

ОПЕРАТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА И ЭКСПРЕСС-КОРРЕКЦИЯ СОСТОЯНИЯ УТОМЛЕНИЯ У ЛИЦ ОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



**ЖОВНЕРЧУК
Инна Юрьевна**

Кандидат медицинских наук, врач-психиатр, методист Главного центра военно-врачебной экспертизы МО РФ; доцент, Филиала Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова в г. Москве, Москва, Россия, zheviy@ya.ru

ZHOVNERCHUK Inna
PhD in Medical Sciences,

Psychiatrist, Methodologist, Main Center of Military Medical Expertise of the Ministry of Defense of the Russian Federation; Associate Professor, Branch of the Military Medical Academy named after S.M. Kirov in Moscow, Moscow, Russia

**ЧИЧКАЛЮК
Валерий Александрович**

Иркутский государственный университета путей сообщения», Иркутск, Россия

Кандидат медицинских наук, доцент, психолог центра развития человеческого капитала

CHICHKALYUK Valery

PhD of Medical Sciences, Associate professor, Psychologist of the Center for the Development of Human Capital, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

**ЖОВНЕРЧУК
Евгений Владимирович**

Доктор медицинских наук, доцент, заведующий лабораторией Института медико-биологических проблем РАН; доцент кафедры психиатрии, психотерапии и наркологии Академии постдипломного образования ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, Москва, Россия

ZHOVNERCHUK Evgeny

Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory, Institute of Biomedical Problems of the RAS; Associate Professor of the Department of Psychiatry, Psychotherapy and Narcology, Academy of Postgraduate Education Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technologies, Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

**ЩЕГОЛЕВ
Илья Владимирович**

Филиал Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, Москва, Россия Старший преподаватель кафедры организации и тактики медицинской службы

SCHEGOLEV Ilya

Senior Lecturer, Department of Organization and Tactics of the Medical Service, Branch of the Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Moscow, Russia

**ЖИТЕНЕВ
Алексей Михайлович**

Начальник медицинской службы войсковой части 44444, Московская область, Россия

ZHITENEV Aleksey

Head of the Medical Service of the Military Unit 44444, Moscow region, Russia

**САВИНКИНА
Александра Олеговна**

Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия

Кандидат психологических наук, научный сотрудник

SAVINKINA Alexandra

Institute of Biomedical Problems of the RAS, Moscow, Russia
PhD in Psychological Sciences, Researcher

Ключевые слова: утомление, лица опасных профессий, ГИРОС, виртуальная реальность, психологическая коррекция.

Аннотация. Исследование посвящено оценке эффективности применения методик дистанционной диагностики состояния утомления и коррекции функционального состояния с помощью технологии виртуальной реальности. На основе диагностики 114 мужчин, входящих в группу риска среди лиц опасных профессий, подтверждены диагностические возможности предобученной нейросети, определяющей утомление по рефлекторной мимической активности. Показана эффективность коррекции функционального состояния с помощью воздействия виртуальной реальностью.

OPERATIVE DIAGNOSIS AND FAST CORRECTION OF FATIGUE IN PERSONS OF DANGEROUS PROFESSIONS USING DIGITAL TECHNOLOGIES

Keywords: *fatigue, persons of dangerous professions, Gyros, virtual reality, psychological correction.*

Abstract. The study was devoted to evaluating the effectiveness of the methods of remote diagnosis of fatigue and correction of functional state using virtual reality technology. Based on the diagnosis of 114 men at risk among those in dangerous professions, the diagnostic capabilities of a pre-trained neural network that determines fatigue by reflex mimic activity were confirmed. The efficiency of correction of the functional state by means of exposure to virtual reality was shown.

Актуальность исследования продиктована недостаточностью эффективных методов психодиагностики, несовершенностью системы автоматизации и необходимостью устранения влияния человеческого фактора в сфере опасных профессий. Учитывая результаты технической революции 4.0, в настоящее время появилась возможность к широкому внедрению цифровых технологий в разные сферы диагностики и психокоррекции. К перспективным цифровым технологиям можно отнести применение искусственного интеллекта в виде нейросетевых программ по распознаванию функционального состояния. Это реализуемо при создании специфических нейро-датасетов, обучающих нейронную сеть определять утомление. При этом, возможно совмещать цифровую диагностику с психокоррекцией виртуальной реальностью (VR).

Учитывая важность автоматизации и активизации методов диагностики и коррекции функционального состояния лиц опасных профессий, целью нашего исследования являлась оценка эффективности применения существующих методик дистанционного распознавания выраженности утомления на основе оценки рефлекторной мимической активности и психокоррекции виртуальной реальностью.

Материалы и методы исследования. По результатам ежегодного медико-психологического обследования была сформирована группа риска, состоящая из 114 мужчин, представителей опасных профессий с трудовым стажем 17 ± 6 лет, из них в замкнутых пространствах – 12 ± 5 лет (возраст 35 ± 6 лет).

Для оценки функционального состояния обследуемых применялись следующие методики: Методика дифференцированной оценки состояний сниженной работоспособности (ДОРС) [4]; Анкета самооценки состояния (АСС-2); Методика расчета адаптационного потенциала человека

по Р.М. Баевскому (АП); Пробы Штанге и Генчи (задержка дыхания на вдохе и выдохе) [6]; Индекс Кердо [1]; Субъективная шкала оценки астении (MFI-20) [7]; Простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР) [5]; Методика ГИРОС – автоматизированное определение состояния утомления на основе оценки рефлекторной мимической активности в видеозаписях лица [2, 3].

Для оценки эффективности средств психологической коррекции неблагоприятных состояний, связанных с длительной работой в опасных условиях, было сформировано 2 экспериментальные группы по 57 человек в каждой. В первой группе применялись классические методы психологической коррекции: общение с психологом, аутогенная тренировка, методика «Мобилизация-1», «Мобилизация-2». Во второй группе проводились психокоррекционные мероприятия с использованием технологии виртуальной реальности «VR-отдых», основанной на переносе в виртуальную среду модифицированных методик аутогенной тренировки с элементами суггестии. В группах было проведено по 5 сеансов психологической коррекции продолжительностью 40 минут каждый первой в группе и продолжительностью 21 минута каждый во второй группе.

Все методики диагностики состояния выполнялись до первого и после пятого сеанса психологической коррекции. Кроме этого, методики ДОРС, ПСМР и ГИРОС проводились также после первого сеанса психокоррекции. До начала воздействия группы значимо не отличались ни по одному из измеряемых параметров.

Статистическая обработка данных выполнена в программе SPSS 22. Проверка данных на нормальность распределения по критерию Колмогорова-Смирнова показала, что данные по более, чем 70% переменных, не были распределены нормально, в связи с чем использовались методы непараметрической статистики. Для сравнения

Таблица 1 – Функциональное состояние обследуемых до применения методов психокоррекции

Показатели	Среднее значение	Стандартное отклонение	Интерпретация преобладающих в выборке значений
ДОРС ИУ #	12,71	3,00	Низкий и умеренный Индекс утомления
ДОРС ИМ	14,64	2,77	Низкий и умеренный Индекс монотонии
ДОРС ИП	14,23	3,91	Низкий и умеренный Индекс пресыщения
ДОРС ИС	14,37	2,84	Низкий и умеренный Индекс стресса
АСС-2	46,25	3,95	Хорошее субъективное самочувствие
MFI-20	26,21	10,69	-
АП	2,64	0,42	Напряжение механизмов адаптации
Кердо	-15,95	33,21	Нормотония и симпатикотония
Штанге	58,84	23,11	Ближе к верхней границе нормы
Генчи	29,79	9,51	Норма
ПСМР	18,99	6,73	Скорость реакции ~0,195±0,040, норма
Утомление (ГИРОС)	0,53	0,18	-

Примечание: # – шкалы методики ДОРС: индексы утомления (ИУ), монотонии (ИМ), пресыщения (ИП), стресса (ИС).

Таблица 2 – Влияние психокоррекционных занятий с психологом на функциональное состояние обследуемых

Показатели	Фон	После 1 сеанса	После 5 сеансов	Изменение от фона к концу 5 сеанса		
				Дельта (%)	Z	Ур. знач.
ДОРС ИУ	13,18±3,17	12,47±3,02	12,54±2,61	-4,79	-1,367	p=0,172
ДОРС ИМ	14,67±2,41	14,82±2,96	14,86±3,56	1,32	-0,033	p=0,974
ДОРС ИП	14,54±3,63	14,05±4,09	13,23±4,15&&	-9,05	-3,421	p=0,001
ДОРС ИС	14,56±2,53	14,09±2,33	14,70±3,15	0,96	-1,292	p=0,196
АСС-2	46,54±3,76		47,32±3,98&	1,66	-2,275	p=0,023
MFI-20	27,26±12,83		24,95±7,57	-8,49	-0,384	p=0,701
АП	2,68±0,43		2,59±0,36&	-3,48	-2,271	p=0,023
Кердо	-19,83±35,87		-7,58±24,34&&	-61,78	-2,581	p=0,010
Штанге	57,17±22,50		52,45±23,48	-8,27	-0,801	p=0,423
Генчи	29,90±8,88		31,93±10,98	6,78	-1,236	p=0,216
ПСМР	19,75±6,97	16,96±5,95&&	12,42±5,02&&	-37,12	-5,264	p<0,001
Утомление (ГИРОС)	0,52±0,20	0,43±0,16&&	0,42±0,09&&	-18,58	-2,992	p=0,003

Примечания: приведены значения Среднее ± Стандартное отклонение; & (&&) – значимое отличие от фона по Z-критерию Уилкоксона на уровне p≤0,05 (p≤0,01).

групп и анализа эффекта воздействия применялись критерии Манна-Уитни и Уилкоксона, для корреляционного анализа – коэффициент Спирмена.

Результаты исследования. В исследованной группе, в целом, был выявлен низкий и умеренный уровень Индексов утомления, стресса, перенапряжения и монотонии (Таблица 1). В соответствии с Анкетой самооценки состояния субъективное самочувствие находилось на хорошем уровне. При этом, было выявлено напряжение механизмов адаптации, определяемых по формуле Р.М. Баевского, и сдвиг в сторону симпатикотонии по Индексу Кердо. Способности к задержке дыхания и скорости реакции находились в рамках нормы для общепопуляционных выборок.

Анализ взаимосвязи изучаемых параметров показал, что возраст обследуемых был отрицательно связан с Индексом стресса (ИС) ($r=-0,202$; $p=0,031$) и пробой задержки дыхания на выдохе Генчи ($r=-0,193$; $p=0,040$), но положительно связан с показателем адаптационного потенциала (АП) ($r=0,457$; $p<0,001$), что свидетельствует об уменьшении способности к адаптации с возрастом.

Индекс утомления (ИУ) по методике ДОРС был положительно связан с Индексами монотонии (ИМ) ($r=0,409$; $p<0,001$), пресыщения (ИП) ($r=0,384$; $p<0,001$) и стресса (ИС) ($r=0,194$; $p=0,039$), а Индекс монотонии был прямо пропорционально связан с Индексом пресыщения ($r=0,490$; $p<0,001$). Таким образом, уровень стресса испытуемых был связан с утомлением, но не зависел от монотонии и пресыщения. Чем выше была оценка состояния по шкале АСС, тем ниже были значения астении в методике MFI-20 ($r=-0,492$; $p<0,001$). Оба опросника были достоверно связаны с Индексами утомления, монотонии и пресыщения в методике ДОРС ($r=0,244-0,391$; $p=0,001-0,009$). В то же время, чем выше обследуемые оценивали свое состояние, тем хуже были их результаты в ПСМР ($r=0,217$; $p=0,020$).

В соответствии с основной целью исследования была выполнена оценка изменения функционального состояния обследуемых до и после воздействия в двух сформированных группах: занимавшихся с психологом и с применением технологии ВР. После первого сеанса психологической коррекции, заключавшейся в работе с психологом, достоверно снизилось время реак-

Таблица 3 – Влияние психокоррекционных занятий с применением технологии ВР на функциональное состояние обследуемых

Показатели	Фон	После 1 сеанса	После 5 сеансов	Изменение от фона к концу 5 сеанса		
				Дельта (%)	Z	Ур. знач.
ДОРС ИУ	12,25±2,76	12,54±3,93	11,93±2,19	-2,58	-0,446	$p=0,655$
ДОРС ИМ	14,61±3,12	15,46±4,10	14,18±2,85	-3,00	-0,846	$p=0,397$
ДОРС ИП	13,91±4,17	14,49±5,50	12,67±3,35&&	-8,95	-2,590	$p=0,010$
ДОРС ИС	14,18±3,13	15,04±3,54	13,95±3,04	-1,61	-0,541	$p=0,589$
АСС-2	45,95±4,14		47,30±3,80&&	2,94	-2,938	$p=0,003$
MFI-20	25,16±7,99		23,63±8,10&	-6,07	-2,323	$p=0,020$
АП	2,60±0,40		2,62±0,42	0,78	-1,084	$p=0,278$
Кердо	-12,07±30,15		-12,94±20,08 @	7,16	-0,759	$p=0,448$
Штанге	60,52±23,78		51,85±24,94&	-14,32	-1,987	$p=0,047$
Генчи	29,68±10,19		31,26±11,96	5,32	-0,202	$p=0,840$
ПСМР	18,23±6,45	17,58±6,64	14,68±6,00&& @	-19,44	-3,108	$p=0,002$
Утомление (ГИРОС)	0,55±0,17	0,42±0,16&&	0,43±0,08&&	-22,00	-4,019	$p<0,001$

Примечания: приведены значения Среднее ± Стандартное отклонение; & (& &) – значимое отличие от фона по Z-критерию Уилкоксона на уровне $p\leq 0,05$ ($p\leq 0,01$); @ – отличие от группы психологической коррекции с психологом по U-критерию Манна-Уитни значимо на уровне $p=0,049-0,050$



ции в тесте ПСМР (-14,12%, $p=0,006$) и выраженность утомления на видеозаписях лица (-17,68%, $p=0,003$) (Таблица 2).

После 5-ти сеансов изменения затронули большую часть изучаемых параметров. В частности, на 9,05% снизился уровень пресыщения ($p=0,001$), на 1,66% повысилась самооценка состояния ($p=0,023$), на 3,48% улучшился показатель адаптационного потенциала ($p=0,023$). На 61,78% повысился Индекс Кердо ($p=0,010$), перейдя, в среднем, из диапазона симпатикотонии к нормотонии. На 37,12% сократилось время реакции в тесте ПСМР ($p<0,001$). В соответствии с автоматизированным анализом лицевых экспрессий, обследуемых до и после проведения психологической коррекции, было выявлено снижение утомления на 18,58% ($p=0,003$).

В группе, психокоррекция которой заключалась в применении технологии виртуальной реальности, уже после первого сеанса также снизился уровень утомления (-22,77%, $p<0,001$) (Таблица 3). После 5-ти сеансов снизился Индекс пресыщения (-8,95%, $p=0,010$), повысилась самооценка состояния (+2,94%, $p=0,003$) и сократилось время реакции в тесте ПСМР (-19,44%, $p=0,002$). На основе автоматизированного анализа видеозаписей лица было выявлено, что снизилось утомление (-22,00%, $p<0,001$). В отличие от группы классической психологической коррекции, снизился уровень астении (-6,07%, $p=0,020$). При этом, снизи-

лась длительность задержки дыхания на вдохе в пробе Штанге (-14,32%, $p=0,047$).

В то время, как до воздействия группы не отличались ни по одному из диагностируемых параметров, после психокоррекции в группе работы с психологом был ближе к нулю Индекс Кердо ($p=0,050$) и выше скорость реакции в тесте ПСМР ($p=0,049$). Однако отличия находились на грани статистической значимости, что, при объеме проводимых сравнений, может свидетельствовать лишь о наличии таких тенденций.

Несмотря на то, что изменения Индекса стресса после воздействия не было достоверным ни в одной из групп, при работе с психологом показатель стресса, в среднем, повысился (+0,96%), а после применения VR – снизился (-1,61%). Аналогично, незначительно, но Индекс монотонии повысился в группе классической психологической коррекции (+1,32%), снизившись в группе VR (-3,00%).

Заключение. Анализ применения цифровых методик для оценки функционального состояния и его коррекции показал эффективность применения нейросетевых технологий и виртуальной реальности. Имеющиеся статистически значимые изменения по показателям психологических методик ДОРС, АСС-2, а также психофизиологической методики ПСМР подтверждают диагностические возможности преобразованной нейросети, определяющей утомле-

ние по рефлекторной мимической активности. Наряду с этим, показана эффективность психологической коррекции функционального состояния методом с воздействием виртуальной реальностью. Вышеуказанные данные позволяют обосновывать возможность автоматизации и объективизации процессов как психодиагностики, так и психокоррекции при помощи цифровых технологий.

Литература:

1. Вагин, Ю.Е. Вегетативный индекс Кердо: роль исходных параметров, области и ограничения применения / Ю.Е. Вагин, С.М. Деунежева, А.А. Хлытина // Физиология человека. – 2021. – № 47(1). – С. 31-42.
2. Жовнерчук, Е.В. Методика определения психической надежности сотрудников транспортной безопасности с использованием машинного обучения / Е.В. Жовнерчук, В.А. Чичкалюк, И.Ю. Жовнерчук, Н.Э. Михайловский, В.В. Мошкин, И.В. Юрашку // Психическое здоровье. – 2022. – Том 17. – № 12. – С. 3-10. <https://doi.org/10.25557/2074-014X.2022.12.3-10>
3. Жовнерчук, Е.В. Методические подходы к разработке алгоритмов оценки, предупреждения и разрешения экстремальных и нештатных ситуаций в транспортном образовании и транспортной безопасности на железнодорожном транспорте / А.В. Лившиц, Е.В. Жовнерчук, В.А. Чичкалюк, Д.В. Буторин, Д.В. Коробкин, И.В. Козина, Н.А. Тетерина, А.Н. Горобец // Культура, наука, образование. – 2022. – №4(65). – С. 150-156.
4. Леонова, А.Б. Дифференциальная диагностика состояний сниженной работоспособности / А.Б. Леонова, С.Б. Величковская // В сборнике: Психология психических состояний. – 2002. – С. 326-343.
5. Лях, В.И. Тесты в физическом воспитании школьников: Пособие для учителя / В.И. Лях. – М.: 000 «Фирма «Издательство АСТ», 1998. – 272 с.

6. Практикум по психологии здоровья / под ред. Г.С. Никифорова. Санкт-Петербург: Питер, 2005. – 350 с.

7. Smets, E.M. The Multidimensional Fatigue Inventory (MFI) psychometric qualities of an instrument to assess fatigue / E.M. Smets, B. Garssen, B. Bonke, J.C. De Haes // Journal of Psychosomatic Research. – 1995. – 39(3).

Literature:

1. Vagin, Yu.E. The vegetative index of Kerdo: the role of initial parameters, areas and limitations of application / Yu.E. Vagin, S.M. Deunezheva, A.A. Hlytina // Fiziologiya cheloveka. – 2021. – № 47(1). – P. 31-42.
2. Zhovnerchuk, E.V. Methodology for determining the mental reliability of transport security personnel using machine learning / E.V. Zhovnerchuk, V.A. Chichkalyuk, I.YU. Zhovnerchuk, N.E. Mihajlovskij, V.V. Moshkin, I.V. Yurashku // Psihicheskoe zdorov'e. – 2022. – Tom 17. – № 12. – P. 3-10. <https://doi.org/10.25557/2074-014X.2022.12.3-10>
3. Zhovnerchuk, E.V. Methodological approaches for the development of algorithms for evaluation, prevention and resolution of extreme and emergency situations in transport education and transport safety on railway transport / A.V. Livshits, E.V. Zhovnerchuk, V.A. Chichkalyuk, D.V. Butorin, D.V. Korobkin, I.V. Kozina, N.A. Teterina, A.N. Gorobets // Kul'tura, nauka, obrazovanie. – 2022. – №4(65). – P. 150-156.
4. Leonova, A.B. Differential diagnosis of conditions of reduced performance / A.B. Leonova, S.B. Velichkovskaya // V sbornike: Psihologiya psihicheskikh sostoyanij. – 2002. – P. 326-343.
5. Lyah, V.I. Tests in physical education of schoolchildren: A teacher's manual / V.I. Lyah. – M.: 000 «Firma «Izdatel'stvo AST», 1998. – 272 p.
6. Practicum on health psychology / pod red. G.S. Nikiforova. Sankt-Peterburg: Piter, 2005. – 350 p.
7. Smets, E.M. The Multidimensional Fatigue Inventory (MFI) psychometric qualities of an instrument to assess fatigue / E.M. Smets, B. Garssen, B. Bonke, J.C. De Haes // Journal of Psychosomatic Research. – 1995. – 39(3).

