

ИНЖЕНЕРНАЯ ПСИХОЛОГИЯ И ЭРГОНОМИКА

УДК 159.9

ГРНТИ 15.81.31

ЧЕЛОВЕКООРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА И СКОРОСТИ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ (НА ПРИМЕРЕ БПЛА)¹

© 2023 г. А.Н. Занковский*, А.С. Баканов**

** Доктор психологических наук, заведующий лабораторией психологии труда,
эргономики, инженерной и организационной психологии;
Институт психологии РАН, г. Москва
e-mail: azankovsky@gmail.com*

*** Доктор технических наук, ведущий научный сотрудник;
Институт психологии РАН; г. Москва
e-mail: arsb2000@pochta.ru*

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) широко используются во всех сферах деятельности. Среди всех типов беспилотных летательных аппаратов, можно выделить два, наиболее широко используемых: мультироторного типа и самолетного типа (или летающее крыло). БПЛА оснащенные несколькими несущими винтами, широко и эффективно используются в различных областях, таких как аэрофотосъемка, сельское хозяйство, доставка, борьба со стихийными бедствиями, а также в кинематографии. Однако с наряду с ростом использования БПЛА, растет число

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант № 19-29-06091 мк

несчастных случаев, связанных с ошибками в управлении БПЛА. Это обуславливает актуальность разработки интуитивно понятных, эргономичных средств управления, которые операторы могли бы легко и безопасно использовать для управления беспилотными летательными аппаратами, в целях снижения риска несчастных случаев. В статье перечислены основные факторы, которые затрудняют управление беспилотными летательными аппаратами. Поскольку оператор физически отделен от БПЛА, необходимо осуществлять управление используя только визуальную информацию без возможности получения информации от вестибулярных, тактильных и слуховых сенсоров. Использование человекоориентированного подхода позволит учитывая особенности оператора и характер его трудовой деятельности, повысить качество трудовой деятельности посредством улучшения технических и эргономических свойств системы «оператор – БПЛА». В статье рассмотрены задачи, связанные с деятельностью человека в системе «оператор – БПЛА», а также особенности проявления «человеческого фактора» в процессе трудовой деятельности. Взаимодействие человека-оператора с техническими системами (и конкретно с БПЛА) рассматривается как совокупность процессов информационного взаимодействия человека и технической системы.

Ключевые слова: трудовая деятельность оператора БПЛА, качество и скорость обучения, тактильное кодирование.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широко и эффективно используются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), как самолетного, так и мультироторного типа, оснащенные несколькими несущими винтами. БПЛА могут использоваться в различных областях и сферах деятельности, таких как кино- и фотосъемка, сельское хозяйство, доставка и логистика, борьба со стихийными бедствиями, а также в путешествиях и экспедициях (Shin et al., 2014). Однако с широким использованием этих устройств растет и число несчастных случаев, связанных с БПЛА. Известно, что уровень аварийности и вероятность материального ущерба и травм от беспилотных летательных аппаратов примерно в десять, а в ряде случаев и 100 раз выше, соответственно, чем для классических воздушных судов (Weibel & Hansman, 2006). Наиболее частой причиной аварий беспилотных летательных аппаратов являются ошибки, допущенные в управлении БПЛА операторами (Williams, 2004; Hing & Oh, 2009). В литературе приводятся

сведения о нескольких случаях гибели самих операторов или серьезных травм других людей из-за их ошибок (Cho et al., 2016). Поэтому высокую актуальность приобретает разработка эргономичных и интуитивно понятных средств управления, таких которые операторы могли бы легко и безопасно использовать для управления беспилотными летательными аппаратами, сводя к минимуму риск несчастных случаев (Hing & Oh, 2009; Cho et al., 2016).

ФАКТОРЫ ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА УПРАВЛЕНИЕ БПЛА

Существует три основных фактора, которые обуславливают появление ошибок и затрудняют управление беспилотными летательными аппаратами. Первый: операторам БПЛА трудно сохранять ситуационную осведомленность из-за ограниченной доступности сенсорной информации. Поскольку оператор физически отделен от БПЛА, ему необходимо им управлять, используя только визуальную информацию. Возможность получения информации с помощью вестибулярных, тактильных и слуховых ощущений при этом отсутствует (McCarley & Wickens, 2005; Lam et al., 2007, Hing et al., 2009). Т.Лам вместе с сотрудниками (Lam et al., 2007) показали, что поддержка сенсорной информации через тактильный интерфейс увеличивает рабочую нагрузку и активность при выполнении задач, по сравнению с тем, когда полагаешься исключительно на визуальную информацию. Однако это позволяет снизить частоту столкновений и обеспечивает надежность выполнения маневров БПЛА. Кроме того, интегрированная вестибулярная обратная связь вкупе с визуальной обратной связью, показывающей степень поворота БПЛА значительно повышает ситуационную осведомленность оператора.

Во-вторых, трудности с управлением возникают из-за несоответствий между точками обзора БПЛА и оператора. Оператор БПЛА обычно имеет доступ к одной из двух точек обзора: вид от третьего лица (TPV), при котором оператор управляет БПЛА, визуально наблюдая за ним с земли. Другой - вид от первого лица (FPV), в

котором операторам БПЛА управляет так, как будто находится в кабине БПЛА. FRV соответствует концепции эгоцентрического обзора или внутреннего пилотирования, в то время как TRV - соответствует концепции аллоцентрического обзора или внешнего пилотирования (Brewer & Pears, 1993; Soechting et al., 1996). При манипулировании БПЛА с помощью FRV-системы сложность заключается в том, что восприятие ситуации беспилотными летательными аппаратами может быть недостаточным или неточным из-за ограниченной видимости, медленной реакции управления и обратной связи, а также из-за отсутствия сенсорной информации (Williams, 2006; Hing & Oh, 2009).

Оператор пытается управлять БПЛА, предполагая, что направление его движений вперед и направление движения вперед БПЛА идентичны. Однако, когда БПЛА вращается в режиме TRV, это вовсе не так, т.е. интуитивное направление манипуляций оператором и фактическое движение БПЛА отличаются. Это называется проблемой несоосности системы отсчета между средствами управления БПЛА и его маневрами (Williams, 2006). В этом случае оператор должен управлять БПЛА, сознательно обдумывая его перемещения (Cho et al., 2016). Так, если оператор хочет, чтобы БПЛА двигался вперед, он должен переместить джойстик вправо. Известно, что такая манипуляция ментальным вращением является когнитивно сложной и снижает надежность действий оператора БПЛА (Arthur & Hancock, 2001; Gugerty & Brooks, 2004; McCarley & Wickens, 2005; Williams, 2006). В частности, чем больше угол требуемого мысленного поворота, тем ниже эффективность работы оператора БПЛА (Aretz & Wickens, 1992; Gugerty & Brooks, 2004). Проблема несоосности системы отсчета может быть решена с помощью автоматизации управления БПЛА, позволяющей соблюдать соосность действий оператора и БПЛА (Williams, 2006).

В-третьих, из-за отсутствия интуитивности трудно управлять контроллером с джойстиком, который является наиболее распространенным типом контроллера БПЛА, показанным на рисунке 2. Беспилотные летательные аппараты мультироторного типа

движутся с помощью пропеллера, и ориентация регулируется вращением по трем осям. Контроллер с джойстиком использует левый джойстик для управления рысканием и дроссельной заслонкой для вращения и перемещения вверх и вниз, в то время как правая ручка управляет тангажем и креном для перемещения БПЛА вперед, назад, влево или вправо. Однако, как уже упоминалось выше, управление БПЛА осуществляется с помощью джойстика, который интуитивно непонятен и требует значительного времени на подготовку эффективных операторов БПЛА (Higuchi & Rekimoto, 2013). Это связано с тем, что для управления БПЛА требуется трехмерное перемещение, в отличие от двумерного перемещения, характерного для других устройств, управляемых джойстиком, таких как автомобили с дистанционным управлением и модели кораблей. Обучение является когнитивно сложной задачей, поскольку трудно отобразить двумерное управление джойстиком для трехмерного движения БПЛА в пространстве. Одновременное управление более чем тремя осями при сохранении высоты полета беспилотных летательных аппаратов представляет собой сложную задачу, которая требует серьезной подготовки и продолжительного обучения. Таким образом, высокую актуальность приобретает задача усовершенствования пульта управления (контроллера) БПЛА, чтобы осуществлять интуитивное управление, и в настоящее время проводится ряд соответствующих исследований (Vincenzi et al., 2015).

ФУНКЦИОНАЛ И СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА БПЛА

Использование человекоориентированного подхода позволит, учитывая особенности оператора и характер его трудовой деятельности, повысить качество трудовой деятельности посредством улучшения технических и эргономических свойств системы «оператор-БПЛА». Рассмотрим задачи, связанные с деятельностью человека в системе «оператор-БПЛА», и в особенности проявление «человеческого фактора» в процессе трудовой деятельности.

Учет проявления «человеческого фактора» необходим в целях придания технической системе требуемых эргономических свойств и согласования её функций с возможностями и характеристиками человека-оператора.

Взаимодействие человека-оператора с техническими системами (и конкретно с БПЛА) можно рассматривать как совокупность процессов информационного взаимодействия человека и технической системы.

Можно перечислить основные задачи, которые необходимо решить в процессе исследования информационного взаимодействия в системе «человек-БПЛА»:

1. Анализ функций оператора в процессе трудовой деятельности по управлению БПЛА, изучение структуры деятельности оператора;
2. Исследование процессов приема и переработки информации, процессов принятия решений и осуществления управляющего воздействия;
3. Изучение влияния ПВК и психологических свойств человека-оператора на эффективность трудовой деятельности;

Рассмотрим структурную схему взаимодействия оператора с БПЛА (рис. 1)

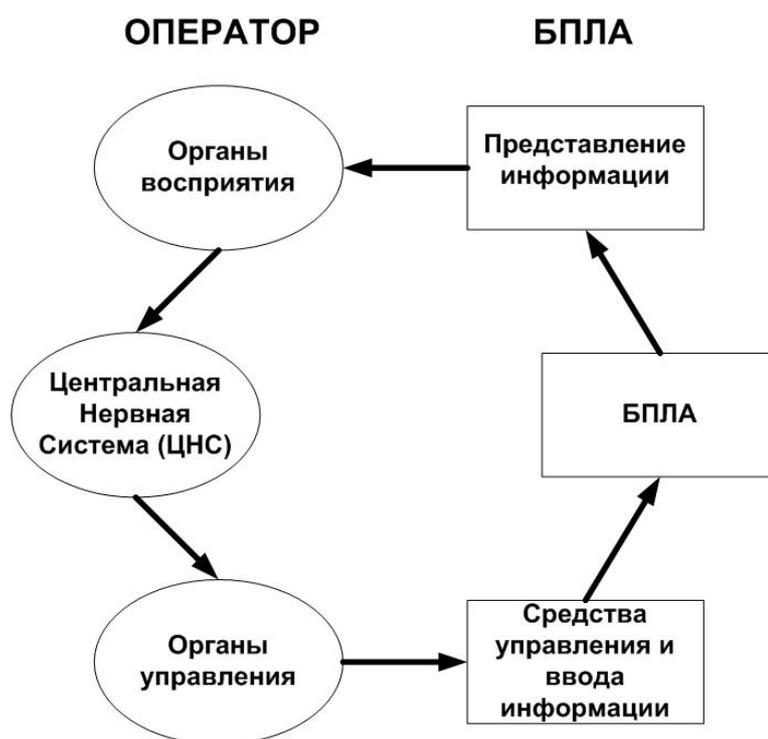


Рис. 1. Структурная схема взаимодействия оператора с БПЛА

Информация от БПЛА (посредством устройства отображения информации передается оператору). При этом необходимо учитывать, что оператор воспринимает не информацию, а некоторое «представление информации», которое в силу ряда свойств как оператора, так и технической системы не обязательно адекватно передаваемой информации.

В результате восприятия «представления информации», у оператора формируется оперативная концептуальная модель (Ошанин, 1977). Под концептуальной моделью пользователя будем понимать «представление пользователя о задачах, объектах, процессах и состояниях системы, сформированные как на основе сведений, полученных пользователем с помощью средств отображения информации, так и на основе интерпретации исходной информации» (Ошанин, 1977).

На основе «представленной информации», пользователь принимает решение по управлению БПЛА, осуществляет управление и контроль своих действий.

Управление БПЛА роторного типа осуществляется посредством пульта управления (рис. 2).



Рис. 2. Пульт управления БПЛА

На рисунке 2 цифрами обозначены: 1) общие обороты двигателя (левый стик вверх-вниз); 2) поворот БПЛА вокруг оси (рысканье); 3) наклон (тангаж) БПЛА вперед и назад; 4) крен БПЛА влево и вправо (качение или крен).

В рамках НИР по гранту РФФИ № 19-29-06091 мк в ИП РАН проводились исследования профессиональной деятельности оператора, ПВК оператора и изучение их взаимосвязи с качеством и безошибочностью трудовой деятельности. В результате исследований было выявлено, что многие операторы в начале обучения допускают ошибки в процессе взаимодействия с БПЛА, путают органы управления БПЛА. Поэтому было принято решение использовать тактильное кодирование органов управления (стиков) БПЛА. Тактильное кодирование было реализовано с учетом свойств оператора (антропоцентрический подход) в целях повышения качества и скорости обучения операторов.

Как известно в 1943 году лейтенантом армии США Альфонсом Чапанисом (Charanis, 1983) было предложено использовать кодировку органов управления самолетом: к рукоятке управления шасси прикрепить «колесико», а к рукоятке управления закрылками треугольник, чтобы исключить вероятность их ошибочного использования (Charanis, 1970).

В результате проведенных исследований были разработаны и протестированы несколько вариантов тактильной кодировки органов управления. В итоге было решено использовать как объемную, так и плоскостную тактильную кодировку органов управления, в целях исключения возможности их ошибочного использования (см. рис. 3 и рис. 4).

В процессе проведенных исследований был проведен опрос экспертов. Экспертам были предложены несколько вариантов тактильной кодировки, различающихся по размеру, форме и цвету. На основе результатов опроса были определены и реализованы приспособления для тактильной кодировки с соответствующими формой, цветом и физическими размерами. Всеми экспертами было отмечено, что использование

тактильной кодировки значительно сокращает время обучения операторов БПЛА, а также снижает вероятность ошибочного использования органов управления БПЛА.



Рис. 3. Левый стик управления с тактильной кодировкой.



Рис. 4. Правый стик управления с тактильной кодировкой.

ВЫВОДЫ

Использование тактильной кодировки органов управления повышает скорость обучения, обеспечивает легкость и интуитивность управления, способствует снижению количества ошибочных действий в процессе выполнения профессиональной деятельности оператором БПЛА. Вместе с тем, ввиду высокой востребованности, необходимо осуществлять разработку и других типов интуитивно простых и понятных способов управления БПЛА. Среди наиболее перспективных способов управления БПЛА можно выделить следующие: управление БПЛА с использованием жестов, управление БПЛА с помощью голосовых команд и управление БПЛА посредством взгляда оператора (Hansen et al., 2014; Yu et al., 2014; Fayjie et al., 2017; Menshchikov et al., 2019). Отдельного упоминания заслуживают разработки нейроинтерфейса и использование сигналов мозга для управления БПЛА ((Jeong et al., 2020; Chen et al., 2020).

ЛИТЕРАТУРА

- Баканов А.С., Волчков Д.В., Баканова Н.Б.* Разработка сервисов поддержки принятия управленческих решений с использованием данных систем организационного управления // Информационные технологии и вычислительные системы. 2020. № 3. С. 101-107. DOI: 10.14357/207186322003010
- Баканова Н.Б., Атанасова Т.В.* Организация режимов поддержки функционирования ИС на основе анализа обращений пользователей // «Электросвязь». 2021. № 1. С. 60–63. DOI:10.34832/ELSV.2021.14.1.007
- Журавлев А.Л., Костригин А.А.* Теоретические проблемы инженерной психологии в трудах Б.Ф. Ломова // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. 2022. Т. 7. № 1. С. 180-216. DOI: 10.38098/ipran.opwr_2022_22_1_009
- Ошанин Д.А.* Концепция оперативности отражения в инженерной и общей психологии // Инженерная психология. Теория, методология, практическое применение / Отв. ред. Б.Ф. Ломов, В.Ф. Рубахин, В.Ф. Венда. М.: Наука. 1977. С. 134-149.
- Петровский А.Б.* Теория принятия решений. М.: Издательский центр «Академия», 2009.

- Aretz A.J., Wickens C.D.* The mental rotation of map displays // Human performance. 1992. 5(4). 303-328. DOI: 10.1207/s15327043hup0504_3
- Arthur E.J., Hancock P.A.* Navigation training in virtual environments // International Journal of Cognitive Ergonomics. 2001. 5(4). 387-400. DOI: 10.1207/S15327566IJCE0504_2
- Chapanis A.* A Relevance of Psychological and Psychological Criteria to Man-Machine Systems: the Present State of the Art // «Ergonomics», 1970. vol. 13. N 3. DOI: 10.1080/00140137008931150
- Chapanis A.* Engineering Psychology // The Handbook of Industrial and Organizational Psychology/ M.D. Dunnette (Ed.). New York, Wiley: 1983. 697-744.
- Chen C., Zhou P., Belkacem A. N., Lu L., Xu R., Wang X., Tan W., Qiao Z., Li P., Gao Q., Shin D.* Quadcopter robot control based on hybrid brain-computer interface system // Sensors and Materials. 2020. 32(3). 991-1004. DOI: 10.18494/SAM.2020.2517
- Cho K., Cho M., Jeon J.* Fly a drone safely: Evaluation of an embodied egocentric drone controller interface // Interacting with computers. 2017. 29(3). 345-354. DOI: 10.1093/iwc/iww027
- Fayjie A.R., Ramezani A., Oualid D., Lee D.J.* Voice enabled smart drone control // 2017 Ninth International Conference on Ubiquitous and Future Networks. 2017. 119-121. DOI:10.1109/ICUFN.2017.7993759
- Gugerty L., Brooks J.* Reference-frame misalignment and cardinal direction judgments: group differences and strategies // Journal of experimental psychology: Applied. 2004. 10(2). 75. DOI: 10.1037/1076-898X.10.2.75
- Hansen J.P., Alapetite A., MacKenzie I.S., Møllenbach E.* The use of gaze to control drones // Proceedings of the symposium on eye tracking research and applications. 2014. 27-34. DOI:10.1145/2578153.2578156
- Higuchi K., Rekimoto J.* Flying head: a head motion synchronization mechanism for unmanned aerial vehicle control // CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. 2013. 2029-2038. DOI:10.1145/2468356.2468721
- Hing J.T., Oh P.Y.* Development of an unmanned aerial vehicle piloting system with integrated motion cueing for training and pilot evaluation // Journal of Intelligent and Robotic Systems. 2009. 54(1). 3-19. DOI: 10.1007/978-1-4020-9137-7_2
- Jeong J.H., Lee D.H., Ahn H.J., Lee S.W.* Towards brain-computer interfaces for drone swarm control // 2020 8th International Winter Conference on Brain-Computer Interface. 2020. 1-4.

- Lam T.M., Mulder M., Van Paassen M.M.* Haptic interface for UAV collision avoidance // The International Journal of Aviation Psychology. 2007. 17(2). 167-195. DOI:10.1080/10508410701328649
- McCarley J.S., Wickens C.D.* Human factors implications of UAVs in the national airspace // University of Illinois Institute of Aviation Technical Report (AHFD-05-5/FAA-05-1), Savoy, IL. Aviation Human Factors Division. 2005.
- Menshchikov A., Ermilov D., Dranitsky I., Kupchenko L., Panov M., Fedorov M., Somov A.* Data-driven body-machine interface for drone intuitive control through voice and gestures // IECON 2019-45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. 2019. 5602-5609. DOI: 10.1109/IECON.2019.8926635
- Shin P.S., Kim S.K., Kim J.M.* Intuitive Controller based on G-Sensor for Flying Drone // Journal of Digital Convergence. 2014. 12(1). 319-324. DOI:10.14400/JDPM.2014.12.1.319
- Soechting J.F., Tong D.C., Flanders M.* Frames of reference in sensorimotor integration: Position sense of the arm and hand // Hand and brain. Academic Press. 1996. pp. 151-168.
- Vincenzi D.A., Terwilliger B.A., Ison D.C.* Unmanned aerial system (UAS) humanmachine interfaces: new paradigms in command and control // Procedia Manufacturing. 2015. 3. 920-927. DOI:10.1016/j.promfg.2015.07.139
- Weibel R.E., Hansman R.J.* Safety considerations for operation of unmanned aerial vehicles in the national airspace system // MIT International Center for Air Transportation Report, No. ICAT 2005-01. 2006. Cambridge, MA. URL: <http://hdl.handle.net/1721.1/34912> (дата доступа 19.03.2023).
- Williams K.W.* A summary of unmanned aircraft accident/incident data: Human factors implications // Federal Aviation Administration Oklahoma City OK Civil Aeromedical Inst. 2004.
- Williams K.W.* Human Factors Implications of Unmanned Aircraft Accidents: Flight-Control Problems // Emerald Group Publishing Limited. 2006. 112 Archives of Design Research 2022. 02. vol 35. N 1.
- Yu M., Lin Y., Schmidt D., Wang X., & Wang Y.* Human-robot interaction based on gaze gestures for the drone teleoperation // Journal of Eye Movement Research. 2014. 7(4). 1-14. DOI:10.16910/jemr.7.4.4

Статья поступила в редакцию: 20.03.2023. Статья опубликована: 11.04.2023.

HUMAN-ORIENTED APPROACH TO INCREASING THE QUALITY AND SPEED OF TRAINING SPECIALISTS IN CONTROL OF COMPLEX TECHNICAL OBJECTS (BY THE EXAMPLE OF UAV)

© 2023 Anatolii N. Zankovskii*, Arsenii S. Bakanov **

** Doctor of Psychology, Head of Work. Ingeneering and Organizational Psychology
Dept; Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, Moscow
e-mail: azankovsky@gmail.com*

*** Doctor of Psychology, leading researcher,
Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, Moscow,
E-mail: arsb2000@pochta.ru*

Currently, unmanned aerial vehicles (UAVs) are widely used in all fields of activity. Among all types of unmanned aerial vehicles, two of the most widely used can be distinguished: multi-rotor type and aircraft type (or flying wing). UAVs equipped with multiple rotors are widely and effectively used in various fields such as aerial photography, agriculture, shipping, disaster management, and cinematography. However, along with the increase in the use of UAVs, the number of accidents associated with errors in the management of UAVs is growing. This necessitates the development of intuitive, ergonomic controls that operators can easily and safely use to control unmanned aerial vehicles in order to reduce the risk of accidents. The article lists the main factors that make it difficult to control unmanned aerial vehicles. Since the operator is physically separated from the UAV, it is necessary to control using only visual information without the possibility of obtaining information from vestibular, tactile and auditory sensors. The use of a human-oriented approach will allow, taking into account the characteristics of the operator and the nature of his work activity, to improve the quality of work activity by improving the technical and ergonomic properties of the "operator-UAV" system. The article deals with the tasks associated with human activity in the "operator-UAV" system, and the features of the manifestation of the "human factor" in the process of labor activity. The interaction of a human operator with technical systems (and specifically with UAVs) is considered as a set of processes of information interaction between a person and a technical system.

Key words: work activity of the UAV operator, quality and speed of training, tactile coding.

REFERENCES

- Bakanov, A.S., Volchkov, D.V., & Bakanova, N.B. (2020). Razrabotka servisov podderzhki prinyatiya upravlencheskikh resheniy s ispol'zovaniyem dannykh sistem organizatsionnogo upravleniya [Development of management decision support services using data from organizational management systems]. *Informatsionnyye tekhnologii i vychislitel'nyye sistemy [Information technologies and computing systems]*. 3. 101-107. (in Russian). DOI: 10.14357/207186322003010
- Bakanova, N.B., & Atanasova, T.V. (2021). Organizatsiya rezhimov podderzhki funktsionirovaniya IS na osnove analiza obrashcheniy pol'zovateley [Organization of support modes for the functioning of the IS based on the analysis of user requests]. *Electrosvyaz [Telecommunications]*. 1. 60–63. (in Russian). DOI:10.34832/ELSV.2021.14.1.007
- Zhuravlev, A.L., & Kostrigin, A.A. (2022). Teoreticheskiye problemy inzhenernoy psikhologii v trudakh B.F. Lomova [Theoretical problems of engineering psychology in the works of B.F. Lomov]. *Institut psikhologii Rossijskoj akademii nauk. Organizatsionnaya psikhologiya i psikhologiya truda. [Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. Organizational psychology and psychology of work]*. 7(1). 180-216. (in Russian). DOI: 10.38098/ipran.opwp_2022_22_1_009
- Oshanin, D.A. (1977). Kontseptsiya operativnosti otrazheniya v inzhenernoy i obshchey psikhologii [The concept of efficiency of reflection in engineering and general psychology]. In B.F. Lomov, V.F. Rubahin, V.F. Venda (Eds.) *Inzhenernaya psikhologiya. Teoriya, metodologiya, prakticheskoye primeneniye [Engineering psychology. Theory, methodology, practical application]*. (pp. 134-149). Moscow. Publishing Center "Nauka. (in Russian).
- Petrovsky, A.B. (2009). *Teoriya prinyatiya resheniy [Theory of decision making]* Moscow. Publishing Center "Academy". (in Russian).
- Aretz, A.J., & Wickens, C.D. (1992). The mental rotation of map displays. *Human performance*. 5(4). 303-328. DOI: 10.1207/s15327043hup0504_3
- Arthur, E.J., & Hancock, P.A. (2001). Navigation training in virtual environments. *International Journal of Cognitive Ergonomics*. 5(4). 387-400. DOI: 10.1207/S15327566IJCE0504_2
- Chapanis, A.A. (1970). Relevance of Psychological and Psychological Criteria to Man-Machine Systems: the Present State of the Art. «Ergonomics». Vol. 13. N 3. DOI: 10.1080/00140137008931150
- Chapanis, A. (1983). Engineering Psychology. In: M.D. Dunnette (Ed.) *Handbook of Industrial and Organizational Psychology*. (pp. 697-744). New York, Wiley.
- Chen, C., Zhou, P., Belkacem, A. N., Lu, L., Xu, R., Wang, X., Tan, W., Qiao, Z., Li, P., Gao, Q., & Shin, D. (2020). Quadcopter robot control based on hybrid brain-computer interface system. *Sensors and Materials*. 32(3). 991-1004. DOI: 10.18494/SAM.2020.2517

- Cho, K., Cho, M., & Jeon, J. (2017). Fly a drone safely: Evaluation of an embodied egocentric drone controller interface. *Interacting with computers*, 29(3), 345-354. DOI: 10.1093/iwc/iww027
- Fayjie, A.R., Ramezani, A., Oualid, D., & Lee, D.J. (2017). Voice enabled smart drone control. 2017 Ninth International Conference on Ubiquitous and Future Networks. 119-121. DOI:10.1109/ICUFN.2017.7993759
- Gugerty, L., & Brooks, J. (2004). Reference-frame misalignment and cardinal direction judgments: group differences and strategies. *Journal of experimental psychology: Applied*, 10(2), 75. DOI: 10.1037/1076-898X.10.2.75
- Hansen, J.P., Alapetite, A., MacKenzie, I.S., & Møllenbach, E. (2014). The use of gaze to control drones. *Proceedings of the symposium on eye tracking research and applications*. 27-34. DOI:10.1145/2578153.2578156
- Higuchi, K., & Rekimoto, J. (2013). Flying head: a head motion synchronization mechanism for unmanned aerial vehicle control. *CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 2029-2038. DOI:10.1145/2468356.2468721
- Hing, J.T., & Oh, P.Y. (2009). Development of an unmanned aerial vehicle piloting system with integrated motion cueing for training and pilot evaluation. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*. 54(1). 3-19. DOI: 10.1007/978-1-4020-9137-7_2
- Jeong, J.H., Lee, D.H., Ahn, H.J., & Lee, S.W. (2020). Towards brain-computer interfaces for drone swarm control. 2020 8th International Winter Conference on Brain-Computer Interface, 1-4.
- Lam, T.M., Mulder, M., & Van Paassen, M.M. (2007). Haptic interface for UAV collision avoidance. *The International Journal of Aviation Psychology*. 17(2). 167-195. DOI:10.1080/10508410701328649
- McCarley, J.S., & Wickens, C.D. (2005). Human factors implications of UAVs in the national airspace. University of Illinois Institute of Aviation Technical Report (AHFD-05-5/FAA-05-1), Savoy, IL. Aviation Human Factors Division.
- Menshchikov, A., Ermilov, D., Dranitsky, I., Kupchenko, L., Panov, M., Fedorov, M., & Somov, A. (2019). Data-driven body-machine interface for drone intuitive control through voice and gestures. *IECON 2019-45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. 5602-5609. DOI: 10.1109/IECON.2019.8926635
- Shin, P.S., Kim, S.K., & Kim, J.M. (2014). Intuitive Controller based on G-Sensor for Flying Drone. *Journal of Digital Convergence*. 12(1). 319-324. DOI:10.14400/JDPM.2014.12.1.319
- Soechting, J.F., Tong, D.C., & Flanders, M. (1996). Frames of reference in sensorimotor integration: Position sense of the arm and hand. In *Hand and brain* (pp. 151-168). Academic Press.

- Vincenzi, D.A., Terwilliger, B.A., & Ison, D.C. (2015). Unmanned aerial system (UAS) humanmachine interfaces: new paradigms in command and control. *Procedia Manufacturing*. 3. 920-927. DOI:10.1016/j.promfg.2015.07.139
- Weibel, R.E., & Hansman, R.J. (2006). Safety considerations for operation of unmanned aerial vehicles in the national airspace system. MIT International Center for Air Transportation Report, No. ICAT 2005-01, Cambridge, MA. URL: <http://hdl.handle.net/1721.1/34912> (Access 19.03.2023).
- Williams, K.W. (2004). A summary of unmanned aircraft accident/incident data: Human factors implications. Federal Aviation Administration Oklahoma City OK Civil Aeromedical Inst.
- Williams, K.W. (2006). Human Factors Implications of Unmanned Aircraft Accidents: Flight-Control Problems. Emerald Group Publishing Limited. 112 Archives of Design Research 2022. 02. vol 35. no 1
- Yu, M., Lin, Y., Schmidt, D., Wang, X., & Wang, Y. (2014). Human-robot interaction based on gaze gestures for the drone teleoperation. *Journal of Eye Movement Research*. 7(4). 1-14. DOI:10.16910/jemr.7.4.4

The article was received: 20.03.2023. Published online: 11.04.2023

Библиографическая ссылка на статью:

Занковский А.Н., Баканов А.С. Человекоориентированный подход к повышению качества и скорости обучения специалистов управления сложными техническими объектами (на примере БПЛА) // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. 2023. Т. 8. № 1. С. 180 -195. DOI: 10.38098/ipran.opwp_2023_26_1_008

Zankovskii, A.N., Bakanov, A.S. (2023). Chelovekoorientirovannyj podhod k povysheniju kachestva i skorosti obuchenija specialistov upravlenija slozhnymi tehniceskimi objektami (na primere BPLA) [Human-oriented approach to increasing the quality and speed of training specialists in control of complex technical objects (by the example of UAV)]. *Institut Psikhologii Rossiyskoy Akademii Nauk. Organizatsionnaya Psikhologiya i Psikhologiya Truda [Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. Organizational Psychology and Psychology of Labor]*. 8(1). 180 -195. (in Russian). DOI: 10.38098/ipran.opwp_2023_26_1_008

Адрес статьи: <http://work-org-psychology.ru/engine/documents/document880.pdf>