

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗРИТЕЛЬНОГО ВНИМАНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПИЛОТОВ-КУРСАНТОВ К ЛЁТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда», 105275, г. Москва, Россия

Рост авиационных катастроф за последние годы связан с ошибками экипажа самолёта вследствие возрастания объёмов информации, поступающей от бортовых систем, которая должна быть правильно считана и обработана. Главная причина данных ошибок кроется в неправильном распределении зрительного внимания при пилотировании по приборам, несмотря на то что требования профессиональной подготовки выполнены и авиационное оборудование исправно. Статья посвящена изучению модели распределения и переключения зрительного внимания пилотов-курсантов в процессе обучения на тренажёре с высокотехнологичной электронной системой симуляции летной деятельности. Проведён анализ окулomotorной активности (моргания, фиксации и саккады) с помощью современной системы регистрации движений глаз в виде ай-трекера SMI ETG в форме очков; сенсомоторных реакций (вариационная кардиоинтервалометрия, простая зрительно-моторная реакция, реакция на движущийся объект, статическая треметрия) и физиологических показателей (систолического и диастолического артериального давления и частоты сердечных сокращений). Проанализированы: количество циклов и среднее время фиксации взгляда на основных параметрах приборной панели. Выявлено влияние характеристик полёта и наличия опыта пилотирования на исследуемые показатели. Опыт полётов увеличивает количество циклов переключения внимания и сложность их структуры. Более опытные курсанты уделяют меньше внимания авиагоризонту, поэтому успевают считывать значимые параметры полёта, такие как курс, высота и скорость, что приводит к повышению качества пилотирования. Установлено, что умение правильно распределять и переключать внимание позволит снизить развитие утомления в процессе пилотирования по приборам и тем самым избежать возможной аварийной ситуации.

Ключевые слова: зрительное внимание; ай-трекинг; лётная деятельность; утомление.

Для цитирования: Меркулова А.Г., Калинина С.А. Распределение зрительного внимания при подготовке пилотов-курсантов к лётной деятельности. Гигиена и санитария. 2017; 96(8): 752-755. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-752-755>

Для корреспонденции: Меркулова Анастасия Геннадьевна, мл. науч. сотр. лаб. физиологии труда и профилактической эргономики ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда». E-mail: efiria@mail.ru

Merkulova A.G., Kalinina S.A.

THE DISTRIBUTION OF THE VISUAL ATTENTION IN THE TRAINING OF STUDENT-PILOTS FOR THE FLIGHT ACTIVITY

Research Institute of occupational health, Moscow, 105275, Russian Federation

The gain in the aviation disasters in recent years is associated with errors of the crew due to the increasing amount of information coming from onboard systems which must be read and processed correctly. The main reason for these errors is the inappropriate distribution of the visual attention when piloting the instrument, despite the fact that training requirements are executed and aviation equipment is operated. The article is devoted to the study of the student-pilots' patterns of the distribution and switching of visual attention in the training vehicle with high-tech electronic system simulation of flight activity. Oculomotor activity (blinks, fixations and saccades) was analyzed by means of a modern system of registration of eye movements by eye-tracker SMI ETG in the form of glasses, sensorimotor reactions (variational cardiointervalometry, simple oculomotor reaction, reaction to a moving object and static tremometry) and physiological parameters (systolic and diastolic blood pressure and heart rate). The number of cycles of sight fixation, the average time of sight fixation on the main parameters of the dashboard were analyzed. The effect of flight characteristics and experience of piloting on the studied characteristics is identified. The experience of flying increases the number of attention switching cycles and the complexity of their structure. The more experienced students pay less attention to the attitude indicator, so they have time to read important flight parameters such as flight course, flight elevation and airspeed, which leads to the improvement of the quality of piloting. The capability to distribute and shift attention was established to reduce the development of fatigue in the process of instrument flying, and thus avoid a possible accident situation.

Key words: visual attention; eye-tracking; flight work; fatigue.

For citation: Merkulova A.G., Kalinina S.A. The distribution of the visual attention in the training of student-pilots for the flight activity. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(8): 752-755. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-8-752-755>

For correspondence: Anastasia G. Merkulova, MD, junior researcher of the laboratory of physiology of labor and preventative ergonomics FSBSI «Research Institute of occupational health, Moscow, 105275, Russian Federation. E-mail: efiria@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 27.10.16

Accepted: 16.01.17

Введение

Авиационная гигиена представляет собой один из наиболее молодых специальных разделов гигиены, имеющих самостоятельную область исследования, возникшую с развитием во-

енной и гражданской авиации. Важная задача данной науки – изучение условий труда лётного состава авиации и разработка профилактических мероприятий по смягчению или устранению действия неблагоприятных факторов, связанных с деятельностью авиации в мирное и военное время.

С внедрением новой техники и технологий значительно снизилось неблагоприятное воздействие многих производственных факторов на состояние здоровья лётчиков. Широкий комплекс технологических, санитарно-технических и лечебно-профилактических мероприятий способствовал снижению уровня и изменению структуры профессиональных заболеваний. Но в то же время при интенсификации и ускоренном развитии летательных аппаратов первостепенное значение приобретают психофизиологические факторы, обусловленные широким внедрением компьютерной техники [1].

В последние годы стремительно растёт число авиакатастроф, связанных с ошибочной деятельностью лётного экипажа, возникающей из-за неправильного распределения и переключения зрительного внимания при пилотировании по приборам [2, 3]. Из-за постоянного усложнения конструкции летательных аппаратов и их бортовых систем непрерывно возрастают объёмы информации, которую должны воспринимать и обрабатывать члены лётных экипажей.

Вследствие этого возникла проблема оптимизации потоков информации в кабине экипажа, которую должна решить разработка принципиально новой системы индикации в кабине воздушного судна (ВС).

Пилоту необходимо оптимально распределять своё внимание с целью восприятия показаний основных пилотажно-навигационных приборов и контроля работы функциональных систем. При управлении ВС пилоты используют мысленную концептуальную модель полёта, которая состоит из 3 компонентов: образа пространственного положения, чувства самолёта и восприятия приборного отображения [4]. Действия пилотов направлены на уменьшение различий между концептуальной моделью полёта, существующей в их сознании, и информационной моделью реального полёта в соответствии с восприятием параметров на приборной панели. Эффективный визуальный анализ приборов возможен только при правильном распределении и переключении зрительного внимания, который состоит из последовательных циклов – саккадических движений глаз от одного объекта фиксации до другого. Образ приборной модели регулирует моторный компонент действий, обеспечивая реализацию двигательной программы.

Способ построения мысленной модели полёта и распределения внимания формируется во время обучения в авиационном вузе и лётной практики. Поэтому на сегодняшний день актуальна проблема разработки методики эффективной первоначальной лётной подготовки с учётом особенностей электронных средств отображения информации.

Цель проведённого исследования заключалась в изучении особенностей распределения зрительного внимания пилотов-курсантов в процессе первоначального лётного обучения.

Материал и методы

Исследование проводилось в Ульяновском институте гражданской авиации им. главного маршала авиации Б.П. Бугаева по схеме межгруппового эксперимента, где фактором разделения на группы были: условия проведения полёта и наличие опыта пилотирования. Сбор данных проводился в 2 моделируемых условиях: выполнение полёта с посадкой на тренажёре DA-40NG до полной остановки без стрессовых факторов и с введением горизонтального и вертикального сдвига ветра. Тренажёр DA-40NG представляет собой «стеклянную кабину» с высокотехнологичными электронными системами управления и контроля, полностью имитирующую рабочее место пилота. Применение такой системы симуляции сохраняет дорогостоящую летательную технику и главное – жизни пилотов [5].

В эксперименте участвовали 2 группы пилотов-курсантов 4-го курса, по 15 человек в возрасте 20–22 лет: 1) курсанты, не выполнявшие полёты на реальном самолёте и тренажёре, но прошедшие полный теоретический курс наземной подготовки к полётам на данном типе ВС; 2) курсанты, имеющие налёт от 50 до 100 ч на самолёте DA-40NG, а также от 10 до 20 ч занятий на тренажёре этого типа.

Для исследования распределения зрительного внимания пилота в эксперименте использовалась технология ай-трекинга

– метода регистрации и оценки движений глаз и реакции зрачка. Основная задача ай-трекинг-комплекса – регистрация и передача в режиме реального времени данных об оculoмоторной активности человека, которая определяется текущей задачей. В нашем исследовании наибольший интерес представляли такие движения глаз, как фиксации и саккады. Фиксации – это медленный и плавный дрейф глаза в небольшой зоне, во время которого происходит приём зрительной информации. Саккада – резкий и точный скачок глаза с высокой скоростью, при котором резко изменяется позиция глаза и положение фиксации. Изучение оculoмоторной активности позволяет выявить особенности распределения и переключения зрительного внимания во время взаимодействия пилота с бортовым оборудованием [6].

Регистрация велась бинокулярно с автоматической компенсацией параллакса с помощью ай-трекера SMI ETG в форме очков. Частота регистрации составляла 30 Гц, разрешение – $0,1^\circ$, погрешность – $0,5^\circ$.

С помощью выделения областей интереса (Areas of interest) в программе обработки видеозаписи с ай-трекера BeGaze 3.4.27 были проанализированы: количество циклов фиксации взгляда, среднее время фиксации взгляда на основных параметрах приборной панели. Учитывались следующие показатели оculoмоторной активности: общее число морганий; число морганий в секунду; общая, средняя, максимальная и минимальная длительность морганий; общее число фиксаций, число фиксаций в секунду; общая, средняя, максимальная и минимальная длительность фиксаций; общее число саккад, число саккад в секунду; общая, средняя, максимальная и минимальная длительность саккад.

Кроме того, были выявлены параметры полёта, позволяющие оценить качество пилотирования: величина углов крена и тангажа в момент касания самолётом взлётно-посадочной полосы (ВПП); количество выходов за эксплуатационные ограничения по курсу и по высоте при выдерживании глиссады, полученные с помощью программного обеспечения тренажёра DA-40NG.

До и после полётов велась оценка психофизиологического состояния испытуемых с помощью устройства УПФТ-1/30-«Психофизиолог».

Были использованы следующие методики: вариационная кардиоинтервалометрия (ВКМ) для оценки функционального состояния вегетативной нервной системы испытуемого по параметрам ритма его сердечной деятельности, а также для оценки общего функционального состояния человека. Выделяют несколько уровней функционального состояния в зависимости от математического ожидания и среднеквадратичного отклонения RR-интервалов сердечного ритма: оптимальное, близкое к оптимальному, допустимое, предельно допустимое, негативное и критическое; простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР) для оценки уровня активации центральной нервной системы, которая даёт оценку уровня быстродействия испытуемого и стабильности реакции; реакция на движущийся объект (РДО) для оценки способности человека адекватно воспринимать изменения пространственно-временных событий и их регуляцию, а также для выявления уравновешенности нервной системы по степени баланса процессов возбуждения и торможения; статическая треметрия для определения точности воспроизведения движений, их пространственных характеристик в статике, для диагностики функционального состояния человека. Выделяются несколько уровней координации движений для левой и правой рук: низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий.

Также производились замеры артериального давления (АД) и пульса (ЧСС).

Статистическая обработка данных проводилась в программе IBM SPSS Statistics 20 с помощью параметрического метода *t*-критерия Стьюдента для зависимых и независимых выборок.

Результаты и обсуждение

Результаты проведённого анализа показали различия между исследуемыми группами, что подтвердилось данными статистического анализа по непараметрическому критерию Манна-Уитни для независимых выборок. Выявлено, что существуют

Показатели окулomotorной активности при полёте без возмущений, имеющие статистически значимые различия в группах курсантов ($x \pm \sigma$)

Показатель	Летавшие курсанты	Нелетавшие курсанты
Число фиксации	644,8 ± 40,4	458,2 ± 54,8
Число фиксации в секунду	2,4 ± 0,1	1,7 ± 0,2
Средняя длительность фиксации, с	0,21 ± 0,05	0,51 ± 0,08
Длительность фиксации, с	184,2 ± 7	215,2 ± 6,1

значимые различия в общем количестве фиксации, в количестве фиксации в секунду, длительности фиксации, средней длительности фиксации во время полёта без возмущений между группами курсантов с налётом и без налёта (табл. 1).

Общее количество фиксации было больше при полёте без возмущений у группы курсантов, имеющих налёт 644,8 ± 40,4 против 458,2 ± 54,8 у нелетавших ($p < 0,05$). Аналогичная ситуация наблюдалась и по количеству фиксации в секунду: 2,4 ± 0,1 и 1,7 ± 0,2 соответственно ($p < 0,05$). Однако общая длительность фиксации и их средняя длительность при таком же полёте была больше у курсантов без налёта: 215 224,6 ± 6094,4 мс и 184 165,8 ± 7003,5 мс ($p < 0,01$); 507,0 ± 83,3 мс и 290,9 ± 54,3 мс ($p < 0,05$). Это говорит о том, что летавшие курсанты успевают концентрироваться на большем количестве приборов, совершая большее количество фиксации в секунду, а нелетавшие тратят больше времени на визуальную фиксацию каждого прибора.

Существуют статистически значимые различия в общем количестве фиксации, количестве фиксации в секунду, длительности фиксации, средней, минимальной и максимальной длительности фиксации во время полёта с возмущениями между группами курсантов (табл. 2).

У летавших курсантов общее количество фиксации и количество фиксации в секунду больше, чем у нелетавших: 664,8 ± 45,1 и 458,6 ± 58,1; 2,5 ± 0,2 и 1,7 ± 0,2 соответственно ($p < 0,05$). Но у курсантов без налёта время общей длительности фиксации, также как средняя и максимальная длительность, больше, чем у летавших. Курсантам с налётом необходимо меньше время для фиксации взгляда, следовательно, они быстрее осознают и анализируют визуальную информацию и успевают посмотреть на большее количество приборов в целом. Выявлены статистически значимые различия в общем количестве морганий, количестве морганий в секунду, длительности морганий во время полёта с возмущениями между исследуемыми группами ($p < 0,05$).

Курсанты, имеющие налёт, делают большее количество морганий во время полёта с возмущениями 117,2 ± 25 против 34,2 ± 11,1, также они более длительны. Это говорит о том, что неопытные курсанты, не закрывают глаза из-за высокого эмоционального напряжения и боятся пропустить значимые показания приборов. Существуют статистически значимые различия в средней и минимальной длительности саккад во время полёта с возмущениями между группами курсантов ($p < 0,05$). У курсантов без налёта средняя и минимальная длительность саккад больше, чем у летавших, что объясняется плохим ориентированием на приборной панели. При внутригрупповом сравнении по фактору наличия возмущений выявлено, что стрессовая ситуация уменьшает количество и продолжительность морганий в группе без налёта с 65,5 ± 21,9 до 34,2 ± 11,1; с 19388,3 ± 6566,4 мс до 10885,5 ± 3625,7 мс соответственно. В группе летавших уменьшается только средняя длительность саккады с 74,1 ± 0,4 мс до 73,7 ± 0,4 мс.

Статистически значимые различия были выявлены по результатам ВКМ между группами по уровню функционального состояния после 2-го полёта ($p < 0,05$). Уровень функционального состояния после полёта со стрессовым фактором у нелетавших курсантов выше, что говорит об активизации симпатической нервной системы и стрессовом состоянии организма, неумении справляться с трудными ситуациями в полёте и собственным

Показатели окулomotorной активности при полёте с возмущениями, имеющие статистически значимые различия в группах курсантов ($x \pm \sigma$)

Показатель	Летавшие курсанты	Нелетавшие курсанты
Число фиксации	664,8 ± 45,1	458,6 ± 58,1
Число фиксации в секунду	2,5 ± 0,2	1,7 ± 0,2
Средняя длительность фиксации, с	0,28 ± 0,03	0,53 ± 0,08
Длительность фиксации, с	185,1 ± 8,6	222,1 ± 5,7
Количество морганий	117,2 ± 25	34,2 ± 11,1
Количество морганий в секунду	0,44 ± 0,09	0,14 ± 0,04
Продолжительность морганий, с	35,5 ± 7,7	10,8 ± 3,6
Min длительность фиксации, с	0,065 ± 0,0002	0,066 ± 0,0001
Max длительность фиксации, с	2,61 ± 0,34	5,28 ± 0,91

напряжением. Это подтверждают значимые различия в данной группе по уровню функционального состояния организма до и после полётов. Уровень функционального состояния после полётов выше, чем до: состояние стало в основном оптимальным, хотя изначально было негативным или допустимым. Это также говорит об активации организма и повышении концентрации, в то время как летавшая группа спокойно переносит появление изменения погодных условий.

По данным методики «Статическая треметрия», у нелетавших курсантов наблюдается средний уровень сенсомоторной координации движения, в отличие от имеющих опыт полётов с высоким уровнем координации ($p < 0,05$), что также свидетельствует об отсутствии тренированности и правильного распределения внимания. По результатам методик ПЗМР и РДО и данным измерения АД и ЧСС в ходе эксперимента, значимых различий выявлено не было.

Анализ выделенных областей интереса позволил сделать следующие выводы. Очевидна взаимосвязь между используемыми методами распределения зрительного внимания и качеством пилотирования. Курсанты, имеющие опыт полётов, в отличие от нелетавших курсантов, используют большее количество циклов переключения внимания, и сложность таких циклов тоже возрастает. Более опытные курсанты уделяют гораздо меньше внимания авиагоризонту, благодаря чему успевают считывать большее количество параметров полёта, таких как курс, высота и скорость. Всё это приводит к повышению качества пилотирования: в момент касания ВПП самолёт имеет более выгодное пространственное положение, в результате чего не требуется существенной корректировки траектории полёта перед приземлением. Качество пилотирования оценивалось также по количеству выходов за эксплуатационные ограничения. Курсанты с опытом полётов совершили не более одной ошибки по высоте.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости формирования правильной модели распределения и переключения внимания ещё на этапе обучения в авиационном училище. В процессе профессионального обучения и тренировки формируется динамический стереотип, который представляет собой наиболее рациональные и экономные движения при выполнении рабочих операций, дающие наибольшую производительность труда при наименьших функциональных затратах [7]. Выработка данного стереотипа лежит в основе приобретения профессиональных навыков, которые в значительной степени позволяют снижать затраты физической и нервно-психической энергии при выполнении производственных операций.

Повышенные затраты ресурсов организма приводят к развитию процессов торможения, что в свою очередь ведёт к развитию утомления, предупреждение которого является одной из первоочередных задач физиологии труда. Объективные критерии утомления – нарушения функций некоторых органов и систем организма, а также брак в работе. Утомление – защитная реакция организма в виде охранительного тормо-

жения на воздействие условий окружающей среды. Процесс торможения позволяет нервным клеткам не реагировать на поступающие импульсы, вследствие чего прекращается активная деятельность. Следовательно, в данном состоянии пилот может не отреагировать на критически важные сигналы с приборной панели, что может повлечь за собой аварийную ситуацию.

Необходимо, чтобы правильное распределение и переключение внимания стало профессиональным навыком и на уровне рефлекса автоматически срабатывало даже в стрессовой ситуации. Таким образом, данный навык позволит снизить процессы торможения в организме и, как следствие, развитие утомления.

Выводы

1. Применённый комплекс экспериментального оборудования позволяет решить задачу исследования распределения зрительного внимания пилота в процессе тренажёрной подготовки.

2. Установлено, что на окуломоторную активность и зрительное внимание пилота-курсанта влияют такие параметры, как наличие опыта пилотирования и полётные условия.

3. Выявлена взаимосвязь между используемым маршрутом распределения внимания и качеством пилотирования. С увеличением лёгкой практики курсант затрачивает на пилотирование только некоторую оптимальную долю того внимания, которым он располагает, а оставшуюся часть может использовать при усложнении обстановки.

4. Изучение процесса формирования метода распределения зрительного внимания на основе записей ай-трекера и анкетирования курсантов позволяет сделать вывод о необходимости разработки научно обоснованной методики первоначального обучения оптимальному распределению зрительного внимания для различных условий и режимов полёта.

5. Знание пилотом научно обоснованных и методически продуманных логических схем распределения и переключения зрительного внимания на приборы пилотирования и контроля, исходя из режима и условий полёта для конкретного ВС, позволит в любых условиях лёгкой эксплуатации сохранять его безопасное пространственное положение.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© БОГОМОЛОВ А.В., ДРАГАН С.П., 2017

УДК 613.644

Богомоллов А.В., Драган С.П.

МЕТОД АКУСТИЧЕСКОЙ КВАЛИМЕТРИИ СРЕДСТВ КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА

ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна», 123182, г. Москва, Россия

Результаты гигиенических исследований свидетельствуют о недостаточной эффективности эксплуатируемых средств коллективной защиты от шума, что приводит к снижению надёжности и к повышению заболеваемости персонала. Известные методы квалитметрии средств защиты от шума оказываются неприемлемыми для акустической квалитметрии средств коллективной защиты, поскольку не учитывают ряд информативных характеристик акустической безопасности. Исследование проведено в 2012–2015 гг. в рамках гигиенического мониторинга условий труда персонала 3 аэродромов, подвергающегося кумулятивному воздействию шума. В период исследования изучена гигиеническая обстановка на рабочих местах 134 работников, условия труда которых, по показателям акустической обстановки на рабочих местах, отнесены к вредным. Разработанный метод акустической квалитметрии средств коллективной защиты от шума предполагает синтез интегрального показателя (коэффициента акустической эффективности), представляющего собой свертку первичных показателей, определяемых изменению порогов слуха персонала до и после рабочей смены на октавных частотах 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц и величинам максимальных (зарегистрированных в течение рабочей смены) уровней звукового давления внутри средств коллективной защиты для октавных частот 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Применение разработанного метода весьма ценно для гигиенического мониторинга условий труда и аттестации рабочих мест персонала, поскольку позволяет не только оценить риски профессиональных и производственно обусловленных заболеваний и снижения профессиональной надёжности, но и выявить наличие конструктивных недостатков средств коллек-

Литература

1. Бодров В.А., Орлов В.Я. *Психология и надёжность: человек в системах управления техникой*. М.: Институт психологии РАН; 1998.
2. Ушаков И.Б., Кукушкин Ю.А., Богомоллов А.В. *Физиология труда и надёжность деятельности человека*. М.: Наука; 2008.
3. Кузнецов И.Б., Столяров Н.А. Теоретические основы формирования маршрутов распределения внимания при пилотировании по приборам. *Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации*. 2012; 1 (3): 29–34.
4. Гордеева Н.Д., Девিশвили В.М., Зинченко В.П. *Микроструктурный анализ исполнительской деятельности человека*. М.: ВНИИТЭ; 1975.
5. Тьявкин И.В., Тютюнник В.М. Аналитические и процедурные модели для информационной системы симуляции полета. *Фундаментальные исследования*. 2012; (6-2): 476–81.
6. Орлов П.А., Лаптев В.В., Иванов В.М. К вопросу о применении систем ай-трекинга. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление*. 2014; (5): 82–92.
7. Мельниченко П.И., ред. *Гигиена с основами экологии человека: Учебник*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2011.

References

1. Bodrov V.A., Orlov V.Ya. *Psychology and Reliability: The Man in Facilities Management Systems [Psikhologiya i nadezhnost': chelovek v sistemakh upravleniya tekhnikoy]*. Moscow: Institut psikhologii RAN; 1998. (in Russian)
2. Ushakov I.B., Kukushkin Yu.A., Bogomolov A.V. *The Physiology of Labour and the Reliability of Human Performance [Fiziologiya truda i nadezhnost' deyatel'nosti cheloveka]*. Moscow: Nauka; 2008. (in Russian)
3. Kuznetsov I.B., Stolyarov N.A. Theoretical bases of attention distribution routes forming during instrument flight. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta grazhdanskoj aviatsii*. 2012; 1(3): 29–34. (in Russian)
4. Gordeeva N.D., Devishvily V.M., Zinchenko V.P. *Microstructural Analysis of Executive Activity [Mikrostrukturnyy analiz ispolnitel'noy deyatel'nosti]*. Moscow: VNIITE; 1975. (in Russian)
5. Tyavkin I.V., Tyutyunnik V.M. Analytical and procedural model for information system flight simulation. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2012; (6-2): 476–81. (in Russian)
6. Orlov P.A., Laptev V.V., Ivanov V.M. Revisiting the issue of eye-tracking applying. *Nauchno-tekhnicheskie ведомости Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Informatika. Telekomunikatsii. Upravlenie*. 2014; (5): 82–92. (in Russian)
7. Mel'nichenko P.I., ed. *Hygiene with Human Environmental Fundamentals: a Textbook [Gigiena s osnovami ekologii cheloveka: Uchebnik]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2011. (in Russian)

Поступила 27.10.16
Принята к печати 16.01.17