

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЕТЧИКА ПРИ ВИЗУАЛЬНОМ ПОИСКЕ И ОБНАРУЖЕНИИ МАЛОРАЗМЕРНЫХ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ В СЛОЖНЫХ МЕТЕОУСЛОВИЯХ

**К.И. Засядько, С.К. Солдатов, А.В. Богомолов,
А.П. Вонаршенко, М.Н. Язлюк**

*Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил
Министерства обороны Российской Федерации, г. Щелково, Московская область, Россия*

Обоснование. Визуальный поиск и обнаружение летчиком малоразмерных наземных объектов в сложных метеорологических условиях является задачей, выполнение которой требует высокого психофизиологического напряжения. Вопросы влияния условий профессиональной деятельности на психофизиологическую цену решения летчиком задач воздушной разведки оставались неисследованными. **Материалы и методы.** Исследования по определению дальности обнаружения и опознавания наземного объекта при заходе на посадку проведены зимой, в светлое время суток: 42 летчика (средний возраст – $30,0 \pm 2,8$ года, стаж – от 7 до 14 лет) выполнили 192 исследовательских полета. Исследования зависимости субъективной оценки дальности до малоразмерных наземных объектов при различных значениях метеорологической дальности видимости и высоты полета проведены с участием 11 летчиков (средний возраст – $31,2 \pm 1,4$ года, стаж – от 10 до 14 лет), выполнивших 33 исследовательских полета, в процессе которых с помощью бортовой контрольно-записывающей аппаратуры регистрировали показатели нервно-эмоционального напряжения. **Результаты.** Поиск малоразмерных наземных объектов в сложных метеоусловиях сопровождается более высоким уровнем нервно-эмоционального напряжения летчика. Глазомерная оценка летчиком дальности до малоразмерных наземных объектов в условиях ограниченной максимальной дальности видимости (2,5–4,0 км) для высот 300–400 м характеризуется тем, что летчики переоценивают (субъективно превышают) дальность в среднем на 12 %, при хорошей видимости летчики недооценивают дальность. Более благоприятным для поиска малоразмерных наземных объектов является полет под облаками с выдерживанием понижения между нижней кромкой облачности и высотой полета около 50 м. С уменьшением этого «зазора» до 25 м и менее происходит возрастание «физиологической цены» такой деятельности (увеличение частоты пульса на 11,6 %; частоты дыхания – на 13,7 %). **Заключение.** Психофизиологические особенности летчика по обнаружению и опознаванию малоразмерных наземных объектов в сложных метеоусловиях зависят от максимальной дальности видимости. Полученные в результате исследований этой зависимости коэффициенты дальности обнаружения и опознавания позволяют при разведке с визуальным поиском наземных объектов в сложных метеоусловиях адекватно оценивать дальность обнаружения и опознавания. Загруженность летчика процессом пилотирования, а также уровень его нервно-эмоционального напряжения детерминируются максимальной дальностью видимости и величиной понижения между нижней кромкой облачности и заданной высотой полета.

Ключевые слова: психофизиологические особенности, профессиональная деятельность летчика, психофизиологическое состояние летчика, поиск малоразмерных наземных объектов, обнаружение малоразмерных наземных объектов, визуальный поиск объектов.

Введение

Одной из задач, решаемых летным составом государственной авиации, является воздушная разведка с визуальным поиском наземных объектов, которую существенно затрудняют низкая облачность и ограниченная види-

мость¹. Дальность визуальной видимости объекта воздушной разведки характеризуется ме-

¹ Афанасьев А.А. К вопросу определения посадочной дальности видимости // Труды Главной геофизической обсерватории. – 1982. – № 461. – С. 94–102.

теорологической дальностью видимости (МДВ), измеряемой с помощью приборов или визуально (Бочарников с соавт., 2003). Значения МДВ определяют максимальные возможности обнаружения и опознавания наземных объектов с размерами более 20 угловых минут.

Дальностью обнаружения малоразмерного наземного объекта (МРНО) считают максимальную дальность, с которой летчиком принимается решение об отнесении увиденного объекта к одному из ожидаемого множества объектов с заданной вероятностью. Дальностью опознавания МРНО считают минимальное расстояние, с которого летчиком принимается решение отнесения обнаруженного объекта к определенному классу, роду или виду объектов с заданной вероятностью (Травникова, 1985). Дальности обнаружения и опознавания МРНО зависят от многих составляющих: природных условий (место, время года, суток, расположения солнца), индивидуальных особенностей летчика, его загруженности процессом пилотирования² и других³.

Установлено, что при поиске МРНО летчик до 90 % времени уделяет решению этой задачи, а работа с приборами, находящимися в кабине воздушного судна, носит кратковременный дискретный характер (Воздушная разведка, 1975). Значения дальности обнаружения и опознавания типовых МРНО, полученные в схожих экспериментах разными авторами, существенно различаются. Так, при поиске в заданной полосе МРНО на скорости 700–1050 км/ч в простых метеоусловиях (ПМУ) на высоте 25–100 м дальности обнаружения по литературным данным составляют от 1,5 км до 6,1 км⁴ (Дорофеев, Нахмансон, 2007). Структура сбора зрительной информации летчиком характеризует его загруженность процессом пилотирования, позволяя

оценить значимость того или иного источника информации в управляющей деятельности, установить закономерности организации основного сенсорного компонента его деятельности, определить способ ведения пространственной ориентировки в зависимости от этапа и вида полета^{5,6,7} (Маслов, Есев, 2010; Методическое обеспечение ..., 2011; Технология анализа ..., 2013; Математическое обеспечение ..., 2014; Есев, Лагойко, 2015).

Анализ литературы позволяет утверждать, что психофизиологические особенности профессиональной деятельности летчика при поиске МРНО, дальности обнаружения и опознавания в ПМУ исследованы достаточно полно^{8,9} (Леушина, 1978; Нормеño-Holgadoab, Clemente-Suárezabc, 2019). Однако психофизиологические особенности профессиональной деятельности летчика при визуальном поиске и обнаружении МРНО в СМУ, с учетом фактических значений нижнего края облачности и пониженной МДВ, а также с учетом психофизиологических эффектов недооценки расстояний до удаленных предметов, особенно при определении вертикальных и наклонных дальностей в процессе перемещения, исследованы недостаточно полно. Имеются единичные данные о том, что при об-

⁵ Determining importance of physiological parameters and methods of their evaluation for classification of pilots psychophysiological condition / L. Hanakova, V. Socha, L. Socha et al. // International conference on military technologies (ICMT). Brno, 2017. P. 500–506. DOI: 10.1109/MILTECHS.2017.7988810.

⁶ Wusk G.C., Abercromby A.F., Gabler H.C. Psychophysiological monitoring of aerospace crew state // Adjunct Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on pervasive and ubiquitous computing and proceedings of the 2019 ACM International symposium on wearable computers. 2019. P. 404–407. DOI: 10.1145/3341162.3349309.

⁷ Taking Off: Towards Real Competence-Based Flight Pilot Training / Ch. Thomay, B. Gollan, A. Ferscha et al. // 17th International conference on emerging elearning technologies and applications (ICETA). Smokovec, 2019. P. 764–769. DOI: 10.1109/ICETA48886.2019.9040147.

⁸ Позднякова В.А. Практическая авиационная метеорология: пособие. Екатеринбург: Уральский УТЦ ГА, 2010. 117 с.

⁹ Pilot flying vs. pilot monitoring during the approach phase: an eye-tracking study / M. Reynal, Y. Colineaux, A. Vernay, F. Dehais // Proceedings of the International Conference on Human-Computer Interaction in Aerospace. 2016. № 7. P. 1–7. DOI: 10.1145/2950112.2964583.

² Балакин А.Н. Метеорологическое обеспечение: пособие. М.: Воениздат, 1991. 135 с.

³ Effect of the change of flight, navigation and motor data visualization on psychophysiological state of pilots / V. Socha, J. Schlenker, P. Kal'avksý et al. // 13th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMi), Herl'any, 2015, pp. 339–344. DOI: 10.1109/SAMI.2015.7061900.

⁴ Zaitseva A.A., Dubovitskiy M.A. Ergonomic of Instrument panel and sensors in the passenger aircraft cockpit and its impact on the human factor manifestation and flight safety // International youth conference on radio electronics, electrical and power engineering (REEPE). Moscow, 2020. P. 1–4. DOI: 10.1109/REEPE49198.2020.9059101.

лачности 0–3 балла дальность обнаружения увеличивается на 20 % по сравнению с таковой при облачности 8–10 баллов¹⁰ (Гусева, 1992; Дорофеев, 2007; Чаусов, Молчанов, 2019, A flight simulator ..., 2019).

Целью работы являлось исследование психофизиологических особенностей летчика по обнаружению и опознаванию МРНО в сложных метеорологических условиях.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования выполнены в Государственном центре подготовки авиационного персонала и войсковых испытаний Министерства обороны Российской Федерации. Для изучения зависимости дальности обнаружения и опознавания МРНО от МДВ определены условия, позволяющие вычленив в качестве только одной переменной величины МДВ. Этим условиям удовлетворяет деятельность летчика при заходе на посадку в ручном режиме, при этом все испытуемые находятся в одинаковых, практически стандартных условиях.

Для определения дальности обнаружения и опознавания МРНО использовали специально изготовленный тест-объект, представляющий собой сборно-разборный щит белого цвета размером 2×2 м. На щите закреплен черный круг диаметром 2 м с подвижным сектором белого цвета, ограниченным дугой окружности 60°, который может устанавливаться в одно из четырех фиксированных положений: влево, вправо, вверх, вниз (Леушина, 1978; Штриховой тест-объект ..., 2018; Молчанов, Чаусов, 2019а). Для минимизации вероятности угадывания летчиком сектор устанавливался в одно из фиксированных положений случайным образом – при распознавании объекта летчик указывал положение белого сектора.

Выбор размера щита обусловлен визуальными возможностями летчика и требованиями безопасности полетов. Так, при остроте зрения 1.0 круг диаметром 2 м может быть виден с расстояния около 5 км, т. е. на большом расстоянии до дальнего приводного радиомаяка. На этом этапе посадки у летчиков имеется резервное время для осуществления до-

полнительной задачи по обнаружению МРНО¹¹ (Анализ процесса ..., 2017; Пономаренко с соавт., 2018).

Исследования проводились зимой, в светлое время суток (с 12 до 17 часов), поэтому контраст черного круга на фоне белого снега примерно был равен контрасту белого сектора на фоне круга. Щит размещали в створе взлетно-посадочной полосы на расстоянии 100 м от ее торца под углом 90° к линии визирования летчика, находящегося в самолете, заходящем на посадку. Летчик выполнял заход на посадку, с дальности 8–10 км начинал поиск МРНО, в момент обнаружения и затем в момент определения положения сектора на фоне круга он докладывал диспетчеру, который фиксировал дальность обнаружения и дальность опознавания по индикатору посадочного радиолокатора с точностью ± 100 м.

Полетное задание предусматривало заход на посадку в ручном режиме. Исследования проводились при МДВ 2,5–10,0 км, определяемой визуальным методом (Леушина, 1978; Молчанов, Чаусов, 2019б). Скорость и высота полета на дальность обнаружения составляла 200–150 км/ч и 210–180 м; на дальность опознавания – 120–185 км/ч и 80–60 м соответственно. В эксперименте участвовали 42 летчика 1-го и 2-го класса (средний возраст 30,0 ± 2,8 года, стаж от 7 до 14 лет), выполнившие 192 исследовательских полета.

Для определения зависимости дальности обнаружения различных МРНО от МДВ и высоты полета летчик, выполняя полет под нижним краем облаков, осуществлял поиск МРНО в условиях стационарного хорошо знакомого аэродрома. В момент обнаружения и опознавания МРНО летчик нажимал кнопку «Отметка явления» (ОЯ). В момент пролета над МРНО летчик вторично нажимал ОЯ. По данным средств объективного контроля определялись скорость и высота полета в момент двойного нажатия ОЯ, что давало возможность определить дальность обнаружения и дальность опознавания МРНО в текущих метеоусловиях. Поскольку летчики осуществляли поиск МРНО в условиях стационарного хорошо знакомого аэродрома, дальность обнаружения принималась равной дальности

¹⁰ CyberAmbassadors: results from pilot testing a new professional skills curriculum / A. Briliyanti, J.W. Rojewski, K. Luchini-Colbry et al. // In Practice and Experience in Advanced Research Computing (PEARC '20). New York: Association for Computing Machinery. 2020. P. 379–385. DOI: 10.1145/3311790.3396619

¹¹ Pilots' Performance assessment: evidence based approach. 2019 International Conference on Military Technologies (ICMT) / V. Socha, L. Socha, R. Matyáš et al. Brno, 2019. P. 1–6. DOI: 10.1109/MILTECHS.2019.8870130.

Таблица 1
Table 1

Дальности обнаружения и опознавания МРНО в зависимости от МДВ ($M \pm m$, км)
Range of detection and identification of SSGO depending on maximum visibility ($M \pm m$, km)

Показатели Indicators	МДВ, км Maximum visibility, km			
	< 4	4–6	6–8	8–10
Количество полетов Number of flights	27	58	56	51
Дальность обнаружения, км Detection range, km	2440 ± 57	3140 ± 94	3930 ± 150	4520 ± 120
Дальность опознавания, км Identification range, km	1420 ± 57	1570 ± 40	1810 ± 46	1950 ± 83

Примечания: * – различия по сравнению с предыдущими значениями достоверны при $p < 0,01$; ** - то же при $p < 0,05$.

Notes: * – differences are significant at $p < 0.01$ compared to the previous values; ** – the same at $p < 0.05$.

опознавания. После полета летчик в донесении указывал реальную МДВ на аэродроме, а также дальность обнаружения МРНО (дальность в момент нажатия ОЯ), что позволило определить субъективную оценку дальности до МРНО для различных значений МДВ.

Методы

Исследования в полете проводились на специально оборудованном спортивном самолете Як-52¹² (Исследование возможностей ..., 2019). Установленная на борту контрольно-записывающая аппаратура позволяла регистрировать частоту сердечных сокращений (ЧСС), частоту дыхания (ЧД), отметки о включении и выключении видеоаппаратуры, нажатия ОЯ, отметку времени.

Изучение структуры сбора зрительной информации летчиком в СМУ проводилось путем видеорегистрации направления его взгляда с использованием программно-аппаратного комплекса SMI «iViewx», позволяющего записывать видеофайлы, размещенного в кабине самолета. Применяемый в исследованиях метод прямой видеосъемки направления взгляда летчика при смешанном пилотировании позволил определить направление фиксации его взгляда на отдельных приборах, а также при просмотре внекабинного пространства. Дешифрирование материалов видеосъемки проводили методом эталонных снимков (Леушина, 1978). Степень нервно-эмоционального напряжения летчика в процессе выполнения полетов оценивалась по величинам частоты

сердечных сокращений и частоты дыхания (Гузий с соавт., 2018; Психофизиологические профессионально ..., 2019).

В исследованиях приняли участие 11 летчиков 1-го класса (средний возраст $31,2 \pm 1,4$ года, стаж от 10 до 14 лет), выполнившие 33 исследовательских полета.

Статистическая обработка материалов исследований проводилась в пакете программ Statistica v. 10.0, определяли показатели описательной статистики (минимальное, максимальное и среднее (M) значения, стандартную ошибку (m), стандартное отклонение), принадлежность минимального и максимального значения к генеральной совокупности оценивали по критерию Граббса, гипотезы о равенстве средних значений показателей в сопоставляемых группах проверяли по непараметрическому критерию знаков.

Результаты

Результаты определения зависимости дальности обнаружения и опознавания МРНО от МДВ представлены в табл. 1.

При определении предполагаемой дальности обнаружения МРНО в реальных условиях в зависимости от МДВ использовались коэффициенты, представленные в табл. 2.

Результаты исследовательских полетов в условиях плохой видимости, выполненных для определения зависимости дальности обнаружения МРНО от МДВ на аэродроме и высоты полета, представлены в табл. 3, причем оценка коэффициента K рассчитывалась по формуле:

$$K = D_2/D_1,$$

где D_1 – дальность обнаружения (опознавания) при МДВ 8–10 км, D_2 – дальность обнаружения (опознавания) при фактической МДВ.

¹² Беляев В.В., Ильин В.Е. Российская современная авиация: справочник. М.: АСТ; Астрель, 2001. 320 с.

Таблица 2
Table 2

Коэффициенты для расчета влияния МДВ на дальность обнаружения и опознавания МРНО
Coefficients for the influence of maximum visibility on the detection and identification of SSGO

Коэффициент K , ед. K coefficient, unit	МДВ, км Maximum visibility, km			
	8–10	6–8	4–6	2–4
Для дальности обнаружения Detection range	1,0	0,87	0,69	0,54
Для дальности опознавания Identification range	1,0	0,92	0,81	0,73

Таблица 3
Table 3

Дальность обнаружения МРНО в зависимости от высоты полета и МДВ ($M \pm m$, км)
SSGO detection range depending on flight altitude and maximum visibility ($M \pm m$, km)

МДВ, км Maximum visibility, km	Высота полета, м Flight altitude, m		
	200	300	400
2,5–4	$1,9 \pm 0,09$	$2,52 \pm 0,11$ *	$2,71 \pm 0,13$ *
5–8	$4,22 \pm 0,04$	$4,31 \pm 0,13$	$4,7 \pm 0,09$ **

Примечание. * – различия достоверны при $p < 0,05$ по сравнению с высотой полета, равной 200 м;
** – различия достоверны при $p < 0,05$ по сравнению с высотой полета, равной 300 м.
Note. * – differences are significant at $p < 0.05$ compared to 200 m flight altitude; ** – differences are significant at $p < 0.05$ compared to 300 m flight altitude.

Результаты экспериментальных исследований изменения глазомерной неинструментальной оценки дальности до МРНО в условиях дефицита времени в СМУ для различных МДВ (летчики при обнаружении МРНО нажимали ОЯ и субъективно оценивали дальность до МРНО), сопоставленные с соответствующими объективно зарегистрированными оценками, представлены в табл. 4.

Результаты исследования структуры сбора зрительной информации летчиков при поиске МРНО в зависимости от метеоусловий выполнения задания представлены в табл. 5. Там же для сопоставления приведены аналогичные показатели для полета по маршруту в аналогичных условиях.

Результаты исследования эффекта понижения высоты полета относительно нижней кромки облачности как фактора, детерминирующего загрузку процессом пилотирования на этапе поиска МРНО, с изменениями величин частоты сердечных сокращений и частоты дыхания (как показателей нервно-эмоционального напряжения) в зависимости от величины понижения относительно нижней кромки облачности представлены в табл. 6.

Обсуждение

Как следует из данных, приведенных в табл. 1, в реальных условиях дальность обнаружения и дальность опознавания МРНО за-

Таблица 4
Table 4

Глазомерная оценка дальности обнаружения МРНО в зависимости от высоты полета и МДВ ($M \pm m$, км)
Eye estimate of SSGO detection range depending on flight altitude and maximum visibility ($M \pm m$, km)

МДВ, км Maximum visibility, km	Высота полета, м Flight altitude, m		
	200	300	400
2,5–4	$1,84 \pm 0,11$	$3,12 \pm 0,14$ *	$3,23 \pm 0,16$ *
5–8	$2,77 \pm 0,08$	$3,03 \pm 0,09$ *	$3,5 \pm 0,11$ *

Примечание. * – различия достоверны при $p < 0,05$ по сравнению с высотой полета, равной 200 м.
Note. * – differences are significant at $p < 0.05$ compared to 200 m flight altitude.

Удельное время зрительного контроля приборов кабины и внекабинных ориентиров на этапе поиска МРНО в зависимости от метеоусловий выполнения задания на высоте 300 м (%)
Specific time of visual control inside and outside the cabin when searching for SSGO, depending on weather conditions at 300 m (%)

Условия полета Flight conditions		Полет по маршруту в простых метеоусловиях (ПМУ) Flight in simple weather conditions (SWC)	Полет по маршруту под облаками (ППМ) Flight under the clouds (UC)	Поиск объекта Object search		
				ПМУ, МДВ = 6–8 км SWC, maximum visibility = 6–8 km	МДВ = 3–4 км $\Delta H = 50$ м Maximum visibility = 3–4 km $\Delta H = 50$ m	ППМ, $\Delta H = 25$ м UC, $\Delta H = 25$ m
Вне кабины Outside the cabin		81,4	32,1	85,3	79,6	52,7
Приборы в кабине Inside the cabin		18,6	67,9	14,7	20,4	47,3
Вне кабины Outside the cabin	Влево To the left	21,7	10	0,7	1,6	
	Прямо Straight	53,2	19	83,1	76,3	52,7
	Вправо To the right	6,5	2,1	1,5	1,7	
Приборы в кабине Inside the cabin	Указатель скорости Speed indicator	3,5	25,1	2,8	4,9	11,9
	Высотомер Altimeter	8	23,9	4,3	5,2	14,3
	Командно-пилотажный прибор Flight director system	2,2	8,7	3,5	3,5	6,2
	Плановый навигационный прибор Horizontal situation indicator	1,1	0,5	0,9	2,7	6,6
	Вариометр Variometer	2,4	5,7	1,7	1,4	6,4
	Тахометр Tachometer	0,8	2	0,6	0,8	0,8
	Прочие Other	0,6	2	0,9	1,9	1,1

Примечание: ΔH – высота принижения относительно нижней кромки облачности.
Note: ΔH – is the distance to the lower edge of cloud cover.

висят от значения МДВ, однако не достигают ее максимальных или близких к ним значений, хотя угловые размеры МРНО таковы, что если бы МДВ не оказывала влияния на дальность обнаружения и дальность опознавания,

то можно было бы предположить, что МРНО летчики обнаруживали бы на предельных границах видимости.

Анализ вероятности обнаружения МРНО от МДВ показал, что вероятность обнаруже-

Таблица 6
Table 6

Зависимость напряжения физиологических реакций летчика от выдерживания принижения относительно нижней кромки облачности
The dependence of physiological reactions on maintaining a distance to the lower edge of cloud cover

Средние значения показателя Average values of the indicator	Условия выполнения задания Task conditions		
	ПМУ $H = 300$ м МДВ = 8–10 км SWC $H = 300$ м Maximum visibility = 8–10 км	СМУ МДВ = 2–4 км $H = 200$ –300 м $\Delta H \geq 50$ м DWC Maximum visibility = 2–4 км $H = 200$ –300 м $\Delta H \geq 50$ м	СМУ МДВ = 2–4 км $H = 300$ м $\Delta H \leq 50$ м DWC Maximum visibility = 2–4 км $H = 300$ м $\Delta H \leq 50$ м
ЧСС, уд/мин Heart rate, bpm	92	101,1	107,5
ЧД, раз/мин Respiratory rate, times/min	19	24	26

Примечание: H – высота полета, ΔH – высота принижения относительно нижней кромки облачности.
Note: H – flight altitude, ΔH – a distance to the lower edge of cloud cover.

ния МРНО на предельных границах МДВ равна нулю, а вероятность обнаружения 0,5 соответствует дальности до МРНО, равной примерно половине МДВ.

Зависимость вероятности опознавания МРНО от МДВ показала, что вероятность опознавания также зависит от МДВ, но с ее ухудшением уменьшается в меньшей степени.

Анализ полученных данных показал, что отношение дальности опознавания к дальности обнаружения МРНО возрастает, и если при МДВ 8–10 км оно составляет 43 %, то при МДВ 4 км – уже 58 %. Это указывает на то, что разность между дальностью обнаружения и дальностью опознавания МРНО с ухудшением МДВ уменьшается как в относительных, так и абсолютных величинах. Как уже указывалось, в литературе встречаются в основном данные о дальности обнаружения и опознавания МРНО летчиком одноместного самолета в ПМУ в условиях МДВ 8–10 км.

Используя коэффициенты, приведенные в табл. 2, априорно рассчитывали предполагаемые дальности обнаружения и опознавания МРНО в СМУ, исходя из данных, полученных в ранее проведенных исследованиях в ПМУ (в условиях МДВ 8–10 км). Так, если известно, что МРНО на стационарном аэродроме летчик одноместного самолета обнаруживает с 2600 м и опознает с 2000 м (Гусева, 1992), то при МДВ 4–6 км летчик этот же МРНО при прочих

равных условиях обнаружит с 1794 м, а опознает с 1620 м.

Из данных, приведенных в табл. 3, следует, что МДВ существенно влияет на дальности обнаружения МРНО в условиях стационарного аэродрома. При этом важное значение имеет и высота полета, которая определяется нижним горизонтом облачности в СМУ. Так, при плохой горизонтальной видимости (2,5–4,0 км) дальность обнаружения МРНО с высоты 300 м достоверно больше, чем с высоты 200 м, но дальнейшее увеличение высоты полета к возрастанию дальности обнаружения не приводит. Это происходит, по-видимому, из-за того, что летчик вынужден выполнять полет непосредственно под нижним краем облаков и больше внимания уделяет процессу пилотирования по приборам. В более благоприятных условиях при МДВ 5,0–8,0 км, практически нет различий в дальности обнаружения МРНО с высоты 200 и 300 м, а дальность обнаружения МРНО с высоты 400 м оказывается максимальной. Среди различных критериев оценок качества визуального поиска МРНО одним из основных является вероятность их обнаружения.

Обобщенные данные вероятного обнаружения МРНО в условиях стационарного аэродрома с первого захода (вероятность обнаружения МРНО в первом заходе в зависимости от МДВ) показали, что вероятность обнару-

жения МРНО на стационарном аэродроме также зависит от МДВ и при дальности видимости более 8,0 км она приближается к 1,0.

При сопоставлении данных, приведенных в табл. 4, с данными, полученными при объективной регистрации (см. табл. 3), следует, что при хорошей видимости (5,0–8,0 км) летчики недооценивают дальность до МРНО, что согласуется с данными литературы, согласно которым человеку свойственно недооценивать дальность до отдаленных объектов (Молчанов, 2017).

Однако в условиях пониженной (менее 4,0 км) МДВ, особенно для высот 300–400 м, летчики при субъективной оценке дальности до МРНО ее завышают. Этот факт весьма важен для обеспечения безопасности при полетах в СМУ (Пономаренко с соавт., 2018; Анализ профессионально ..., 2020).

Представленные в табл. 5 данные дают основание заключить, что и после перехода на визуальный полет летчик активно продолжает использовать показания приборов, уделяя им в зависимости от условий от 20,4 до 47,3 % времени полета на поиск МРНО в СМУ. Эти данные свидетельствуют о том, что летчик не переходит полностью на ориентировку по визуальным ориентирам, да и сам переход с опосредованной на естественную ориентировку – протяженный во времени процесс, а не одномоментный акт, продолжительность которого можно было бы четко ограничить. Необходимо отметить, что значимость каждого из приборов контроля остается практически той же, что на предыдущем этапе. Если частый контроль скорости, высоты, вертикальной скорости можно объяснить особенностями устойчивости и управляемости самолета, то высокая обращаемость к командно-пилотажному прибору и плановому навигационному прибору объясняется отсутствием видимости естественного горизонта при МДВ 2,5–6,0 км, что и вынуждает летчика пользоваться инструментальной информацией о параметрах крена, тангажа, курса и в визуальном полете (Есев, Лагойко, 2015).

Можно полагать, что внекабинные фиксации взгляда летчика при поиске МРНО в СМУ осуществляются в основном для решения этой высокомотивированной задачи¹³.

¹³ Пономаренко В.А. Теоретические и экспериментальные данные о профилактике безопасности полета: пособие. М.: Когнито Центр, 2014. 104 с.

Следует обратить особое внимание на тот факт, что загруженность летчика процессом пилотирования при поиске МРНО в СМУ очень высока по сравнению с выполнением этой задачи в ПМУ при МДВ 6–8 км, и она зависит от величины «зазора» между нижним краем облачности и заданной высотой полета.

Можно заключить, что выполнение полета по маршруту на малой высоте под облаками характеризуется тем, что лишь треть времени полета летчик обращается к внекабинным ориентирам, а почти 70 % времени полета он занят контролем режима полета по приборам. Наличие высокомотивированной задачи – поиска и обнаружения МРНО – вынуждает летчика перераспределить свое внимание при полете под нижним краем облаков с применением 25 м, лишь на 20 % больше времени уделяется просмотру внекабинного пространства. В то же время длительность одного обращения летчика к приборам, находящимся в кабине, в этих же условиях находилась практически в одинаковых пределах.

Полученные результаты дают основание полагать, что летчик может создать себе резерв времени для поиска МРНО путем снижения ниже высоты нижнего края облачности на 25–50 м за счет увеличения дискретности обращения к приборам кабины, осуществляя пилотирование самолета и ведение пространственной ориентировки с использованием наземной неинструментальной информации. Такой характер распределения внимания летчика, по-видимому, сказывается и на качестве решения задачи поиска и обнаружения МРНО. Следовательно, помимо прочих факторов, это является одной из причин, снижающих дальность обнаружения МРНО в СМУ.

Как следует из данных табл. 6, в целом поиск МРНО в СМУ сопровождается более высоким уровнем нервно-эмоционального напряжения летчика по сравнению с ПМУ, и в то же время более благоприятным для поиска МРНО является полет под облаками с выдерживанием принижения между нижней кромкой облачности и высотой полета около 50 м. С уменьшением этого «зазора» до 25 м и менее происходит возрастание «физиологической цены» такой деятельности.

Полученные результаты исследования психофизиологических возможностей летчика по обнаружению и опознаванию МРНО в СМУ соответствуют цели исследования,

имеют общий характер независимо от вида и рода авиации.

Заключение

Психофизиологические возможности летчика по обнаружению и опознаванию МРНО в СМУ зависят от МДВ. Полученные в результате исследований этой зависимости коэффициенты дальности обнаружения и опознавания МРНО в СМУ по отношению к ПМУ позволяют оценить дальность обнаружения и опознавания МРНО при поиске в СМУ.

Глазомерная оценка дальности до МРНО летчиком на самолете Як-18 в условиях ограниченной МДВ (2,5–4,0 км) для высот 300–400 м характеризуется тем, что летчики переоценивают (субъективно превышают) дальность до МРНО в среднем на 12 %.

При поиске МРНО в СМУ под облаками в условиях ограниченной видимости на самолете Як-52 летчик значительную долю времени (от 20,3 до 47,3 %) вынужден уделять контролю пилотажно-навигационных приборов, находящихся в кабине самолета. Загруженность летчика процессом пилотирования, а также уровень его нервно-эмоционального напряжения при этом детерминируются МДВ и величиной принижения между нижней кромкой облачности и заданной высотой полета. Наиболее благоприятные условия для поиска МРНО создаются при величине этого принижения около 50 м.

Дополнительная информация

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации, грант № НШ-2553.2020.8. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Литература

1. Анализ профессионально важных качеств летчиков-инструкторов и возможностей их развития / К.И. Засядько, А.П. Вонаришенко, С.К. Солдатов и др. // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 2020. – Т. 54, № 1. – С. 52–56. DOI: 10.21687/0233-528X-2020-54-1-52-56.

2. Анализ процесса дешифрирования изображений штриховых мир видимого диапазона при проведении испытаний аэрофотосистем дистанционного зондирования Земли /

А.С. Молчанов, Е.В. Чаусов, В.Г. Баснин, Д.В. Абрамов // *Евразийское научное объединение*. – 2017. – Т. 1, № 12 (34). – С. 54–57.

3. Бочарников, Н.В. Метеорологическое оборудование аэродромов и его эксплуатация / Н.В. Бочарников, Г.Б. Брылев, С.О. Гусев. – СПб.: Гидрометеиздат, 2003. – 292 с.

4. Воздушная разведка визуальным наблюдением. – М.: МО СССР, 1975. – 140 с.

5. Гузий, А.Г. Компьютерная технология прогностического оценивания функциональной надежности пилота / А.Г. Гузий, Ю.А. Кукушкин, А.М. Лушкин // *Программные системы и вычислительные методы*. – 2018. – № 2. – С. 84–93. DOI: 10.7256/2454-0714.2018.2.22425

6. Гусева, Н.Н. Некоторые результаты экспериментальной оценки высоты визуального контакта с глассадой снижения при низкой облачности и туманах / Н.Н. Гусева // *Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации*. – 1992. – № 321. – С. 61–63.

7. Дорофеев, В.В. Наклонная дальность видимости / В.В. Дорофеев, Г.С. Нахмансон. – Воронеж: Воронежский ВВАИУ, 2007. – 209 с.

8. Есев, А.А. Методика автоматизированной обработки изображений в авиационных системах визуального мониторинга внекабинной обстановки / А.А. Есев, О.С. Лагойко // *Программные системы и вычислительные методы*. – 2015. – № 1. – С. 79–88. DOI: 10.7256/2305-6061.2015.1.14304

9. Исследование возможностей развития специальных физических качеств летчиков-инструкторов путем тренировки статической выносливости / А.П. Вонаришенко, К.И. Засядько, С.К. Солдатов и др. // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 2019. – Т. 53, № 3. – С. 108–112. DOI: 10.21687/0233-528X-2019-53-3-108-112

10. Леушина, Л.И. Зрительное пространственное восприятие / Л.И. Леушина; ред. В.Д. Глезер. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1978. – 175 с.

11. Маслов, С.В. Методика расчета максимальной дальности обнаружения целей летным составом, использующим очки ночного видения / С.В. Маслов, А.А. Есев // *Проблемы безопасности полетов*. – 2010. – № 7. – С. 36–41.

12. Математическое обеспечение оценивания траектории наземной цели в автоматизированной визирной системе лета-

тельных аппаратов / С.А. Айвазян, А.А. Львов, А.А. Есев, А.В. Ткачук // *Двойные технологии*. – 2014. – № 3 (68). – С. 64–66.

13. Методическое обеспечение определения максимальной дальности обнаружения объектов при выполнении поисково-спасательных работ с применением вертолетов, оборудованных очками ночного видения / А.А. Есев, С.А. Базаров, А.В. Русскин, Т.А. Солдатов // *Научные и образовательные проблемы гражданской защиты*. – 2011. – № 4. – С. 45–51.

14. Молчанов, А.С. Структура процесса дешифрирования изображений иконических систем технического зрения при проведении испытаний / А.С. Молчанов, Е.В. Чаусов // *Информация и космос*. – 2019а. – № 2. – С. 113–116.

15. Молчанов, А.С. Методика оценивания линейного разрешения авиационных цифровых оптико-электронных систем в процессе летных испытаний / А.С. Молчанов, Е.В. Чаусов // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2019б. – № 2. – С. 140–150.

16. Молчанов, А.С. Теория построения иконических систем воздушной разведки / А.С. Молчанов. – Волгоград, Панорама, 2017. – 224 с.

17. Пономаренко, В.А. Психофизиологические компоненты профессиональной надежности пилота / В.А. Пономаренко, М.С. Алексеев, А.А. Долгов // *Проблемы безопасности полетов*. – 2018. – № 6. – С. 3–18.

18. Психофизиологические профессионально важные качества летчиков-инструкторов и возможности их развития / С.К. Солдатов, К.И. Засядько, А.В. Богомолов и др. //

Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2019. – Т. 53, № 1. – С. 86–91. DOI: 10.21687/0233-528X-2019-53-1-86-91.

19. Технология анализа управляющих движений оператора эргатической системы / Ю.А. Кукушкин, С.А. Айвазян, А.С. Кузьмин и др. // *Безопасность в техносфере*. – 2013. – Т. 2, № 2. – С. 21–26.

20. Травникова, Н.П. Эффективность визуального поиска / Н.П. Травникова – М.: Машиностроение, 1985. – 130 с.

21. Чаусов, Е.В. Математическая модель атмосферы как звена процесса формирования изображений иконических оптико-электронных систем воздушной разведки / Е.В. Чаусов, А.С. Молчанов // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2019. – № 2. – С. 203–209.

22. Штриховой тест-объект оценки в натурных экспериментах пространственно-частотного и энергетического разрешений цифровых инфракрасных систем получения видовой информации / Ю.Г. Веселов, А.А. Данилин, Ю.С. Мельник, Н.И. Сельвесюк // *Радиостроение*. – 2018. – № 1. – С. 1–8. DOI: 10.24108/rdeng.0118.0000132.

23. A flight simulator study of an energy control system for manual flight / K. Schreiter, S. Müller, R. Luckner et al. // *In IEEE Transactions on Human-Machine Systems*. – 2019. – Vol. 49. – № 6. – P. 672–683. DOI: 10.1109/THMS.2019.2938138.

24. Hormeño-Holgadoab, A.J. Effect of different combat jet manoeuvres in the psychophysiological response of professional pilots / A.J. ormeño-Holgadoab, V.J. Clemente-Suárezabc // *Physiology & Behavior*. – 2019. – Vol. 208. – 112559. DOI: 10.1016/j.physbeh.2019.112559.

Засядько Константин Иванович, доктор медицинских наук, профессор, начальник лаборатории, Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации (Щелково, Московская область), gniiivm-z@ya.ru, ORCID: 0000-0002-3336-3081

Солдатов Сергей Константинович, доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации (Щелково, Московская область), soldatov2304@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-1231-0079

Богомолов Алексей Валерьевич, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации (Щелково, Московская область), a.v.bogomolov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7582-1802

Вонаршенко Александр Павлович, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации (Щелково, Московская область), gniiivm-s@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-0997-9505

Язлюк Михаил Николаевич, научный сотрудник, Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации (Щелково, Московская область), shishovec@rambler.ru, ORCID: 0000-0002-6741-077

Поступила в редакцию 10 августа 2020 г.

DOI: 10.14529/jpps200410

PSYCHOPHYSIOLOGICAL FEATURES OF AIRCRAFT PILOTS DURING VISUAL SEARCH AND DETECTION OF SMALL-SIZE GROUND OBJECTS IN DIFFICULT WEATHER CONDITIONS

K.I. Zasyadko, gniiivm-z@ya.ru, ORCID0000-0002-3336-3081

S.K. Soldatov, soldatov2304@yandex.ru, ORCID 0000-0002-1231-0079

A.V. Bogomolov, a.v.bogomolov@gmail.com, ORCID0000-0002-7582-1802

A.P. Vonarshenko, gniiivm-s@yandex.ru, ORCID0000-0002-0997-9505

M.N. Yazlyuk, shishovec@rambler.ru, ORCID0000-0002-6741-077

*Central Research Institute of the Air Force of the Ministry of Defense
of the Russian Federation, Shchelkovo, Moscow Region, Russian Federation*

Background. Visual search and detection of small-size ground objects in difficult weather conditions is a task that provokes psychophysiological stress. The influence of professional pilot activity on the psychophysiological cost of air reconnaissance remains unclear. **Materials and methods.** The study on the detection and identification of a ground object during landing approach was carried out in winter, during daylight hours: 42 aircraft pilots (average age 30.0 ± 2.8 years, experience from 7 to 14 years) performed 192 research flights. Studies of the subjective assessment of the range to small-size ground objects (SSGO) depending on different visibility conditions and flight altitude were carried out with the participation of 11 aircraft pilots (average age 31.2 ± 1.4 years, experience from 10 to 14 years). The aircraft pilots performed 33 research flights, during which the indicators of neuro-emotional stress were recorded using on-board recording equipment. **Results.** The search for SSGO in difficult weather conditions (DWC) is accompanied by the increased neuro-emotional stress of the pilot. The pilot's eye estimate of the range to SSGO in conditions of a limited maximum visibility (2.5–4.0 km) for altitudes of 300–400 m is characterized by overestimating the range by an average of 12 %, while good visibility results in underestimating the range. A flight under the clouds with maintaining the distance between the lower edge of the cloud and a flight height of about 50 meters is more favorable for the search for SSGO. With a decrease in this distance to 25 m or less, there is an increase in the physiological cost of such activity (increase in heart rate by 11.6 %; respiration rate by 13.7 %). **Conclusion.** The psychophysiological features of a pilot that affect the detection and identification of SSGO in DWC mostly depend on the maximum visibility. The coefficients obtained make it possible to adequately estimate the detection and identification range during air reconnaissance in DWC. Pilot's workload, as well as the level of his/her neuro-emotional stress are determined by the maximum visibility and the distance between the lower edge of the cloud and the specified flight altitude.

Keywords: *psychophysiological features, professional activity of a pilot, psychophysiological state of a pilot, search for small-size ground objects, detection of small-size ground objects, visual search for objects.*

References

1. Zasyad'ko K.I., Vonarshenko A.P., Soldatov S.K. et al. [Analysis of qualities professionally important for flight instructor and their enhancement]. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina* [Aerospace and Environmental Medicine], 2020, vol. 54, no. 1, pp. 52–56. (in Russ.). DOI: 10.21687/0233-528X-2020-54-1-52-56.
2. Molchanov A.S., Chausov E.V., Basnin V.G., Abramov D.V. [Analysis of the process of deciphering images of dashed worlds of the visible range during testing of aerial photo systems for remote sensing of the Earth]. *Evrasiiskoe nauchnoe obedinenie* [Eurasian Scientific Association], 2017, vol. 1, no. 12 (34), pp. 54–57. (in Russ.).
3. Bocharnikov N.V., Brylev G.B., Gusev S.O. *Meteorologicheskoe oborudovanie aerodromov i ego ekspluatatsiya* [Meteorological equipment of aerodromes and its operation]. Saint Petersburg, Gidrometeoizdat, 2003. 292 p. (in Russ.).
4. *Vozdushnaya razvedka vizual'nym nablyudeniem* [Aerial reconnaissance by visual observation]. Moscow, MO SSSR, 1975. 140 p. (in Russ.).
5. Guzii A.G., Kukushkin Ju.A., Lushkin A.M. [Computer technology for predictive evaluation of the functional reliability of the pilot]. *Programmnye sistemy i vychislitel'nye metody* [Software systems and computational methods], 2018, no. 2, pp. 84–93. (in Russ.). DOI: 10.7256/2454-0714.2018.2.22425
6. Guseva N.N. [Some results of experimental assessment of the height of visual contact from the glide path of descent in low clouds and fogs]. *Trudy Gidrometeorologicheskogo nauchno-issledovatel'skogo tsentra Rossiiskoi Federatsii* [Transactions of the hydrometeorological research center of the Russian Federation], 1992, no. 321, pp. 61–63. (in Russ.).
7. Dorofeev V.V., Nahmanson G.S. *Naklonnaya dal'nost' vidimosti* [Slant visibility range]. Voronezh, Voronezhskii VVAIU, 2007. 209 p. (in Russ.).
8. Esev A.A., Lagoiko O.S. [Method of automated image processing in aviation systems for visual monitoring of out-of-cabin conditions]. *Programmnye sistemy i vychislitel'nye metody* [Software systems and computational methods], 2015, no. 1, pp. 79–88. (in Russ.). DOI: 10.7256/2305-6061.2015.1.14304
9. Vonarshenko A.P., Zasyad'ko K.I., Soldatov S.K. et al. [Investigation of the possibilities of developing special physical qualities of pilot-instructors by training static endurance]. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina* [Aerospace and Environmental Medicine], 2019, vol. 53, no. 3, pp. 108–112. DOI: 10.21687/0233-528X-2019-53-3-108-112 (in Russ.).
10. Leushina L.I. *Zritel'noe prostranstvennoe vospriyatie* [Visual spatial perception]. Leningrad, Nauka, 1978. 175 p. (in Russ.).
11. Maslov S.V., Esev A.A. [Methodology for calculating the maximum range of target detection by flight personnel using night vision goggles]. *Problemy bezopasnosti poletov* [Problems of flight safety], 2010, no. 7, pp. 36–41. (in Russ.).
12. Aivazyan S.A., L'vov A.A., Esev A.A., Tkachuk A.V. [Mathematical support for estimating the trajectory of a ground target in the automated sighting system of aircraft]. *Dvojnye tehnologii* [Double technologies], 2014, no. 3 (68), pp. 64–66. (in Russ.).
13. Esev A.A., Bazarov S.A., Russkin A.V., Soldatov T.A. [Methodical maintenance of determining the maximum range of detection the objects carrying out search and rescue operations using the helicopters equipped with night vision goggles]. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity* [Scientific and educational problems of civil protection], 2011, no. 4, pp. 45-51. (in Russ.).
14. Molchanov A.S., Chausov E.V. [The structure of the process of deciphering images of iconic vision systems during testing]. *Informatsiya i kosmos* [Information and Space], 2019a, no. 2, pp. 113–116. (in Russ.).
15. Molchanov A.S., Chausov E.V. [Method of estimating a linear solution aviation digital optico-electronic systems during flight testing process]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Bulletin of the Tula State University. Technical science], 2019b, no. 2, pp. 140–150. (in Russ.).
16. Molchanov A.S. *Teoriya postroeniya ikonicheskikh sistem vozdushnoi razvedki* [The theory of building iconic aerial reconnaissance systems]. Volgograd, Panorama, 2017. 224 p. (in Russ.).

17. Ponomarenko V.A., Alekseenko M.S., Dolgov A.A. [Psychophysiological components of professional reliability of pilot]. *Problemy bezopasnosti poletov* [Problems of flight safety], 2018, no. 6, pp. 3–18. (in Russ.).
18. Soldatov S.K., Zasyad'ko K.I., Bogomolov A.V. et al. [Psychophysiological occupationaly important qualities of pilot-instructors and their development]. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina* [Aerospace and Environmental Medicine], 2019, vol. 53, no. 1, pp. 86–91. DOI: 10.21687/0233-528X-2019-53-1-86-91
19. Kukushkin Ju.A., Ajvazjan S.A., Kuz'min A.S. et al. [Technology of analysis of control movements of the operator of an ergatic system]. *Bezopasnost' v tehnosfere* [Safety in the technosfera], 2013, vol. 2, no. 2, pp. 21–26. (in Russ.).
20. Travnikova N.P. *Effektivnost' vizual'nogo poiska* [The effectiveness of visual search]. Moscow, Mashinostroenie, 1985. 130 p. (in Russ.).
21. Chausov E.V., Molchanov A.S. [Mathematical model of the atmosphere as a link of the process of formation of images of iconic optical-electronic systems of air exploration]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Bulletin of the Tula State University. Technical science], 2019, no. 2, pp. 203–209.
22. Veselov Ju.G., Danilin A.A., Mel'nik Ju.S., Sel'vesyuk N.I. [Calibration target for evaluating of the spatial frequency and energy resolutions of digital infrared systems to obtain the imagery information in full-scale experiments]. *Radiostroenie* [Radio Engineering], 2018, no. 1, pp. 1–8. DOI: 10.24108/rdeng.0118.0000132 (in Russ.).
23. Schreiter K., Müller S., Luckner R. et al. A flight simulator study of an energy control system for manual flight. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, 2019, vol. 49, no. 6, pp. 672–683. DOI: 10.1109/THMS.2019.2938138.
24. Horneño-Holgadoab A.J., Clemente-Suárezabc V.J. Effect of different combat jet manoeuvres in the psychophysiological response of professional pilots. *Physiology & Behavior*, 2019, vol. 208, no. art. 112559. DOI:10.1016/j.physbeh.2019.112559

Received 10 August 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Психофизиологические особенности профессиональной деятельности летчика при визуальном поиске и обнаружении малоразмерных наземных объектов в сложных метеоусловиях / К.И. Засядько, С.К. Солдатов, А.В. Богомолов и др. // Психология. Психофизиология. – 2020. – Т. 13, № 4. – С. 87–99. DOI: 10.14529/jpps200410

FOR CITATION

Zasyadko K.I., Soldatov S.K., Bogomolov A.V., Vonnarshenko A.P., Yazlyuk M.N. Psychophysiological Features of Aircraft Pilots During Visual Search and Detection of Small-Size Ground Objects in Difficult Weather Conditions. *Psychology. Psychophysiology*. 2020, vol. 13, no. 4, pp. 87–99. (in Russ.). DOI: 10.14529/jpps200410