

УДК 004.75+612.821.1+616.8

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КЛИНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ

Давыдовский А.Г., Ел-Грейд М., Яшин К.Д., Осипович В.С.,
Пилиневич Л.П., Гедранович Ю.А.

*УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»,
Минск, e-mail: agd2011@list.ru*

Выделены психофизиологические характеристики, пригодные для профессионального отбора операторов сложных технических систем, а также для ранней доклинической диагностики неврологических расстройств. Проведено экспериментальное исследование с использованием программного комплекса, определяющего выделенные психофизиологические характеристики, при участии здоровых людей и пациентов с невротическими расстройствами. Установлена зависимость между временем простой сенсомоторной реакции человека и текущим уровнем его работоспособности. Определены существенные различия корреляционных связей между психофизиологическими характеристиками здоровых людей и людей с невротическими расстройствами, затрагивающими нарушения когнитивного процесса. Выдвинута гипотеза о возможности использования разработанного комплекса компьютерных программ для исследования функционального состояния центральной нервной системы, включая доклиническую диагностику новообразований в глубоких подкорковых структурах головного мозга.

Ключевые слова: неврологические расстройства, психофизиологические характеристики, корреляционный анализ, простая сенсомоторная реакция, надежность оператора

SOFTWARE FOR CLINICAL MONITORING OF NEUROLOGICAL DISORDERS

Davydovsky A.G., El-Grejd M., Yashin K.D., Osipovich V.S.,
Pilinevich L.P., Gedranovich Y.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, e-mail: agd2011@list.ru

Physiological characteristics, suitable for the professional selection of complex technical system's operators and early preclinical diagnosis of neurological disorders were identified. Healthy individuals and patients with neurotic disorders were screened using the software which defines selected physiological characteristics. Dependence between a person's simple sensorimotor reaction time and the current level of a person's operability was set. Significant differences in the correlations between both psycho and physiological characteristics of healthy people and people with cognitive process neurotic disorders were determined. The following hypothesis of the possibility of using the software for the study of the central nervous system's functional status, including professional selection and preclinical diagnosis of tumors in the deep subcortical brain structures was proposed.

Keywords: neurological disorders, physiological characteristics, correlation analysis, a simple sensorimotor reaction, operator's reliability

Одной из актуальных проблем психологии труда и инженерной психологии является разработка современных средств, методов и технологий, обеспечивающих эффективность профессионального отбора и мониторинг надежности профессиональной деятельности операторов газотранспортных систем [2, 5]. Многие психофизиологические характеристики, используемые для профессионального отбора операторов сложных технических систем, могут быть использованы для ранней доклинической диагностики неврологических расстройств. Задачи профессионального отбора операторов газотранспортных систем, как и ранней доклинической диагностики неврологических расстройств, могут быть решены с помощью информационных технологий мониторинга психофизиологических характеристик человека.

Целью данной работы было изучение особенностей психофизиологических характеристик здоровых субъектов – кандидатов для отбора на должности операторского

персонала газотранспортных систем (операторов), а также действующих операторов и пациентов с неврологическими расстройствами различного генеза.

Материал и методы исследования

В настоящем исследовании объектами являлись 82 практически здоровых субъекта мужского и женского пола в возрасте от 20 до 55 лет, 25 операторов промышленного концерна «Белэнерго» и производственного объединения «Крион», а также 19 пациентов, страдающих невротическими расстройствами различного генеза, затрагивающими нарушения когнитивных процессов.

Предметом исследования были психофизиологические характеристики:

- 1) время реагирования на световой сигнал;
- 2) точность реагирования в совмещенной деятельности;
- 3) правильность и время сенсомоторной реакции выбора;
- 4) реакция на движущийся объект (среднее значение ошибки);
- 5) процессы воспроизведения (% правильных ответов);
- 6) процессы узнавания;

- 7) кратковременная зрительная память;
- 8) эффективность (степень) концентрации внимания;
- 9) время концентрации внимания;
- 10) переключаемость внимания;
- 11) эффективность избирательности внимания;
- 12) концентрация внимания;
- 13) устойчивость внимания;
- 14) простая сенсомоторная реакция на визуальные сигналы [3, 4].

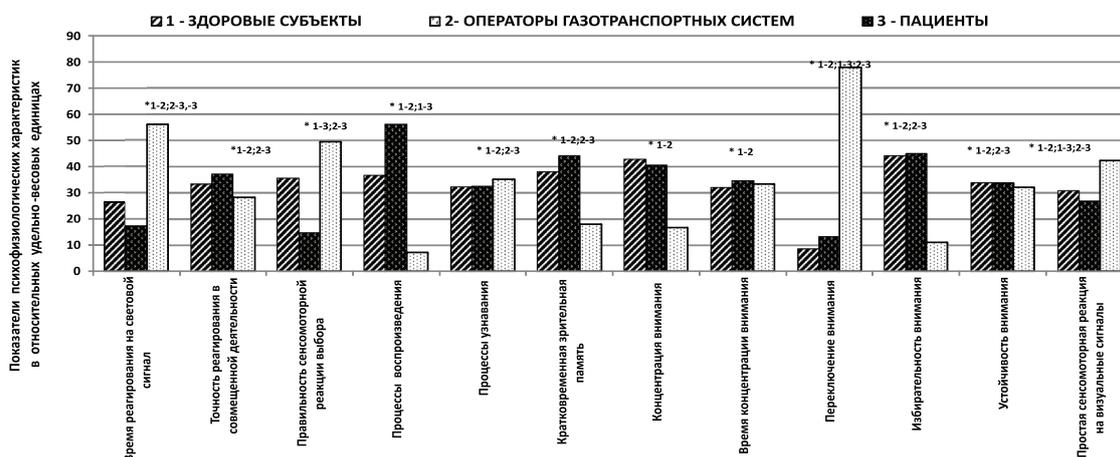
Данные психофизиологические характеристики имеют важное значение для профессионального отбора операторов сложных технических систем, а также ранней доклинической диагностики психо-неврологических расстройств. Исследование выполнено с помощью экспериментального комплекса компьютерных программ, разработанного на кафедре инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники и позволяющего осуществлять в течение 60 минут индивидуальное исследование 14 вышеперечисленных психофизиологических характеристик человека. Полученные результаты были об-

работаны методами непараметрической статистики на основе F-теста и корреляционного анализа с помощью электронных таблиц MS Excel 2010.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам исследования 14 психофизиологических характеристик у операторов, действующих операторов газотранспортных систем и пациентов, страдающих неврологическими расстройствами различного генеза, был осуществлен статистический анализ полученных данных, достоверности их различий и корреляционных связей.

На рисунке представлено соотношение результатов 12 наиболее переменных психофизиологических характеристик здоровых субъектов (1), операторов газотранспортных систем (2) и пациентов, страдающих неврологическими расстройствами (3).



Соотношение результатов исследования психофизиологических характеристик здоровых субъектов (1), операторов газотранспортных систем (2) и пациентов, страдающих неврологическими расстройствами (3) (* – достоверные различия между здоровыми субъектами (1), операторами газотранспортных систем (2) и пациентами (3), $P < 0,05$)

Результаты корреляционного анализа представлены в таблице. Показано, что точность узнавания и воспроизведения визуальных стимулов у испытуемых возрастает на фоне уменьшения периода простой сенсомоторной реакции на визуальные стимулы. При уменьшении времени простой сенсомоторной реакции с 0,8 до 0,15 мс у испытуемых процент верных ответов при исследовании процессов воспроизведения и узнавания увеличивается с 35 до 75%. Это может быть обусловлено тем, что период простой сенсомоторной реакции формируется из времени передачи информации от периферического к центральному звену зрительного анализатора, времени обработки информации, приня-

тия решения и его реализации. Очевидно, у испытуемых с малым периодом простой сенсомоторной реакции период обработки сенсорной информации и формирования команды существенно меньше по сравнению с испытуемыми, для которых характерен более длительный период простой сенсомоторной реакции. Это обеспечивает более раннее формирование ответной реакции центральной нервной системы и, как следствие, более эффективную детализацию предъявляемых визуальных стимулов. В связи с этим можно предположить, что при распознавании визуального стимула важную роль играет скорость переработки зрительной информации и принятия решения испытуемым.

Корреляционные связи между исследованными психофизиологическими характеристиками здоровых субъектов (оптантов), действующих операторов газотранспортных систем, а также пациентов с неврологическими расстройствами (достоверность: $P < 0,05$)

№ п/п	Ведущая психофизиологическая характеристика	Коррелируемые психофизиологические характеристики	Коэффициент корреляции (R)
1	2	3	4
Оптанты ($n = 82$)			
1	Время реагирования на световой сигнал	Правильность и время сенсомоторной реакции выбора	0,72
		Реакция на движущийся объект (среднее значение ошибки)	0,59
		Процессы воспроизведения (% правильных ответов)	-0,5
		Простая сенсомоторная реакция на визуальные сигналы	0,52
2	Правильность сенсомоторной реакции выбора	Реакция на движущийся объект (среднее значение ошибки)	0,51
		Процессы воспроизведения (% правильных ответов)	-0,5
		Простая сенсомоторная реакция на визуальные сигналы	0,7
3	Реакция на движущийся объект	Процессы воспроизведения (% правильных ответов)	-0,45
		Простая сенсомоторная реакция на визуальные сигналы	0,41
4	Процессы воспроизведения	Кратковременная зрительная память	0,47
5	Степень концентрации внимания	Время концентрации внимания	0,69
6	Время концентрации внимания	Устойчивость внимания	0,51
7	Эффективность концентрации внимания	Устойчивость внимания	0,79
Операторы газотранспортных систем ($n = 25$)			
1	Время реагирования на световой сигнал	Процессы воспроизведения (% правильных ответов)	-0,49
		Переключаемость внимания	0,44
		Простая сенсомоторная реакция на визуальные сигналы	0,44
2	Процессы воспроизведения	Процессы узнавания (% правильных ответов)	0,69
3	Процессы узнавания	Кратковременная зрительная память	0,44
4	Степень концентрации внимания	Время концентрации внимания	0,52
		Переключаемость внимания	-0,45
5	Эффективность избирательности внимания	Время избирательности внимания	0,56
6	Концентрация внимания	Устойчивость внимания	0,51
Пациенты с неврологической патологией ($n = 19$)			
1	Время реагирования на световой сигнал	Точность реагирования в совмещенной деятельности	0,42
		Правильность и время сенсомоторной реакции выбора	0,76
		Кратковременная зрительная память	-0,46
		Степень концентрации внимания	-0,58
		Время концентрации внимания	-0,46
		Переключаемость внимания	0,67
		Эффективность избирательности внимания	0,43
		Концентрация внимания	-0,44
2	Точность реагирования в совмещенной деятельности	Простая сенсомоторная реакция на визуальные сигналы	0,47
		Процессы воспроизведения (% правильных ответов)	-0,51
		Эффективность избирательности внимания	-0,56

Окончание таблицы

1	2	3	4
3	Правильность сенсомоторной реакции выбора	Реакция на движущийся объект (среднее значение ошибки)	0,62
		Время концентрации внимания	-0,59
		Переключаемость внимания	-0,53
		Эффективность избирательности внимания	0,46
		Время избирательности внимания	-0,44
4	Реакция на движущийся объект (среднее значение ошибки)	Процессы воспроизведения (% правильных ответов)	-0,43
		Кратковременная зрительная память	-0,46
		Степень концентрации внимания	-0,48
		Время концентрации внимания	-0,49
		Переключаемость внимания	0,47
5	Процессы воспроизведения	Кратковременная зрительная память	0,67
		Переключаемость внимания	-0,43
		Эффективность избирательности внимания	0,53
		Простая сенсомоторная реакция на визуальные сигналы	-0,44
6	Кратковременная зрительная память	Простая сенсомоторная реакция на визуальные сигналы	-0,67
7	Степень концентрации внимания	Время концентрации внимания	0,81
8	Время концентрации внимания	Переключаемость внимания	-0,51
9	Эффективность избирательности внимания	Время избирательности внимания	0,77
		Концентрация внимания	0,52
10	Концентрация внимания	Устойчивость внимания	0,8

Установлена зависимость между временем простой сенсомоторной реакции и уровнем работоспособности человека. Увеличение времени реакции испытуемых с 0,15 до 0,8 с сопровождается возрастанием продолжительности выполнения задания с 0,2 до 0,65 с, что свидетельствует о снижении центральной работоспособности.

Установлены существенные различия корреляционных связей между психофизиологическими характеристиками у здоровых субъектов (оптантов), действующих операторов газотранспортных систем и пациентов с неврологическими расстройствами различного генеза. В частности, у оптантов и пациентов, страдающих неврологическими расстройствами различного генеза, ведущими психофизиологическими характеристиками являются такие, как время реагирования на световой сигнал, время концентрации внимания, правильность сенсомоторной реакции выбора, процессы воспроизведения, реакция на движущийся объект, степень концентрации внимания, эффективность избирательности внимания. Вместе с тем у действующих операторов к ведущим психофизиологическим характеристикам относятся: время реагирования на световой сигнал, процессы воспроизведения, процессы узнавания, сте-

пень концентрации внимания, эффективность избирательности внимания и концентрация внимания. Кроме того, показано, что у операторов теснота установленных корреляционных связей между психофизиологическими характеристиками существенно слабее по сравнению с оптантами и пациентами с неврологическими расстройствами.

Разработанный комплекс компьютерных программ может быть использован для ранней доклинической диагностики симптомов развития сосудистой патологии в коре, а также объемных процессов в подкорковых структурах головного мозга. В частности, на основе компьютерного анализа времени реагирования на световой сигнал, сенсомоторной реакции на визуальные сигналы, показателей зрительной кратковременной памяти может быть осуществлена ранняя диагностика новообразований в глубоких подкорковых структурах, включая четверохолмие таламической области мозга.

Заключение

Таким образом, разработанный комплекс компьютерных программ, предназначенный для исследования психофизиологических характеристик человека, может быть эффективно использован как для профессионального отбора оптантов – кандидатов на

должности операторского персонала, так и для ранней доклинической диагностики неврологических расстройств различного генеза, прежде всего, затрагивающих психомоторную и когнитивную сферу. Результаты, полученные при апробации вновь разработанного комплекса компьютерных программ исследования психофизиологических характеристик, позволяют заключить следующее.

1. Метод и программный комплекс оценки медико-биологических параметров человека, основанный на расчете площади лепестковой многоугольной диаграммы, построенной по результатам измерений по методикам деятельности типа 14 психофизиологических характеристик с учетом их весовых коэффициентов значимости (от максимального 0,141 до минимального 0,03), позволяют осуществить: оценку функционального состояния центральной нервной системы, в том числе при неврологических расстройствах различного генеза; биомедицинский скрининговый мониторинг основных параметров психофизиологического состояния человека; оценку (в течение 60 мин) функционального состояния человека при предварительных, периодических и обязательных медицинских осмотрах.

2. Закономерность падения на 10 до 40% параметров внимания при воздействии на человека в течение 40–45 мин стрессовой ситуации по сравнению с нормальным режимом работы, где параметры внимания составляют: среднее время выполнения задания 3–5 мин и точность 5–30% ошибок, позволила реализовать методику определения психологической стрессоустойчивости человека.

3. Метод оценки риска снижения надежности профессиональной деятельности оператора, основанный на анализе его психофизиологических характеристик и решении, что риск снижения надежности пропорционален вероятности нарушения психофизиологического состояния человека, включает четыре диапазона снижения степени надежности профессиональной деятельности операторов [1]:

– допустимая надежность (риск снижения надежности до 0,1);

– сниженная надежность (риск – от 0,1 до 0,45);

– низкая надежность (риск – от 0,45 до 0,55);

– критическое состояние надежности (риск – от 0,55 до 1), что позволяет прогнозировать снижение надежности операторов опасных производств на период времени от 0,4 до 1,5 лет с достоверностью 0,7–0,75.

4. Анализ таких характеристик, как точность реагирования в совмещенной деятельности, правильность и время сенсомоторной реакции выбора, реакция на

движущийся объект, процессы воспроизведения и узнавания, переключаемость и избирательность внимания, его устойчивость, а также оценка простой сенсомоторной реакции на визуальные сигналы с помощью разработанного комплекса компьютерных программ может быть использован для мониторинга функционального состояния центральной нервной системы пациентов с неврологическими расстройствами различного генеза, прежде всего, затрагивающими психомоторные и когнитивные процессы, а также прогнозирования эффективности их лечения.

Список литературы

1. Давыдовский А.Г. Информационное и математическое моделирование надежности профессиональной деятельности операторов / А.Г. Давыдовский, М. Ел-Грейд, К.Д. Яшин, В.С. Осипович, Л.П. Пилиевич, Ю.А. Гедранович, Е.В. Томашевич // Доклады БГУИР. – 2013. – № 4 (74). – С. 79–84.

2. Ел-Грейд М. Информационная модель деятельности операторов газотранспортных предприятий для снижения риска совершения ошибок в их работе / М. Ел-Грейд, К.Д. Яшин, В.В. Егоров // Доклады БГУИР. – 2010. – № 2(54). – С. 121–126.

3. Ел-Грейд М. Информационные методы исследования профессионально важных качеств специалистов опасных производств / М. Ел-Грейд, К.Д. Яшин, В.В. Егоров // Доклады БГУИР. – 2011. – № 8(62). – С. 95–98.

4. Ел-Грейд М. Исследование профессионально важных качеств операторов машиностроительных и транспортно-энергетических производств / М. Ел-Грейд, В.В. Егоров, А.Г. Давыдовский, К.Д. Яшин // Безопасность жизнедеятельности. – 2012. – № 6. – С. 12–17.

5. Ел-Грейд М. К проблеме снижения риска совершения ошибок в работе операторов систем автоматизированного управления газораспределительных станций / В.В. Егоров, М. Ел-Грейд // Вестник Белорус. нац. техн. ун-та. – 2011. – № 2. – С. 38–45.

References

1. A.G. Davydovsky, M. El-Grejd, K.D. Yashin, V.S. Osipovich, L.P. Pilinevich, Yu.A. Gedranovich, E.V. Tomashevich. *Doklady BGUIR*, 2013, no. 4 (74), pp. 79–84.

2. M. El-Grejd, K.D. Yashin, V.V. Egorov. *Doklady BGUIR*, 2010, no. 2(54), pp. 121–126.

3. M. El-Grejd, K.D. Yashin, V.V. Egorov. *Doklady BGUIR*, 2011, no. 8(62), pp. 95–98.

4. M. El-Grejd, V.V. Egorov, A.G. Davydovskij, K.D. Yashin. *Bezопасnost zhiznedejatelnosti*, 2012, no. № 6, pp. 12–17.

5. V.V. Egorov, M. El-Grejd. *Vestnik Belorus. nac. tehn. un-ta*, 2011, no. 2, pp. 38–45.

Рецензенты:

Ланин В.Л., д.псх.н., профессор Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск;

Семененя И.Н., д.м.н., профессор, начальник отдела научного обеспечения и международного сотрудничества, Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск.

Работа поступила в редакцию 16.09.2013.