

А.Д. Устюжанин, К.А. Пупков

**ДИНАМИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ
И ОЦЕНИВАНИЕ СОСТОЯНИЯ
ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА
В СИСТЕМАХ «ЧЕЛОВЕК – МАШИНА»**

Д о п у щ е н о
Учебно-методическим советом вузов
по университетскому политехническому образованию
в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений, обучающихся
по направлению 161100
«Системы управления движением и навигация»

Москва
Российский университет дружбы народов
2011

УДК 681.3.01
ББК 32.81
У 79

У т в е р ж д е н о
РИС Ученого совета
Российского университета
дружбы народов

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *А.И. Дивеев*,
доктор технических наук, профессор *Ю.Г. Оболенский*

Устюжанин, А. Д., Пупков, К. А.

У 79 Динамическая идентификация и оценивание состояния человека-оператора в системах «человек – машина» [Текст] : учеб. пособие / А. Д. Устюжанин, К. А. Пупков. – М. : РУДН, 2011. – 180 с. : ил.

ISBN 978-5-209-03604-3

В пособии рассматриваются научные основы динамической идентификации нелинейных систем применительно к оценке состояния человека-оператора, управляющего объектами различного типа. В качестве математической модели для описания динамики человека-оператора используется ряд из ортогональных *G*-функционалов Винера. Приводится методика расчета ядер этих функционалов по экспериментальным данным. Излагается проблема описания динамики человека-оператора при вибрации и дается методика получения характеристик точности работы системы «человек – машина» при одновременном получении человеком сведений по информационному каналу и воздействию вибрации.

Приводится методика оценки степени обученности человека-оператора по результатам испытаний.

Дается описание стенда и программного обеспечения, позволяющих получить входную и выходную реализации случайного процесса, необходимые для расчета ядер функционалов.

Для студентов, изучающих методы проектирования систем «человек – машина». Пособие представляет интерес для специалистов, создающих указанные системы.

ISBN 978-5-209-03604-3

ББК 32.81

© Устюжанин А.Д., Пупков К.А., 2011

© Российский университет дружбы народов, Издательство, 2011

ВВЕДЕНИЕ

Сложность объектов управления непрерывно возрастает. Это связано с тем, что цели, которые ставятся перед этими объектами, являются более многогранными и должны достигаться при различных, порой экстремальных, воздействиях окружающей среды. События последних лет показывают, что для эффективного действия объектов, в управлении которых участвует человек, необходимо уделять особое внимание обучению и адаптации его к воздействию среды для достижения цели, поставленной перед системой «человек – машина». Особенно важно уметь построить при обучении систему тестов, обладающих полнотой, и найти объективные критерии оценки степени обученности оператора. Часть функции управления в современных системах берет на «себя» компьютер, однако это не исключает оператора из решения задачи управления, а освобождает его лишь для решения самых сложных проблем, не поддающихся автоматизации. Поэтому обучение и адаптация человека-оператора в человеко-машинных системах не упрощается, а наоборот, становится более сложной.

В ранних работах [35], посвященных анализу функционирования человека в системах «человек – машина», обращалось в основном внимание на изучение его динамических свойств, определению передаточной функции, то есть решению задачи идентификации при задании некоторого входного воздействия и получении реакции с дальнейшей совместной обработкой вход-выходного сигналов. Поскольку, как известно, человек как динамическая «система» является нелинейной, то рассмотренные ранее методы не являются адекватными как по полноте текста, предъявляемого человеку, так и по способам построения его динамической модели. С современных позиций, учитывая достижения в области

информационных технологий, нейрофизиологии и теории управления, концептуальную модель системы человек – машина, на примере управления динамическим объектом, можно представить в виде, показанном на рис. 1.

На рис. 1 видно два крупных блока: I – модель объекта управления (летательный аппарат или автомобиль и т.п.), в состав которого входят органы реализации управления, собственно динамика объекта управления и система отображения информации (СОИ), дающая возможность человеку-оператору наблюдать как показания приборов, так и внешнюю обстановку движения объекта управления в окружающей среде. Предполагается, естественно, что у системы «человек – машина» имеется цель и поэтому деятельность человека в данной системе является целенаправленной; II – модель человека-оператора, состоящая в свою очередь из трех блоков на рис. 1: 1 – блок сбора информации, в котором должна быть отображена модель восприятия информации человеком, и, естественно, он должен быть обучен, то есть должен иметь навыки в сборе информации и ее понимании; 2 – блок образа движения, модель которого должна отображать оценку состояния и прогноз движения на основе этой оценки.

Понятно, что человек должен быть обучен, то есть он должен иметь навыки в формировании образа движения. Сформированный и прогнозированный образ движения сопоставляется с эталонным образом и на основе этого сопоставления в блоке 3 – блоке управления – вырабатывается и исполняется управление. Конечно, как в 1 и 2 блоках, для выработки и исполнения управления человек должен быть обучен, то есть должен иметь навыки в управлении. Если известны математические модели блоков I и II, то при учете воздействий можно определить точность управления, необходимого для достижения цели. Однако если модель технической части системы «человек – машина» в определенной мере может быть описана адекватно, то описание модели человека-оператора до сих пор является проблематичным.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Идентификация и моделирование систем	
«человек – машина».....	28
§ 1. Задача идентификации и понятие	
«черного ящика»	32
§ 2. Идентификация нелинейных систем	
методом Винера	37
§ 3. Оценка точности и сходимости ряда Винера	48
§ 4. Регуляризованные алгоритмы определения	
ядер Винера	54
Выводы к главе I	65
Глава II. Моделирование и идентификация	
динамики человека-оператора в следящих системах	
«человек – машина»	66
§ 1. Постановка задачи слежения. Типы дисплеев	
и органов управления	66
§ 2. Описание динамических свойств	
человека-оператора с помощью ряда	
из функционалов Винера	75
§ 3. Исследование влияния параметров передаточной	
функции человека-оператора на устойчивость	
и качество работы системы «человек – машина»	87
Выводы к главе II	98
Глава III. Воздействие вибрации, ее влияние	
на динамические свойства человека-оператора	
и эффективность его деятельности	100
§ 1. Способы измерения влияния вибрации	
на человека-оператора	102
§ 2. Оценка влияния воздействия вибрации	
на точность работы системы «человек – машина»	112
Выводы к главе III	120

Глава IV. Оптимизация взаимосвязи человека и техники в системах «человек – машина»	121
§ 1. Синтез оптимальных систем «человек – машина»	123
§ 2. Интегральное уравнение, определяющее условие минимума среднего значения квадрата ошибки, структуру и параметры передаточной функции человека-оператора	129
§ 3. Практическое решение задачи	133
Выводы к главе IV	137
Глава V. Стенд для исследования и оценки динамических свойств человека-оператора, работающего в составе системы «человек – машина»	138
§ 1. Структура и состав стенда	139
§ 2. Обучение и оценка обученности человека-оператора	147
Выводы к главе V	155
Выводы	156
Литература	158
Приложение. Результаты исследования динамических особенностей человеко-машинных систем	162
Описание и программа курса «Современные методы, модели и алгоритмы интеллектуальных систем»	170