функцией тестируемого при работе с полученной информационной моделью является необходимость *перцептивного* восприятия, для которого характерно зрительное восприятие и выделение в объекте признаков, которые служат элементами при установлении связей и отношений при создании целостного образа. Следующее за ним *опознавательное* действие, происходит в буферной памяти опознания, служащей местом встречи информации, идущей из внешнего мира и поступающей из долговременной памяти. Оно начинается с выделения информативных

признаков в связи с выдвинутыми перцептивными гипотезами, перевода поступившей информации на язык схем, оперативных единиц восприятия и приводит к настраиванию на определенную предметную область памяти человека.

С точки зрения теории информации последовательные процессы перцептивного восприятия и опознавания представляет собой ни что иное, как процесс "*декодирования*" воспринятой информации – то есть с мысленной реконструкции (узнавания) тех реальных признаков, объектов, понятий, знания о которых необходимы для решения стоящих перед тестируемым задач и формированию образа или собственной, образно-концептуальной модели (ОКМ) проблемной ситуации у субъекта.

В результате завершения этапа получения и перекодирования информации в системе "тестируемый" создается целостный образ ситуации (или "внутренняя модель"), на основании которой он может приступать к принятию решения – формированию ответа на тестовое задание.

Этап экстраполяционного поиска. В отличие от предыдущего этапа, где происходило преобразование информации по форме (перекодирование), на данном этапе информация преобразуется по содержанию. Происходит манипулирование образом или моделью ситуации, направленное на целесообразное и адекватное задаче преобразование и переструктурирование этого образа. Целесообразность и адекватность задаче указанных преобразований может быть понята так. Если на фазе построения образа происходит уподобление воспринимающих систем свойствам воздействия (А.Н. Леонтьев), то на фазе *экстраполяционного поиска* происходит трансформация и уподобление образа объекта цели и стоящей перед субъектом задаче.

Главной функцией тестируемого на этом этапе является генерация вариантов правильных решений на основании сформировавшейся на этапе настраивания на предметную область внутренней модели (образа), пригодной для использования. Процесс переработки информации представляет собой внутренний контур с обратной связью, предполагающий циклическое выполнение операций *генерации* идеи (варианта решения задания), *сканирования* памяти как механизма преодоления излишней и избыточной информации (он испытывает на себе влияние вышележащих уровней переработки информации, которые задают ему поисковые эталоны и направление сканирования) и *компарации* (анализа) преимуществ одной идеи (решения) перед другой.

Этап принятия решения. Факт принятия решения в процессе тестирования. С точки зрения психологии этап принятия решения

характеризуется стабилизацией процесса мышления и завершается совершением исполнительного действия – выбора (ввода) варианта (-ов) решения. С точки зрения теории информации данный этап описывается затухающей фазой колебательного процесса, стабилизирующегося на определенном уровне, характеризующем степень соответствия принятого решения поставленной перед тестируемым задаче. Время, затраченное на этот этап, характеризуется психомоторными качествами субъекта.

Результаты решения тестового задания формируют сигнал обратной связи, несущий информацию о его текущем состоянии – факте решения и стимулирующий подачу нового тестового задания и, как следствие, к возникновению следующих колебательных процессов мышления и переработки информации. Целевой уровень следующего тестового задания (уровень сложности, уровень комплекса проверяемых профессиональных навыков [5]) определяется случайным образом (обратная связь равна 1) или по определенному алгоритму (в зависимости от значения сигнала обратной связи).

На основании перечисленных выше особенностей автором была разработана модель, отличающаяся от предложенных ранее тем, что она представляет собой вариант формализации динамики поведения тестируемого в процессе выполнения тестового задания с точки зрения интерпретации процесса принятия решения как совокупности этапов мыслительного процесса.

На основании проведенных выше аналогий в данной модели коэффициенты передачи интерпретируются как различные составляющие уровней соответствия совокупности профессиональных знаний рассматриваемой проблемной ситуации, временная составляющая – как скорость выполнения тестируемым отдельных элементов мыслительной деятельности. С точки зрения элементов системы управления предложенная модель отображает свойства тестируемого как звена, выполняющего функции сопровождающего слежения с возможностью реализации функции преследования (при наличии возмущающего воздействия  $p(t)$ ) (рис. 2).

В рассматриваемой модели:  $k_1$  – уровень соответствия содержания долговременной памяти рассматриваемой проблемной ситуации;  $T_1$  – скорость перцептивного мышления (в ед. времени);  $k_2$  – уровень освоенности проблемной ситуации (уровень устойчивости знаний);  $T_2$  – скорость продуктивного мышления (в ед. времени);  $T_3$  – уровень логического мышления (эффективность механизмов сканирования памяти);  $k_3$  – уровень эффективности механизмов принятия решения;  $T_4$  – скорость компарации (в ед. времени);  $z(t)$  – заданный уровень сложности тестового задания – входной сигнал;  $[p(t)]$  – внешние воздействия

тестовой системы, обеспечивающие реализацию функции преследования (подсказки, сообщение о времени выполнения задания, промежуточном количестве правильных ответов) – возмущающее воздействие;  $\varepsilon(t)$  – технические сбои в работе тестовой оболочки;  $m(t)$  – образно-концептуальная модель проблемной ситуации;  $g(t)$  – вариант решения задачи;  $a(t)$  – вектор подходящих эталонов для сравнения;  $c(t)$  – результат компарации;  $r(t)$  – вариант решения задачи;  $u(t)$  – результат решения тестового задания;  $W_k(s)$  – передаточная функция системы диагностики уровня профессиональной подготовленности.

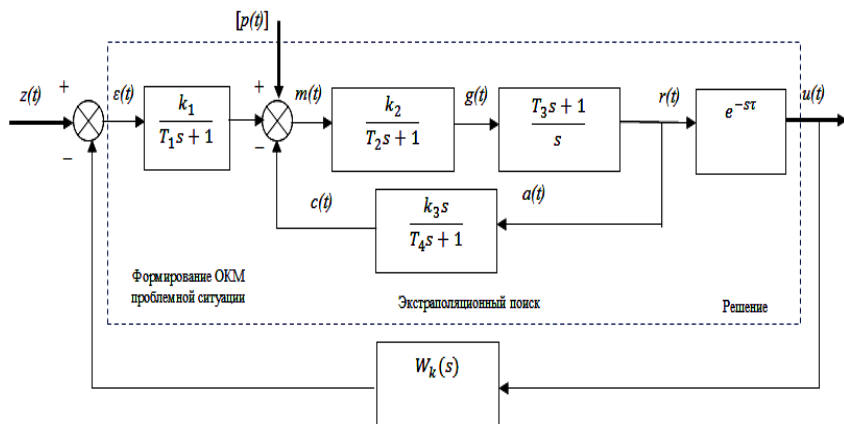


Рис. 2. Математическая модель тестируемого в системе замкнутого контура регулирования процессом контроля профессиональной подготовленности

Передаточная функция *тестируемого* как звена, выполняющего функции сопровождающего слежения, выражается следующим образом:

$$W_T(s) = \frac{K_1(T_{k1}^2 s^2 + T_{k2} s + 1)e^{-\tau s}}{(T_{k3}^2 s^2 + T_{k4} s + K_2)(T_1 s + 1)s},$$

где  $K = k_1 k_2$ ,  $T_{k1} = \sqrt{T_3 T_4}$ ,  $T_{k2} = T_3 + T_4$ ,  $T_{k3} = \sqrt{T_2 T_4}$ ,  $T_{k4} = T_4 + T_2 + k_2 k_3 T_3$ ,  $K_2 = k_2 k_3 + 1$ .

**Выводы.** Таким образом, автором обоснован вид и содержание параметров математической модели тестируемого как подсистемы замкнутого контура регулирования, адекватно описывающей его реакцию на тестовые задания исходя из цели проводимого замера уровня профессиональной подготовленности, что позволит в дальнейшем

оценить надежность и точность функционирования автоматизированной системы диагностики уровня профессиональной подготовленности как в режиме классического, так и адаптивного тестирования, а также количественно оценить требования к профессиональным навыкам проверяемого персонала.

**Список литературы:** 1. Павловская О.О. Методы определения параметров линейной математической модели человека-оператора / О.О. Павловская // Вестник ЮУрГУ. Серия "Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника". – 2007. – Вып. 5. – № 7 (79). – С. 41-44. 2. Жабреев В.С. Модели и оценка человеческого фактора больших систем: учебное пособие / В.С. Жабреев, О.О. Павловская, К.В. Федяев. – Челябинск: Челяб. ин-т путей сообщения, 2007. – 219 с. 3. Poupkoff K. The optimization of connection between Human and techniques in Man-Machine Systems // Preprints of JFAC-JFORS Symposium (Varna, Bulgaria, 8-11 oct. 1974). – P. 419-426. 4. Янг Дж. Ф. Робототехника / Дж. Ф. Янг. – Л.: Машиностроение, 1979. – 300 с. 5. Абашии В.Г. Автоматизация процесса определения психофизиологического состояния оператора автоматизированного рабочего места в АСУТП. Автореферат дис. к.т.н. (05.13.06). – Орел: ОрелГТУ. 2007. – 20 с. 6. Митрохин Ю.В. Разработка интерактивной модели развития технологических процессов железнодорожного транспорта. Автореферат дис. к.т.н. (05.13.06). – Ростов-на-Дону: ИрГУПС. – 2010. – 24 с. 7. Цибулевский И.Е. Человек как звено следящей системы / И.Е. Цибулевский. – М.: Наука. – 1981. – 288 с. 8. Шеридан Т.Е. Системы человек-машина: модели обработки информации, управления и принятия решений человеком-оператором / Т.Е. Шеридан, У.Р. Феррелл. – М.: Машиностроение, 1980. – 400 с. 9. Пат. 58657 Україна, МПК G06F 7/00. Спосіб проведення комп'ютерного тестування знань студентів; замовник та патентовласник: Тараненко Ю.К., Різун Н.О. – № u201009376, заявл. 26.07.2010; опубл. 26.04.2011. Бюл. № 8, 2011.

*Статью представил д.т.н., с.н.с. Днепрпетровского университета им. Альфреда Нобеля Тараненко Ю.К.*

УДК 681.3:378.146

**Особа, що тестується, як підсистема замкнутого контуру регулювання / Різун Н.О.** // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2012. – № 62 (968). – С. 169 – 176.

Обґрунтовано вигляд і зміст параметрів математичної моделі особи, що тестується, як підсистеми замкнутого контуру регулювання, яка адекватно описує його реакцію на тестові завдання виходячи з рівня професійної підготовленості. Іл.: 2. Бібліогр.: 9 назв.

**Ключові слова:** параметри, математична модель, контур регулювання, тестові завдання, рівень професійної підготовленості.

UDC 681.3:378.146

**Testee as a subsystem of closed contour of regulation/ Rizun N.O.** // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2012. – № 62 (968). – P. 169 – 176.

The form and content of the parameters of the mathematical model testee as a subsystem of the closed contour of regulation, adequately describing his/her reaction to the test tasks based on the objective level of professional readiness was grounded. Figs.:2. Refs.: 9 titles.

**Keywords:** parameters, mathematical model, contour of regulation, test tasks, level of professional readiness.

*Поступила в редакцію 15.08.2012*

**ISSN 2079-0031 Вестник НТУ "ХПИ", 2012, № 62 (968)**