

СТАТЬИ

УДК 612.821

**ИНТЕРАКТИВНАЯ СИСТЕМА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ПСИХОФУНКЦИОНАЛЬНУЮ НАДЕЖНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ**

<sup>1</sup>Дадашев Ф.Г., <sup>1</sup>Эстрова С.Т., <sup>2</sup>Аллахвердиев А.Р., <sup>2</sup>Дадашева К.Г.

<sup>1</sup>Национальная академия авиации, Баку;

<sup>2</sup>Институт физиологии им. А.И. Караева НАНА, Баку, e-mail: dfh54@rambler.ru

Статья посвящена способу повышения функциональной надежности человека-оператора, управляющего комплексом БПЛА. Для этого предлагается автоматизированная трехуровневая экспертная система, выполняющая такие задачи, как профотбор, допуск к выполнению текущей работы и контроль состояния человека-оператора во время выполнения работы на комплексе БПЛА. На основе анализа характера работы человека-оператора БПЛА для каждой задачи, предложен комплекс показателей, которые сохраняют в себе кроме показателей качеств, необходимых пилоту и диспетчеру, также показатели, связанные со спецификой данной работы. В качестве дополнительных показателей, отражающих деятельность человека-оператора, выбраны такие параметры, которые соответствуют психофункциональным качествам, необходимым при реализации деятельности, связанные с выполнением как задач стратегического, тактического, так и реактивного характера. Предлагаемая система со своей гибкостью является перспективной для повышения функциональной надежности при управлении комплексом БПЛА, учитывая человеческий фактор. Интерактивная система помимо идентификации состояний и выдачи результатов анализа психофункциональных состояний, снабжена программным блоком, дающим как прогностическую, так и управленческую, корректирующую консультацию психологу, следящему за данной системой. Задачно-ориентированная интерактивная система за счет своей открытости имеет возможности расширения.

**Ключевые слова:** экспертная система, психофункциональное состояние, комплекс управления БПЛА, человек-оператор, человеческий фактор

**AN INTERACTIVE SYSTEM PROVIDING PSYCHO-FUNCTIONAL RELIABILITY OF UNMANNED AERIAL VEHICLE CONTROL**

<sup>1</sup>Dadashev F.G., <sup>1</sup>Estrova S.T., <sup>2</sup>Allakhverdiev A.R., <sup>2</sup>Dadasheva K.G.

<sup>1</sup>National Aviation Academy, Baku;

<sup>2</sup>Institute of Physiology n.a. A.I. Karaev, Baku, e-mail: dfh54@rambler.ru

The article dedicates to increasing the functional reliability of a human operator of a UAV. An automated three-level expert system is offered for performing operations like professional selection, access to execute the current task and control of the direct state of the human operator while working on UAV. Based on an analysis of a UAV human operator's work characteristics for each task, a set of indicators is offered, which besides quality indicators required for pilots and air traffic controllers, also preserves indicators related to this specific job. As additional indicators of human-operator performance, characteristics are chosen that correlate to psycho functional qualities required for executing strategic, tactical and reactive tasks. The suggested system with its flexibility is a perspective for increasing functional reliability at controlling UAV, taking the human factor into account. Besides state identification and delivery of psycho functional analysis results, the interactive system is equipped with a software block giving prognostic, managerial and corrective consulting to a psychologist viewing this system. The problem-oriented interactive system has expansion capabilities due to its openness.

**Keywords:** expert system, psycho functional state, UAV control unit, human-operator, human factor

В последнее время развивается и активно растет применение БПЛА (беспилотных летательных аппаратов) в различных сферах человеческой жизни: осуществляется геодезическая съемка, топография и многие другие виды географических исследований, они применяются на нефтеперерабатывающих и химических предприятиях, в экономическом и в сельскохозяйственном секторе [1]. Также высока частота использования таких комплексов в военных целях. В последние годы возникла необходимость применения целых комплексов таких беспилотников. Но вместе с тем статистика свидетельствует о том, что количество взлетов

и посадок таких БПЛА часто не совпадает (по представленным Пентагоном данным, за 2001–2014 гг. США в общей сложности потеряли 418 беспилотных летательных аппаратов) [2].

Помимо технических неполадок и проблем, связанных с конструкцией, объективно существующих сейчас, открывается и другая, не менее важная проблема – проблема повышения функциональной надежности человека-оператора, управляющего комплексом БПЛА. Проблемы, связанные с человеческим фактором, являются не менее важными, так как внутреннее состояние человека-оператора, управляющего такими

комплексами, его работоспособность, нагрузка, надежность, возникающие у него ошибки и вытекающие из этого вопросы – это то, что мы сейчас классифицируем как причины, связанные с человеческим фактором.

В статье представлены результаты исследования, целью которого является повышение функциональной надежности управления комплексом БПЛА, с помощью многофункциональной интерактивной системы [3], предназначенной для повышения надежности функционирования человека-оператора.

#### Материалы и методы исследования

Для проектирования интерактивной системы, обеспечивающей функциональную надежность оператора, управляющего БПЛА, как адаптивно целеустремленной системы со своей специфичностью, требуется решение комплекса задач. Эти задачи подразделяются на подгруппы, соответственно такие как профотбор, пропуск к текущей работе и слежение (мониторинг) за выполнением управления комплексом БПЛА. К этим задачам относятся основные этапы применения полипараметрической технологии:

- выбор информативных показателей для идентификации состояния;
- формализация состояния в виде «портрета»;
- графическое отображение состояния в виде «портрета»;
- комплексная оценка состояния, определения близости данного состояния к «желаемому»;
- выдача экспертного решения;
- объяснение выбранного решения.

Типы идентификационных «портретов», соответствующих трем типам задач, несмотря на различия в базовых параметрах, формируются на основе общих принципов, с использованием теории нечетких множеств [4]. Различные типы данных, как количественные, так и качественные (принадлежащие к различным типам шкал), приводят к единому диапазону, с построением функций принадлежности множества «желаемых состояний» для каждого показателя.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Трехуровневая интерактивная система, обеспечивающая надежность системы управления комплекса БПЛА, с учетом человеческого фактора позволяет повысить психофункциональную надежность человека-оператора. Как видно из таблицы, данная

система направлена на решение трех типов разных задач, таких как профессиональный отбор человека-оператора, допуск к выполнению текущей работы (определение готовности человека-оператора к работе), а также анализ непосредственного психофункционального состояния человека-оператора во время выполнения работы.

На первом уровне системы выполняется задача профессионального отбора оператора БПЛА. Реализация этой задачи выполняется в диалоговом режиме (рис. 1), где с помощью тестов формируется «обобщенный портрет» человека-оператора, управляющего комплексом БПЛА, на основе выбранных нами характеристик профессионально важных и психофункциональных качеств.

Психолог, управляющий этой системой, для оценки пригодности к работе оператора БПЛА имеет возможность в диалоговом режиме дополнить или уточнить состояние подключением других информативных недостающих признаков.

Человек – оператор БПЛА, объединяющий в себе необходимые качества, такие как качества диспетчера УВД (управление воздушным движением), так и собственно пилота, должен иметь еще и специфические качества в связи с заданной работой.

К профессионально важным качествам добавлены характеристики, которые соответствуют выполнению стратегических, тактических и реактивных функций человека-оператора. Эти функции соответствуют модели интеллектуальной системы управления БПЛА, работающей на трех уровнях, предложенной Д.А. Макаровым, А.И. Пановым и К.С. Яковлевым. Авторами описывается соответствующая архитектура – STRL (от англ. strategic, tactical, reactive, layered) «в условиях коллективного взаимодействия при решении общих и частных задач» [5]. На *стратегическом* уровне реализуются интеллектуальные функции самого сложного масштаба. Сообщения представлены в знаковой форме, что упрощает обмен информацией с остальными участниками коалиции. На *тактическом* уровне осуществляется прогнозирование, построение плана и мониторинг по навигации и управлению объектом в пространстве. Нижний уровень, *реактивный*, работает на построение траектории.

К профессионально важным качествам добавлены характеристики, которые соответствуют выполнению стратегических, тактических и реактивных функций человека-оператора. Эти функции соответствуют модели интеллектуальной системы управления БПЛА, работающей на трех уровнях, предложенной Д.А. Макаровым, А.И. Пано-

вым и К.С. Яковлевым. Авторами описывается соответствующая архитектура – STRL (от англ. strategic, tactical, reactive, layered) «в условиях коллективного взаимодействия при решении общих и частных задач» [5]. На *стратегическом* уровне реализуются интеллектуальные функции самого сложного масштаба. Сообщения представле-

ны в знаковой форме, что упрощает обмен информацией с остальными участниками коалиции. На *тактическом* уровне осуществляется прогнозирование, построение плана и мониторинг по навигации и управлению объектом в пространстве. Нижний уровень, *реактивный*, работает на построение траектории.

Задачи систем и их характеристики

Задачи	Оценка состояния	Параметры	Образ	Рекомендации
Профотбор	Пригодность к этой профессии	Профессионально важные качества	Обобщенный портрет	Переподготовка
Допуск к выполнению текущей работы	Психофизиологическое состояние	Вегетативные параметры: частота сердечного ритма, частота дыхания, кожно-гальваническая реакция и т.д.	Психофизиологический портрет	Отклонения от нормального/необходимого/требуемого уровня выполнения работы и рекомендации к психокоррекции
Контроль непосредственного состояния человека-оператора во время выполнения работы	Динамика текущей деятельности	Дистантное определение параметров движения рук, движения глаз и др.	Образ динамики изменения показателей, характеризующих состояние	Включение обратной связи, информирование вышестоящих работников

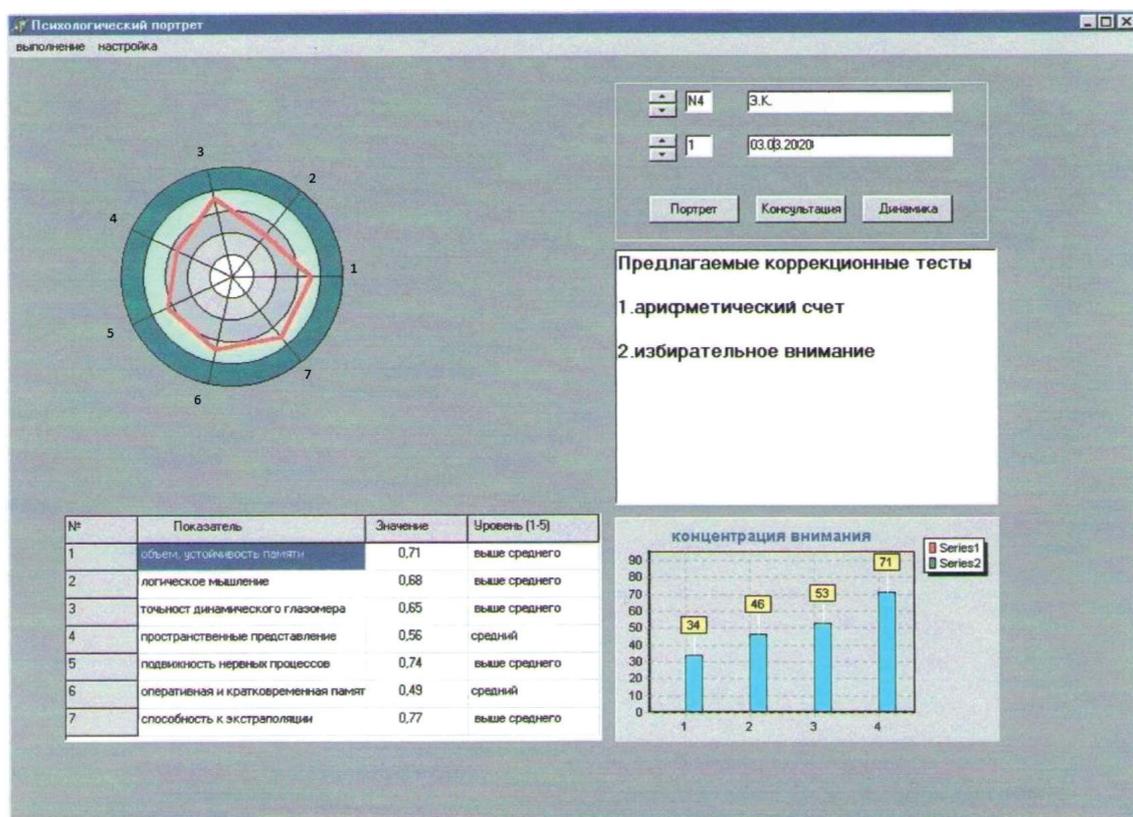


Рис. 1. Одно из диалоговых окон при работе интерактивной системы

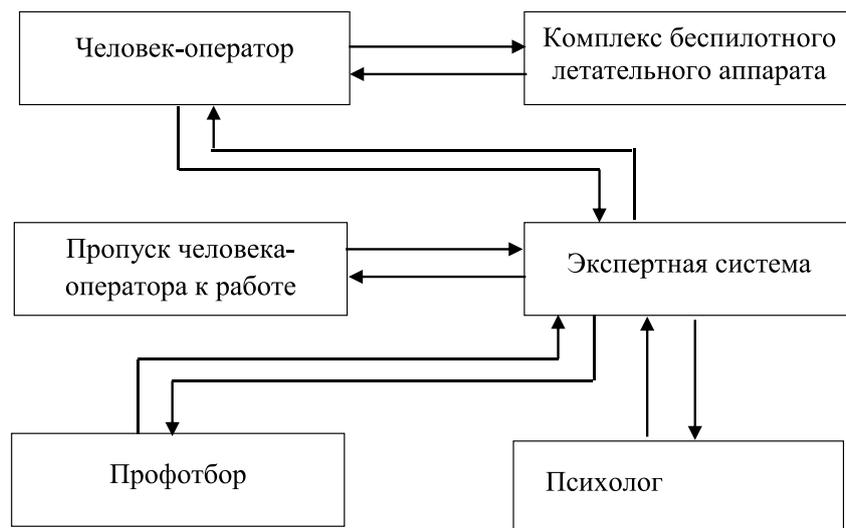


Рис. 2. Структурно-функциональная схема экспертной системы

Помимо этого работа человека – оператора комплекса БПЛА имеет свои специфические особенности и условия: часто сопровождается монотонией (несколько часов наблюдать за работой фото- и видеосъемки), многозадачностью, которую необходимо осуществить в ограниченный промежуток времени, удержанием постоянного напряженного внимания на аудио и видеоинформации [6], ответственностью и тяжелыми последствиями ошибок, хронической усталостью и стрессом, вызываемыми всеми этими факторами. И это далеко не все причины. Такая деятельность требует от человека-оператора специфических качеств, свойств и умений.

Опираясь как на нормативные данные, так и на данные литературы, можно выделить несколько групп качеств, необходимых для эффективного выполнения деятельности диспетчера УВД и пилота [7–9]:

1) *личностные* (ответственность, решительность, предусмотрительность, педантичность, организаторские способности, умение работать в команде и др.);

2) *интеллектуальные* (оперативное и стратегическое мышление, способность планировать свою деятельность во времени, способность к концентрации, распределению и переключаемости внимания, высокий уровень развития пространственного мышления, хорошо развитые свойства памяти и т.д.);

3) *психофизиологические* (развитие глазомера, цветовое восприятие и др.);

4) *психические* (психоэмоциональная устойчивость (стрессоустойчивость), сохранение работоспособности при развива-

ющемся утомлении, высокая помехоустойчивость деятельности и т.п.).

Назначением второго уровня данной системы является допуск человека-оператора к выполнению текущей работы в связи с функциональным состоянием, для выполнения эффективного управления БПЛА. Функциональное состояние не является постоянной характеристикой индивида, а обусловлено как внутренними, так и внешними факторами. Для оценки психофункционального состояния используются комплексные электрофизиологические данные вегетативных систем, такие как ЭКГ, КГР, кривая дыхания и т.д., выбор, которых осуществляется автоматически или по усмотрению психолога. Комплекс программ, осуществляющих оценку функциональных состояний человека-оператора, выдает «психофизиологический портрет» (рис. 2) с соответствующими количественными данными и их нормативами. Кроме этого, выдаются интегративные психофизиологические данные, такие как спектральные характеристики variability сердечного ритма, хаотические составляющие других электрофизиологических данных вегетативной системы. На основе комплекса программ, включенных в интерактивную систему, анализируя электрофизиологические данные помимо оценки, выдаются консультативные решения. Ответ, передающийся психологу, является информацией о пропуске человека-оператора в данный момент к управлению комплекса БПЛА или нет. При необходимости дается консультация для прохождения соответствующих коррекционных процедур, связи с наличием

трудных состояний (стресс, тревожность, апатия и т.д.) в виде медитации.

Третий уровень обеспечивает слежение за человеком-оператором при управлении комплексом БПЛА [10, 11]. Слежение за психофункциональным состоянием является одной из труднейших задач оценки, так как во время работы при управлении БПЛА [12, 13] невозможно использование датчиков и внешнего воздействия, для определения реактивности. Адекватным методом для оценки состояния используются видеокамеры, с помощью которых определяются движения глаз, состояние зрачков, движение и положение головы и т.д. Психолог, получая информацию о динамике состояния через интерфейс, имеет возможность воздействовать на человека-оператора посредством обратной связи и при экстренных состояниях возможность доложить вышестоящему. Следует отметить, что при этом используются современные интеллектуальные технологии для распознавания психофункционального состояния человека-оператора.

#### Заключение

Предлагаемая экспертная трехэтапная система анализа работы человека-оператора в процессе управления БПЛА позволяет минимизировать количество разных типов ошибок, тем самым обеспечив повышение функциональной надежности. Три различные задачи – обеспечивающие профессиональный отбор, допуск к выполнению текущей работы и анализ состояния во время выполнения работы – позволяют оптимизировать деятельность человека-оператора БПЛА.

Использование интеллектуальных технологий на всех этапах позволяет усовершенствовать оценку, прогнозирование психофункциональных состояний и на их основе обеспечить своевременное принятие оптимальных решений, что является перспективным для снижения человеческого фактора и тем самым позволяет снизить коэффициент аварийности,

связанный непосредственно с качествами человека-оператора.

#### Список литературы

1. Моисеев В.С. Основы теории эффективного применения беспилотных летательных аппаратов: монография. Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2015. 444 с.
2. Американцы подсчитали потери беспилотников с 2001 года // Военное обозрение. 23 июня 2014 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://topwar.ru/52665-amerikancy-podschitali-poteri-bespilotnikov-s-2001-goda.html> (дата обращения: 31.03.2021).
3. Пашаев А.М., Мамедов А.М., Дадашев Ф.Г., Султанов В.З., Мирзоев Б.М. Целеустремленная система «Psixotron-X» для контроля и коррекции психологических качеств диспетчеров УВД // Научные труды НАА. 2006. № 1. С. 92–100.
4. Конохов А.Н., Дюбуа А.Б., Сафошкин А.С. Основы теории нечетких множеств. Ч. 1. Рязань, 2017. 88 с.
5. Макаров Д.А., Панов А.И., Яковлев К.С. Архитектура многоуровневой интеллектуальной системы управления беспилотными летательными аппаратами // Искусственный интеллект и принятие решений. 2015. № 3. С. 18–33.
6. Розайненко И.Ю. Особенности профессионального отбора пилотов гражданской авиации // Актуальные вопросы авиации и космонавтики 2015. № 2. С. 721–723.
7. Солдатов С.К., Засядько К.И., Богомолов А.В., Вонаршенко А.П., Язлюк М.Н. Психофизиологические профессионально важные качества летчиков-инструкторов и возможности их развития // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2019. Т. 53. № 1. С. 86–91.
8. Засядько К.И., Вонаршенко А.П., Солдатов С.К., Соломка А.В. Анализ профессиональной надежности операторов управления воздушным движением // Транспортный вестник. 2017. № 1. С. 31–38.
9. Thompson W.T., Lopez N., Hickey P., DaLuz C., Caldwell J.L., Tvaryanas A.P. Effects of Shift Work and Sustained Operations: Operator Performance in Remotely Piloted Aircraft (OPREPAIR). Technical Report HSW-PE-BR-TR-2006-0001. 311th Human Systems Wing, Brooks City-Base, TX, Jan 2006.
10. Гандер Д.В., Ворона А.А., Пономаренко В.А., Алексеенко М.С. Методологические и теоретические предпосылки психологических исследований летного труда на современном этапе развития авиации // Психология и Психотехника. 2016. № 11. С. 906–912.
11. Величковский Б.Б. Инженерно-психологические проблемы проектирования интерфейсов управления беспилотными летательными аппаратами // Национальный психологический журнал. 2020. № 1 (37). С. 31–39.
12. Першин Ю.Ю. Психоэмоциональные расстройства человек-операторов БПЛА (по материалам иностранных источников): презентация проблемы // Вопросы безопасности. 2017. № 3. С. 17–30.
13. Гандер В.Д., Лысаков Н.Д. Психологические аспекты управления беспилотными летательными аппаратами // Человеческий капитал. 2017. № 3. С. 41–42.