

# Способы оценки психофизиологического состояния пилота воздушного судна

*Г. А. Платошин, И. Б. Мищенко, В. В. Косьянчук, Е. Ю. Зыбин*

Федеральное автономное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», Москва, Россия

Оценка психофизиологического состояния пилота одно из основных направлений современных исследований по операционным виртуальным помощникам. На данном этапе разрабатывается система психофизиологической оценки состояния пилота, необходимая для определения текущего состояния и принятия решения о возможности пилота продолжать управление воздушным судном. Для проведения процедуры мониторинга психофизиологических параметров, в частности сердечного ритма, разрабатывается биометрический браслет пилота, включающий в себя оптические датчики фотоплетизмографии. А также разрабатывается система определения состояния пилота по камере (глазодвигательные реакции, VR очки) на борту воздушного судна.

*Ключевые слова:* Фотоплетизмография, Психофизиологическое состояние, Авиация, Камера, Операционный виртуальный помощник.

*Цитирование:* Платошин, Г. А. Способы оценки психофизиологического состояния пилота воздушного судна / Г. А. Платошин, И. Б. Мищенко, В. В. Косьянчук, Е. Ю. Зыбин // НОЛОЕХРО 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 171–174.

## Введение

В рамках развития авиационной промышленности разрабатывается концепция технического облика виртуального пилота, прогнозирующая переход к одночленному экипажу. Концепция управления воздушным судном посредством одночленного экипажа предполагает автоматизацию процессов, позволяющих снизить нагрузку на пилота и обеспечить требуемый уровень безопасности транспортной системы. Ввиду этого в период осуществления профессиональной деятельности и в момент высокой рабочей нагрузки важно производить мониторинг и оценивать динамику изменения функционального состояния пилота в режиме реального времени, поскольку это позволяет спрогнозировать момент потери дееспособности, и принять соответствующие меры (переход в автономный режим, передача управления другому оператору и пр.). В данной работе представлено описание способов оценки психофизиологического состояния пилота воздушного судна, в том числе с возможностью выявления индикаторов сонливости, повышенной нагрузки, рассеянности (мануальной, зрительной, слуховой и когнитивной), эмоционального состояния и др.

### 1. Биометрический браслет пилота

Система мониторинга психофизиологического состояния пилота может контролировать как физиологические, так и поведенческие параметры. В качестве средства контроля физиологических параметров разрабатывается биометрический браслет пилота,

включающий в себя оптические датчики фотоплетизмографии для мониторинга сердечного ритма, высокоточные трехосевые гироскоп и акселерометр для мониторинга эргономики движений пилота во время рабочего процесса, в том числе отслеживание реакций в момент критических ситуаций (стресс, снижение концентрации внимания, потеря сознания) [1]. Также биометрический браслет пилота содержит такие функциональные возможности, как индикация и вывод полезной информации на дисплее для информирования пользователя, в том числе тактильная обратная связь посредством вибромотора и звукового оповещения при помощи встроенного динамика. Информационный обмен биометрического браслета пилота и бортовой системы осуществляется через Bluetooth и USB Type-C, выбор которых обусловлен конструктивной реализацией и унификацией.

## **2. Система регистрации движения глаз пилота**

Взгляд является основным индикатором, используемым для обнаружения визуального отвлечения внимания, сонливости и других признаков поведенческой реакции пилота. В клинических условиях динамику взгляда отслеживают с помощью электроокулографии (ЭОГ) [2], которая подразумевает использование электродов. Поскольку данный метод затруднительно применять в рабочих условиях на воздушном судне, в качестве альтернативы, можно использовать неинвазивную окулографическую систему (айтрекер) на основе видеоподхода. Отслеживание движения и положения глаз происходит следующим образом: айтрекер освещает один или оба глаза безопасным инфракрасным (ИК) излучением, которое отражается и улавливается монохромной камерой, также чувствительной в ИК-диапазоне [3]. В зависимости от расположения источника инфракрасной подсветки относительно основной камеры, на кадрах достигается разный контраст между зрачком и радужной оболочкой. Выделяют метод яркого и темного зрачка. Параллельное расположение ИК излучателя и оптической оси камеры приводит к созданию эффекта яркого зрачка ввиду того, что глаз работает вторичным отражателем света. Если же источник подсветки сдвинут относительно оптической оси камеры, зрачок становится чёрным, поскольку вторичное отражение от сетчатки не поступает в камеру. Таким образом, происходит получение последовательных кадров изображений глаз, по которым, путем применения к ним методов анализа изображений, устройство определяет ориентацию взгляда и динамику зрачков.

Из каждого видеокadra извлекается большое количество параметров глаза, связанных с движениями век (включая моргание) и глазного яблока (включая саккады). Фиксация поведенческой реакции может осуществляться с помощью применения сверточной нейронной сети и метода опорных векторов для задач классификации с целью определения таких показателей, как динамика закрытия глаз (продолжительность, частота и интервал), а также скорость закрытия и повторного открытия глаз, процент закрытия века над зрачком за время (PERCLOS) и др. [4, 5, 6]. В общем виде, бортовой вычислитель в реальном времени применяет алгоритм для определения области лица пилота, далее устанавливаются ключевые точки органов на лице, и затем определяется радужная оболочка и зрачок посредством выделения краев на поле глаза, и далее уже используют кусочный угловой детектор глаза для

обнаружения угла глаза [7]. Также стоит отметить, что необходимо компенсировать движения головы с помощью синусоидальной модели для минимизации погрешностей при анализе и построении карты взгляда.

### **Заключение**

В представленной работе основное внимание уделяется способам оценки психофизиологического состояния пилота воздушного судна, а именно приводится описание системы мониторинга включающей биометрический браслет пилота и систему регистрации движения глаз. Наилучшие результаты для обнаружения и прогнозирования нештатных ситуаций достигаются при создании взаимосвязанных систем исследования поведенческих и физиологических данных. В реальных условиях сложно получить диаметр зрачка и оценить такие показатели как вариабельности сердечного ритма, в том числе из-за проблем с условиями освещения, разрешением камеры, артефактами движений при взаимодействии датчиков с исследуемой областью и тд. Поэтому разработка системы оценки психофизиологического состояния пилота и различных методов математического анализа данных является актуальной и значимой задачей для авиационной отрасли, способствующая развитию технических средств контроля в рамках задач интеллектуальной поддержки пилота и обеспечения безопасности полетов воздушных судов.

### **Список источников**

- [1] **Kalakutsky, L. I.** Equipment and methods of clinical monitoring / L. I. Kalakutsky, E. S. Manelis // Tutorial. Samara: Samar. state aerospace un-t. — 1999. — P. 161.
- [2] **Brown, M.** ISCEV Standard for Clinical Electro-oculography (EOG) / M. Brown, M. Marmor, Vaegan, E. Zrenner, M. Brigell, M. Bach // Doc. Ophthalmol. — 2006, — Vol. 113, — P. 205–212.
- [3] **Wojciechowski, A.** Single web camera robust interactive eye-gaze tracking method / A. Wojciechowski, K. Fornalzyk // Bulletin of The Polish Academy of Sciences Technical Sciences. . — 2015. — Vol. 63, — № 4. — DOI: 10.1515/bpasts-2015-0100.
- [4] **Massoz, Q.** Multi-timescale drowsiness characterization based on a video of a driver's face / Q. Massoz, J. Verly, M. Van Droogenbroeck //Sensors. — 2018, — № 18, — P. 2801.
- [5] **Teyeb, I.** Vigilance measurement system through analysis of visual and emotional driver's signs using wavelet networks / I. Teyeb, O. Jemai, M. Zaied, C. Amar // In Proceedings of the International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA). Marrakech, Morocco. 14–16 December 2015. — P. 140–147.
- [6] **Bergasa, L.** Real-time system for monitoring driver vigilance / L. Bergasa, J. Nuevo, M. Sotelo, R. Barea, M. Lopez // IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. — 2006. — № 7, — P. 63–77.
- [7] **Guestrin, E. D.** General theory of remote gaze estimation using the pupil center and corneal reflections / E. D. Guestrin, E. Eizenman // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. — 2006. — Vol. 53, Is. 6. — P. 1124–1133.

# Methods for assessing the psychophysiological state of an aircraft pilot

*G. A. Platoshin, I. B. Mishchenko, V. V. Kosyanchuk, E. Y. Zybin*

Federal Autonomous Institution "State Research Institute of Aviation Systems", Moscow, Russia

The assessment of the psychophysiological state of the pilot is one of the main directions of modern research on operational virtual assistants. At this stage, a system of psychophysiological assessment of the pilot's state is being developed, which is necessary to determine the current state and make a decision on the pilot's ability to continue flying the aircraft. To carry out the procedure for monitoring psychophysiological parameters, in particular heart rate, a biometric pilot bracelet is being developed, which includes optical sensors for photoplethysmography. And also a system is being developed to determine the pilot's condition by the camera (oculomotor reactions, VR glasses) on board the aircraft.

*Keywords:* Photoplethysmography, Psychophysiological state, Aviation, Camera, Operational virtual assistant.