

УДК: 629.7:004.51

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В КОНТЕКСТЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ КАБИНЫ С ОДНИМ ПИЛОТОМ

**С.Д. Логачев**

*Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем*  
Россия, 125319, Москва, ул. Викторенко, 7  
E-mail: krinteront@gmail.com

**И.И. Грешников**

*Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем*  
Россия, 125319, Москва, ул. Викторенко, 7  
E-mail: vvanes@mail.ru

**Ключевые слова:** моделирование, человеко-машинный интерфейс, авиационная техника, одночленная кабина.

**Аннотация:** В данной статье рассматривается вопрос моделирования пилота в контексте валидации человеко-машинного взаимодействия для кабин с одночленным экипажем. Особое внимание уделяется аспектам управления и взаимодействия пилота с бортовыми системами самолёта. Учитывая тенденции интеллектуализации авиационной техники и значимость человеческого фактора в качестве причины летных происшествий, данное исследование фокусируется на создании модели, способной имитировать действия и решения, принимаемые пилотом в условиях полета. Данная работа включает анализ существующих исследований в области моделирования пилота и разработку модели пилота с учетом психофизиологических особенностей пилотов, а также валидацию созданной модели. Компоненты данной модели могут использоваться не только для валидации перспективных кабин и комплекса бортового оборудования, но и для повышения эффективности тренажерных систем и качества подготовки пилотов, а также потенциально и в бортовом программном обеспечении в качестве средств автоматизации.

## 1. Введение

Несмотря на существенный прогресс в области автоматизации самолётных систем и внедрения новых технологий в кабину пилотов, человеческий фактор по-прежнему является одной из основных причин возникновения лётных происшествий. Задача оптимизации человеко-машинных интерфейсов приобретает особую значимость в контексте увеличивающейся сложности управления современными воздушными судами, где взаимодействие пилота с кабинным оборудованием играет ключевую роль. С учетом данных обстоятельств, исследование и разработка модели пилота, которая может применяться для валидации перспективных концепций кабины экипажа и функций бортового оборудования, в особенности в контексте одночленного экипажа, становится актуальной задачей.

Целью данного исследования является создание модели пилота, которая способна корректно имитировать действия и решения пилота в различных летных режимах, включая нештатные ситуации. Эта модель позволит оценить эффективность

взаимодействия пилота с кабинным оборудованием и бортовыми системами самолета, учитывая изменчивость психофизиологического состояния пилота в процессе управления воздушным судном.

Основываясь на анализе существующих подходов [1-4] к моделированию действий пилотов, исследование направлено на разработку модели пилота, учитывающей как когнитивные, так и психофизиологические аспекты деятельности пилотов. Это включает в себя разработку математических и компьютерных моделей, имитационное моделирование и анализ результатов экспериментов. Результаты исследования как ожидается, будут использоваться для валидации перспективных кабин и комплекса бортового оборудования, а также для повышения эффективности тренажерных систем и качества подготовки пилотов.

## **2. Концептуальные основы**

### **2.1. Перспективная кабина и интеллектуализация бортовых систем**

В качестве объекта для отработки модели пилота использовался полунатурный стенд перспективной кабины с одним пилотом и набором бортовых моделей с повышенной степенью интеллектуализации.

Интеллектуализация бортовых систем подразумевает автоматизацию ряда бортовых функций, которые ранее контролировались пилотом. Это включает в себя разработку адаптивных систем, которые могут реагировать на изменения как во внешних условиях полета, так и в поведении пилота. Такие системы не только повышают безопасность полетов, но и способствуют уменьшению нагрузки на пилота, автоматизируя рутинные и повторяющиеся задачи. Таким образом, интеллектуализация бортовых систем представляет собой комплексный подход, обеспечивающий улучшение взаимодействия пилота с кабиной и бортовым оборудованием, направленный на повышение безопасности, эффективности и комфорта полетов.

### **2.2. Архитектура и функционирование модели**

Архитектура модели пилота представляет собой сложную многоуровневую систему, охватывающую различные аспекты взаимодействия пилота с бортовым оборудованием. Основная цель этой архитектуры заключается в создании эффективной, гибкой и адаптивной модели, которая может взаимодействовать с разнообразными типами кабин и бортового оборудования в зависимости от конкретной задачи. В том числе должна быть обеспечена возможность моделирования различных сценариев полета, а также способность адаптироваться к изменениям в поведении и состоянии пилота.

**2.2.1. Интегрированная система.** Модель пилота разработана как интегрированная система, сочетающая в себе различные модули и компоненты, такие как:

- психофизиологический модуль, позволяющий задавать профиль пилота и с учётом текущей летной ситуации выдавать вектор состояния пилота;
- модуль имитации деятельности пилота;
- модуль визуализации действий пилота, представляющий собой 3D модель пилота и кабины перспективного самолёта.

**2.2.2. Взаимодействие с кабиной и бортовыми системами.** В целях функционирования модели, обеспечена способность её взаимодействия с кабиной пилота и бортовыми системами. Также модель способна адаптироваться к текущим условиям полета, реагируя на изменения окружающей среды и действия пилота. Это

позволяет модели предоставлять реалистичные и актуальные сценарии для тренировки пилотов и оценки их квалификации.

### **3. Компоненты модели**

#### **3.1. Психофизиологический модуль**

Психофизиологический модуль предназначен для формирования вектора данных, содержащего параметры психофизиологического состояния пилота, учитывая такие факторы, как стресс, усталость и уровень концентрации внимания. Основой данного модуля является научно-технический задел, полученный в ходе предшествующих исследований, связанных с классификацией функциональных состояний пилота. Данные материалы включают в себя методы определения текущего психофизиологического профиля летчика, основанные на сопоставлении актуальных параметров его деятельности с заранее собранными и оцененными экспертами данными, полученными на авиационном тренажере [5].

#### **3.2. Модуль имитации деятельности пилота**

Модуль имитации деятельности обеспечивает воспроизведение реакций летчика в различных летных сценариях, охватывающих как стандартные операционные процедуры, так и нештатные ситуации. Он базируется на системе ISFA [6-7], разработанной для комплексной оценки подготовленности пилота. Анализ выполняемых летчиком маневров и сравнение результатов с базой данных эталонных летных упражнений позволяют определить степень соответствия и точности исполнения каждого маневра.

#### **3.3. Модуль визуализации действий пилота**

Модуль визуализации действий пилота разработан в среде Unity и предназначен для демонстрации деятельности пилота в 3D и создания детальных и реалистичных изображений кабинных процессов, что позволяет лучше объяснить принципы взаимодействия математической модели пилота с бортовыми системами самолета. Модуль состоит из двух основных частей:

- 3D модель кабины пилотов синхронизированная с прототипом исследуемой кабины в части состояния органов управления и дисплейной индикации [8];
- 3D модель пилота, принимающая на вход данные от модуля имитации деятельности пилота.

### **4. Заключение**

В рамках данного исследования была разработана концепция модели пилота для валидации и отработки концепций человеко-машинного интерфейса и бортовых систем в условиях стендовой отработки. Ключевым аспектом этой работы является комплексный подход к моделированию, который учитывает не только когнитивные, но и психофизиологические аспекты деятельности пилота. Благодаря применению методов анализа и имитационного моделирования, удалось создать концепцию и предварительный прототип модели пилота, способный имитировать действия и решения пилота в различных летных режимах, включая нештатные ситуации.

Основываясь на полученных результатах, можно утверждать, что разработанная модель обладает значительным потенциалом для применения в нескольких ключевых направлениях. Во-первых, она может использоваться для валидации и

усовершенствования новых человеко-машинных интерфейсов и функционального контура бортового оборудования самолёта, что позволит повысить безопасность полетов за счет более эффективного и продуманного взаимодействия пилота с бортовым оборудованием. Во-вторых, компоненты модели могут быть использованы для обучения и подготовки пилотов.

## Список литературы

1. Kuravsky L.S., Yuryev G.A. A novel approach for recognizing abnormal activities of operators of complex technical systems: three non-standard metrics for comparing performance patterns // International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET). 2020. No. 11(4).
2. Kuravsky L.S., Yuryev G.A., Zlatomrezhev V.I., Yuryeva N.E. Assessing the Aircraft Crew Actions with the Aid of a Human Factor Risk Model // Eksperimental'nayapsikhologiya = Experimental Psychology (Russia). 2020. Vol. 13, No. 2. P. 153-181. DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2020130211>.
3. Клаучек С.В. Психофизиологическое моделирование профессионального стресса человека-оператора // Научное наследие академика П.К. Анохина и его развитие в трудах Волгоградских ученых: Материалы областной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика П.К. Анохина. Волгоград, 26-27 февраля 1998 года / Волгоградская медицинская академия; под редакцией чл.-корр. РАМН В.И. Петрова и акад. МАН К.В. Гаврикова. Т. 1. Волгоград: Волгоградская медицинская академия, 1998. С. 52-53. EDN ZUPVDS.
4. Натальин, В. М. Моделирование управляющих действий пилота в условиях особых ситуаций // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2009. № 138. С. 205-209. EDN LDESMV.
5. Kuravsky L.S., Yuryev G.A., Greshnikov I.I., et al. Assessing the Pilot Condition According to Video Oculography Data and Parameters of Brain Alpha Rhythms by Modeling the Neural Activity // Experimental Psychology (Russia). 2022. Vol. 15, No. 2. P. 194-212. DOI 10.17759/exppsy.2022150214. EDN IOBHCV.
6. Куравский Л.С., Юрьев Г.А., Златомрежев В.И., Юрьева Н.Е. Оценка действий экипажа воздушного судна на основе модели рисков человеческого фактора // Экспериментальная психология. 2020. Т. 13, № 2. С. 153-181. DOI 10.17759/exppsy.2020130211. EDN LDVXPM.
7. Куравский Л.С., Юрьева Н.Е., Юрьев Г.А. и др. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021668683 Российская Федерация. The Intelligent System for Flight Analysis v. 3.3 (ISFA v. 3.3): № 2021668197: заявл. 17.11.2021: опублик. 18.11.2021; заявитель Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт авиационных систем». EDN QIIFIH.
8. Грешников И.И., Голиков С.Н., Шаталина Н.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020664394 Российская Федерация. Виртуальные пульта управления демонстратора кабины одночленного экипажа: № 2020662552: заявл. 15.10.2020: опублик. 12.11.2020; заявитель Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно исследовательский институт авиационных систем». EDN LGKAVC.