

**Д. В. Замковий; В. В. Кухар; Р. И. Васильняк**

## **МЕТОДИКА СТРУКТУРНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ЗРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА ПИЛОТА-ОПЕРАТОРА В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ПОЛЕТА, ПРИБЛИЖЕННЫХ К НАТУРНЫМ**

*Разработана методика структурной идентификации модели динамики пилота-оператора во время отработки стохастического сигнала командной системы в полуавтоматическом режиме. Оператор находится в условиях действия на него внешнего возмущения – трехмерного стохастического колебания рабочего места. Условия эксперимента динамически подобны натурным. Благодаря предложенной методике, в будущем, будет возможно осуществлять отбор наиболее соответствующей кандидатуры в пилоты, что существенно повысит качество управления в полуавтоматическом режиме.*

**Ключевые слова:** *структурная идентификация, зрительный канал, отработка стохастического сигнала, управления в полуавтоматическом режиме.*

### **Общая постановка проблемы**

В современных условиях предъявляются повышенные требования к точности полуавтоматических режимов движения транспортных средств [1]. Полагается, что наилучшая точность управления достигается в полностью автоматических системах, оптимальных по точности критериям. Эта точность может служить эталоном, к которому следует приближаться в полуавтоматических режимах управления [5]. Поэтому нужно глубже изучить модель динамики оператора в контуре управления, найти новый подход к идентификации этой модели в условиях, приближенных к натурным. На биологические свойства оператора в условиях реального движения объекта действуют ряд динамических факторов, связанных с характером движения. Каждый из этих факторов может существенно изменять модель динамики оператора в контуре полуавтоматического управления. При составлении подобных моделей возникают трудности, так как до сих пор недостаточно изучены состав, специфика, механизмы влияния этих факторов, их изменчивость от конкретных условий исследуемого режима полета и т. п. Другими словами, в настоящее время нет четких представлений о влиянии на пилота указанных возмущений, о реакции на них конкретного человека в конкретном полете. Получение достаточно полных и достоверных представлений о поведении пилота в указанных обстоятельствах требует достаточно сложных и дорогостоящих средств имитации движения, по возможности, конкретизированного движения. Необходимы новые технологии структурной идентификации интересующих моделей динамики пилота, соответствующие физические и математические постановки задач идентификации, алгоритмы их решения..

То есть, назрела необходимость в постановке и эффективном проведении целого ряда научно-исследовательских, технических и организационных работ по изучению свойств пилота в контуре управления подвижным объектом.

### **Постановка задачи исследования**

Как известно, например [4, 5], модели динамики кандидатов в пилоты-операторы в контуре полуавтоматического управления подвижным объектом успешно исследовались в статических условиях. Кроме того, известно [4, 5], что в реальном имитаторе аэродинамики полета изучались особенности акселерационного канала модели динамики пилота. Существующие в данный момент времени средства имитации и методология решения задач

позволяют также решать задачи оценивания изменчивости динамических моделей пилота в контуре полуавтоматического управления при действии на него трехмерных угловых стохастических колебаний основы подвижного объекта в процессе отработки оператором известного программного сигнала рассогласования в контуре управления объектом (например, летательным аппаратом). Эти сигналы, появляющиеся на выходе командной системы на борту подвижного объекта, поступают на вход зрительного канала лётчика-оператора, и, как правило, носят стохастический характер.

Принято считать [2, 4], что зрительный канал управления включает в себя зрительный чувствительный элемент человека, некоторую часть мозга и двигательную реакцию человека, которая фиксируется при ручном перемещении оператором органов управления. Хотя человек, как сложная самонастраивающаяся система, имеет произвольную динамику, она, при проведении пилотом однообразных действий в конкретном полуавтоматическом режиме управления, может быть описана [4, 5], например, аппаратом передаточных функций и сопровождающим шумом (ремнантой). На динамические свойства оператора в этом режиме влияет ряд факторов, таких как: характер движения основания, на котором работает оператор, квалификация оператора, его тренированность, возраст, пол, особенности действия правой или левой рукой и т. п.

Таким образом, ставится задача исследовать изменчивость динамических моделей пилота и ремнанты от таких факторов как стохастический характер углового движения подвижного основания, на котором находится рабочее место оператора, количества тренировочных действий, особенности динамики самого транспортного средства.

### **Суть методики и описание экспериментальной установки**

Как рабочее место для проведения экспериментальных исследований предполагается использовать трехстепенной динамический стенд-генератор пространственных движений основания [3] реального объекта морского базирования, полученных путем многоцветных натуральных испытаний в разных условиях, компьютерную вычислительную среду с дисплеем, отображающим сигнал рассогласования в полуавтоматическом режиме.

При эксперименте предполагается в качестве входного сигнала в модель динамики зрительного канала пилота использовать воспроизводимый на дисплее сигнал рассогласования между программным и реальным движением исследуемого управляемого объекта, а в качестве выходного – перемещение рукой оператора органа управления (в данном случае – джойстика). Как требуемый алгоритм структурной идентификации модели динамики зрительного канала, предполагается использовать известный [1] алгоритм структурной идентификации. При изменении динамических условий движения для каждого исследуемого оператора есть возможность проследить изменчивость его модели динамики от конкретных особенностей влияющего фактора.

Испытания, подобные описанным выше, возможно проводить на отобранной по определенным их характеристикам группе операторов: возраст, пол, особенности механизмов действий оператора, тренированность или не тренированность, и делать соответствующие статистические выводы о характере и изменчивости моделей динамики оператора в определенных динамических условиях его работы.

Рассмотрим более детально основные стадии эксперимента, особенности и важность полученных результатов. Для этого изобразим схематически процесс испытания (рис. 1). На рис. 1 с помощью блок-схем показаны принцип подачи и съемки нужной информации для эксперимента, возмущающие факторы, которые действуют как на оператора, так и на сам процесс измерения.

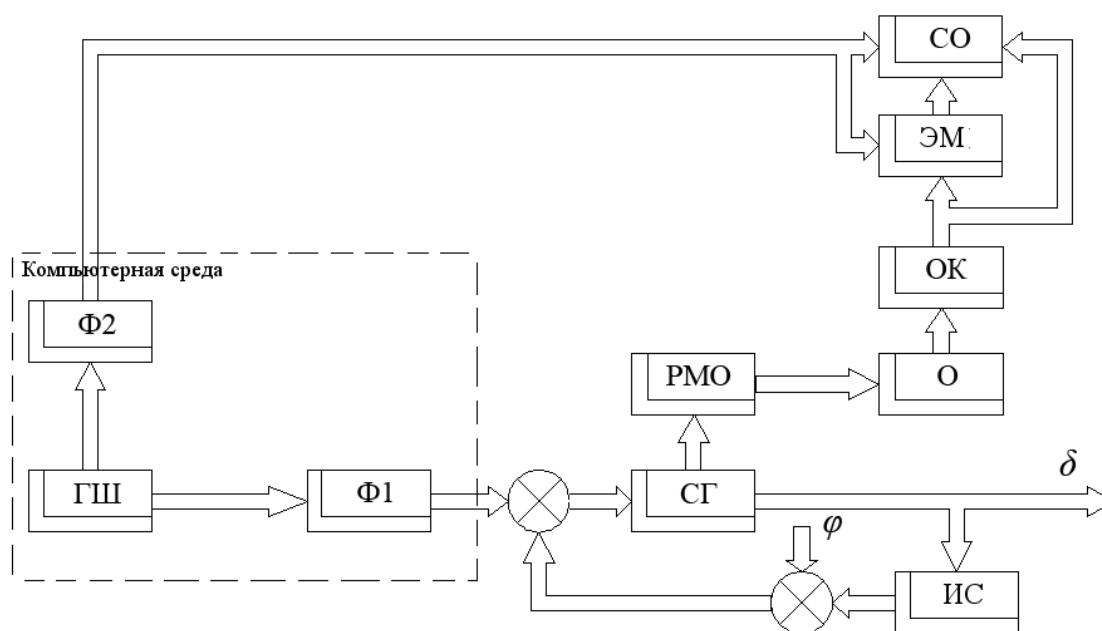


Рис.1. Блок-схема эксперимента

Здесь введены такие обозначения: ГШ – генератор шумов; Ф – формирующий фильтр; КС – компьютерная среда; СГ – станд-генератор; ИС – измерительная система; РМО – рабочее место оператора; О – оператор; УО – управляющие органы; ЭМ – экран монитора; СО – среда обработки полученной информации;  $\varphi$  – помеха измерения.

В эксперименте исследуемым каналом является модель динамики зрительного канала. Из компьютерной среды с помощью генератора шумов и формирующего фильтра на экран монитора подается сигнал рассогласования между программным и реальным движением управляемого объекта. Этот сигнал и является входным воздействием в модель динамики зрительного канала. В это же время из компьютерной среды уже с помощью другого формирующего фильтра и генератора шумов, подается сигнал на многостепенный динамический станд-генератор, в результате чего, моделируется пространственная угловая «качка» по трём координатам: углу крена, тангажа и рыскания. В описанных выше условиях на оператора действует возмущающий фактор: имитация качки, при чем с помощью органов управления пилот старается «догнать» тот сигнал, который он видит на экране монитора. Выходом является перемещение оператором органа управления. В систему обработки получаемой информации попадают получаемый во время эксперимента программный сигнал, который выводится на экран, сигнал входа динамического объекта, сигнал, созданный органами управления (джойстиком), сигнал выхода динамического объекта и разница между ними.

После обработки входной и выходной информации объекта, получения соответствующих им спектральных характеристик и построения с помощью алгоритма структурной идентификации [1] модели динамики зрительного канала, можно будет сделать вывод о том, какой кандидат в пилоты будет отвечать всем требованиям. Для исследования будут подбираться кандидаты разного возраста, веса, пола, разной степени тренированности и т. д., что даст возможность количественно оценивать влияние биологического и физиологического состояния человека на результат эксперимента.

### Выводы

Результатом применения методики [1] структурной идентификации к модели динамики зрительного канала пилота-оператора в динамических условиях полета, приближенных к

натурним, являється кількісна оцінка кандидатів, при діянні на них качкн подвнжнго оснвання. Предложенна методика проведення експеримента дає можливість отримати інформацію о том, як впливння возмущаючих факторів на человека отображається в полученных результатах. В будущем, после исследования интересующих каналов восприятия навигационной информации, будет возможно осуществлять отбор наиболее подходящей кандидатуры в пилоты, что существенно повысит качество управления в полуавтоматическом режиме.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Азарсков В. М., Блохін Л. М., Житецький Л. С. Методологія конструювання оптимальних систем стохастичної стабілізації: Монографія / За ред. Л. М. Блохіна. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2006. – 440 с.
2. Блохін Л. М., Азарсков В. М. Методика ідентифікації акселераційного каналу моделей динаміки пілота, що сприймає і передає стохастичну навігаційну інформацію// Вісник ЦНЦ ТАУ. – 1998. – №1. – С. 44 – 45.
3. Блохін Л. Н., Кривоносенко А. П., Ермолаєва О. В., Юрченко А. Н. Особенности имитации трехстепенной качки корабля и моделей ее динамики: – збірник наукових праць «Проблеми інформатизації та управління». – Вип. 11. – 2004. С. 75 – 79.
4. Петрова Ю. В. Методологія початкового відбору операторів шляхом знімання візуальної стохастичної інформації (за моделями динаміки "зорового каналу" та критеріальними параметрами людини при її роботі на статист...) – Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.07.14 – К.: НАУ, 2006. – 20 с.
5. Современная теория систем управления / Под. ред. К. Т. Леондеса – М.: Мир – 1970. – 511 с.

**Замковий Денис Владимирович** – аспірант кафедри систем управління летательних апаратів, e-mail: xgd@univ.kiev.ua, тел. 8097-705-99-77.

**Кухар Віталій Вікторович** – студент кафедри систем управління летательних апаратів, тел. 8093-148-32-93.

**Васильняк Роман Іванович** – студент кафедри систем управління летательних апаратів, тел. 8-097-926-34-22.

Национальный авиационный университет.