

3. Dzounz D., Brodbent D., Vasserman D.E., et al. Human factor. Vol 2. — Moscow: Mir, 1991. — 500 p. (in Russian).

4. Dobroborskiy B.S. Machines safety and human factor. — St-Petersburg, 2011. — 111 p. (in Russian)

5. Kulagin B.V. Basics of occupational psychodiagnostics. — Moscow: Meditsina, 1984. — 216 p. (in Russian).

6. Nersesyan L.S. Psychologic aspects of increasing reliability of managing movable objects. — Moscow: Promedek, 1992. — 287 p. (in Russian).

7. Pfaf V.F., Chernov O.E. Examination of occupational fitness of individuals directly connected with railway traffic // Industr. med. — 2015. — 1. — P. 5–9 (in Russian).

8. Semke V.Ya., Polozhyi B.S. Borderline conditions and mental health. — Tomsk: Izd-vo Tomskogo universiteta, 1990. — 209 p. (in Russian).

9. Chernov O.E., Kolyagin V.Ya. Psychophysiologic aspects of occupational safety on transport // Meditsinskaya sestra. — 2015. — 2. — P. 18–20 (in Russian).

10. Human Factors in Railroad Operations // Washington, DC: U. S. Department of Transportation/Federal Railroad Administration. Final report January 2009.

Поступила 23.05.2017

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Чернов Олег Эдуардович (Tchernov O.E.),  
руковод. Центра профпатологии и профпригодности НУЗ  
НКЦ ОАО «РЖД», д-р мед. наук, проф. E-mail: nkcrzd@gmail.com.

Алексеев Сергей Анатольевич (Alexeyev S.A.),  
1-й зам. нач. Центральной дирекции здравоохранения —  
филиала ОАО «РЖД» (ЦДЗ).

Колягин Владимир Яковлевич (Kolyagin V.Ya.),  
науч. сотр. Отраслевого НПЦ психофизиологии труда НУЗ  
«Научный клинический центр ОАО «РЖД», д-р мед. наук. E-mail: nkcrzd@gmail.com.

УДК 159.944.4

Колягин В.Я., Сериков В.В.

### МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ У ЛИЦ ОПЕРАТОРСКИХ ПРОФЕССИЙ

НУЗ «Научный клинический центр ОАО «РЖД», Часовая ул., 20, Москва, Россия, 125315

Статья посвящена результатам исследования когнитивных функций работников локомотивных бригад, проведенного с использованием методики вызванных потенциалов Р300 до и после моделирования элементов профессиональной деятельности на тренажерном комплексе «Кабина машиниста локомотива ЭП1М» в условиях сменной работы. Выявлено, что машинисты, «ненадежные» по показателям профессиональной надежности, совершали на тренажере почти в 2 раза больше ошибок в поездной деятельности в сравнении с «надежными» машинистами.

**Ключевые слова:** когнитивные вызванные потенциалы; профессиональная надежность; человек-оператор; когнитивные функции; психическая регуляция; тренажерный комплекс

Kolyagin V.Ya., Serikov V.V. **Methodologic aspects of cognitive evoked potentials in operator occupations**  
Research Clinical Center of JSC Russian Railways, 20, str. Chasovaya, Moscow, Russia, 125315

The article covers results of cognitive function studies in locomotive crew workers, conducted with evoked potentials method P300 before and after modelling of occupational activity elements on training complex «Locomotive EP1M operator cabin» in shift work. Findings are that the operators assigned as «unreliable» according to occupational reliability parameters made nearly 2 times more traffic mistakes on the training complex, if compared to «reliable» operators.

**Key words:** cognitive evoked potentials; occupational reliability; human operator; cognitive functions; psychic regulation; training complex

**Введение.** Исследованию психологических механизмов и проблем регуляции надежности человека — оператора в экстремальных условиях трудовой деятельности в последние десятилетия посвящено значительное количество работ, как в отечественной, так и зарубежной литературе [1,2,4–8,10–13].

Анализ этих работ показывает, что большинство из них связаны с проблемой психической регуляции поведения и деятельности человека-оператора, что отражено в различных теоретических подходах:

- кибернетический подход (П.К. Анохин, Н.А. Бернштейн, Ч.С. Карвер и М.Ф. Шierer);

- структурно-функциональный подход (Б.Ф. Ломов, В.Д. Шадриков, Н.И. Чуприкова, А.В. Карпова, Г.М. Зараковский);

- концептуальные модели в психической регуляции профессиональной деятельности (Д.А. Ошанин, Н.Д. Завалова, Б.Ф. Ломов и В.А. Пономоренко);

- саморегуляции деятельности и функциональных состояний (С.Л. Рубинштейн, О.А. Конопкин, В.И. Моросанова, А.А. Обознов); метакогнитивизм (Дж. Флейвелл, А.Л. Браун, Дж. Данлоски и Ж. Меткалфи, Б.М. Величковский, М.А. Холодная, А.В. Карпов и др.);

- организационно-процессуальный подход к анализу психической регуляции поведения и деятельности (А.Н. Костин, Ю.Я. Голиков).

Однако данные теоретико-методологические подходы не могут в полной мере отражать механизмы психической и психофизиологической регуляции деятельности человека-оператора без объективной оценки динамики когнитивных функций в процессе профессиональной деятельности. Исследование механизмов психической регуляции позволит лучше понять, за счет чего происходит срыв функциональных и регуляторных систем организма, приводящий к ошибкам, авариям и проездам запрещающих сигналов светофора, и своевременно скорректировать нарушенные механизмы когнитивной сферы в плане повышения надежности профессиональной деятельности человека-оператора.

Одним из объективных методов оценки когнитивных функций человека-оператора по данным ряда авторов (Костандов, Гнездицкий, Goodin, Squires, Weissenborn), является метод когнитивных вызванных потенциалов (Р-300).

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 5 машинистов электровоза пассажирского движения Московской дирекции тяги (ТЧЭ — 6 и ТЧЭ — 2) в возрасте от 24 до 46 лет. Проведено 20 исследований.

**Регистрация данных.** В графике исследования отображались Ф.И.О. машиниста, (которое в дальнейшем шифровалось порядковым номером), возраст, дата исследования, последняя поездка до исследования, артериальное систолическое и диастолическое давление (далее СД/ДД), допустимое по базе данных автоматической системы предрейсового медицинского осмотра (далее АСПО) и текущее СД/ДД перед поездкой. Все машинисты проходили проверку на наличие паров алкоголя в выдыхаемом воздухе с помощью алкотестера. Исследование проводилось без применения машинистами лекарственных средств.

Машинисты совершали «поездки» на тренажерном комплексе без помощника машиниста. Перед «поездкой» машинисты получали задание, в котором был расписан маршрут движения, скоростной режим по каждому участку пути и временные интервалы между остановками.

Моделирование поездной деятельности машиниста осуществлялось с помощью тренажерного комплекса «Кабина машиниста локомотива ЭП-1М», который максимально точно воспроизводит условия реальной поездки. Технические возможности комплекса позволяют задавать такие параметры, как время суток, различные погодные условия, а также неисправности в локомотиве и экстренные ситуации.

По окончании каждой поездки на тренажерном комплексе автоматически формировался протокол совершаемых машинистом ошибок в управлении локомотивом с учетом степени их значимости для безопасности движения, оценка производилась по пятибалльной системе. В протоколе отображалось количество нарушений и суммарный штрафной балл, что и служило индикатором надежности профессиональной деятельности.

Также исследовались когнитивные функции работников локомотивных бригад с использованием методики вызванных потенциалов Р300 до и после моделирования элементов профессиональной деятельности на тренажерном комплексе «Кабина машиниста локомотива ЭП1М» в условиях сменной работы. Исследования проводились в ночное время суток с 23:00 и в дневное — с 09:00 до 17:00.

Вызванные потенциалы представляют собой ответы высших нервных функций на различные стимулы психической деятельности [3].

Поскольку на одиночных записях ВП обычно слабо выделяются на фоне спонтанных колебаний ЭЭГ, их выделяют методом синхронного (когерентного) усреднения нескольких десятков записей ЭЭГ. В зависимости от модальности стимулов и вызываемых событий можно оценивать состояние проведения по соответствующим путям и состояния центральных звеньев, вовлекаемых в процесс восприятия и последующей обработки информации. Сущность метода анализа когнитивных процессов заключается в том, что выделяются не просто реакции на тот или иной стимул, связанный с приходом афферентации, а анализируются эндогенные события, связанные с распознаванием и запоминанием стимула. Методика Р300 основывается на подаче случайной последовательности в серии из двух стимулов, среди которых есть незначимые и значимые, на которые испытуемый должен реагировать и которые не резко, но отличаются друг от друга по ряду параметров. При обычном выделении ответов на эти отличающиеся стимулы (чаще используются слуховые) без условия их опознания, регистрируются длиннотентные слуховые ВП (V-волна), которые несколько отличаются друг от друга из-за разницы параметров стимулов. Однако ситуация меняется, если будет дана инструкция, что один из стимулов будет значимым (2000 Гц.) и на него нужно обратить внимание, опознать и подсчитать. Он будет редко подаваться на фоне незначимых стимулов (1000 Гц.). При выделении и усреднении в такой

серии ответов на незначимые частые стимулы получается волна, сходная при выделении в обычной последовательности. При выделении ответов на значимые редкие стимулы характер ответов будет резко отличаться от обычной серии появлением большой позитивной волны в области 300 мс. Физические свойства стимула не изменяются, меняется лишь то, что эти стимулы распознаются в серии других стимулов, они запоминаются, подсчитывается их число. Следствие этого процесса распознавания и запоминания — появление эндогенной волны, точнее комплекса в области 300 мс. (P300).

Считается, что когнитивные вызванные потенциалы являются индикаторами электрических процессов работы коры головного мозга, связанных с механизмами восприятия информации, и ее обработки [3]. В данный механизм включены корковые функции мозга человека, такие как распознавание стимулов, запоминание и мыслительные процессы, связанные с принятием решения.

Полученные данные подвергались статистической обработке с помощью программы SPSS v. 16.

#### Результаты исследования.

Оценка профессиональной надежности машинистов по данным тренажерного комплекса.

По определению Бодрова В.А., профессиональная надежность субъекта труда — уровень безотказности, безошибочности и своевременности рабочих операций.

Основным критерием профессиональной надежности являются понятия «отказ» — прекращение действий или деятельности по тем или иным причинам, и «ошибка» — неправильное действие, приводящее к отклонению в деятельности управляемой техники (или человека) за допустимые пределы [9].

Проанализированы данные протоколов исследования с использованием тренажерного комплекса «Кабина машиниста электровоза ЭП1М».

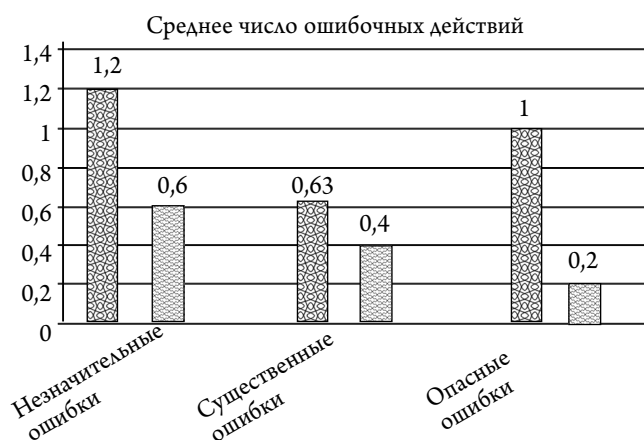


Рис. 1. Распределение ошибок поездной деятельности на тренажере, в зависимости от профессиональной надежности

К рис. 1–4:

■ Ненадежные машинисты ■ Надежные машинисты

Оценка качества поездной деятельности машинистов по данным тренажерного комплекса.

В протоколах исследований на тренажерном комплексе отображаются ошибки, совершенные машинистами во время поездной деятельности. Ошибки различаются по тяжести нарушений для безопасности движения: незначительные или информативные, существенные или опасные. Средние показатели ошибок в поездной деятельности «надежных» и «ненадежных» по уровню профессиональной надежности машинистов представлены на рис. 1.

Общий суммарный балл «надежных» и «ненадежных» машинистов по профессиональной надежности представлен на рис. 2.

Таким образом, «ненадежные» профессионально машинисты совершали на тренажере почти в 2 раза больше ошибок в поездной деятельности в сравнении с «надежными».

Оценка когнитивных функций у «ненадежных» и «надежных» машинистов по профессиональной надежности с помощью метода вызванных потенциалов P-300.

Исследованием установлено, что у «надежных» профессионально машинистов восприятие значимого стимула в среднем происходит за 176 мс, опознание значимого стимула в среднем — 124 мс и принятие решения — 86,5 мс, тогда как у «ненадежных» по профессиональной надежности машинистов латентности данных показателей увеличены на уровне тенденций и соответствуют: восприятие — 198 мс; опознание — 132 мс; принятие решения — 93 мс, за счет чего и происходит увеличение латентности P300. У «надежных» машинистов она составляет около 300 мс, у «ненадежных» средние показатели латентности 353,3 мс. Данные о различиях «надежных» и «ненадежных» по профессиональной надежности машинистов после дневной поездки на тренажерном комплексе представлены на рис. 3.

На рис. 3 видно, что выборка «ненадежных» и «надежных» по профессиональной надежности машинистов различается практически по всем показателям на уровне тенденций. Выявлена высокая корреляция  $r=0,828$  в данных по ошибочным действиям в работе «ненадежных» машинистов с латентностью P300.

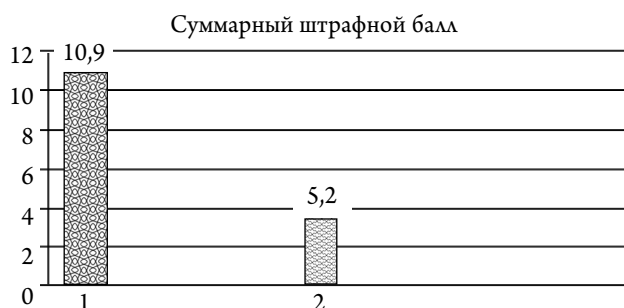


Рис. 2. Суммарный штрафной балл в поездках на тренажерном комплексе «ненадежных» и «надежных» машинистов по профессиональной надежности,  $p \leq 0,04$



Рис. 3. Различия показателей вызванного потенциала P300 и ошибочных действий «надежных» и «ненадежных» машинистов по профессиональной надежности после дневной поездки на тренажерном комплексе \*, \*\*, \*\*\*  $p \leq 0,005$

Аналогичные данные получены в работе машинистов на тренажерном комплексе в ночное время суток, которые представлены на рис. 4.

На рис. 4 видно, что выборка «ненадежных» и «надежных» по профессиональной надежности машинистов также значительно различается практически по всем показателям.

#### Выводы:

1. Надежность профессиональной деятельности лиц операторских профессий обусловлена устойчивыми характеристиками когнитивных функций, которые объективно можно оценить с помощью использования когнитивных вызванных потенциалов (P300).

2. Исследованием установлено, что машинисты, «ненадежные» по показателям профессиональной надежности, совершали на тренажере почти в 2 раза больше ошибок в поездной деятельности в сравнении с «надежными» машинистами.

3. У «надежных» машинистов латентность P300 составляет около 300 мс, у «ненадежных» средние показатели латентности существенно увеличены и составляют 353,3 мс, что свидетельствует об ухудшении когнитивных процессов на уровне принятия решения у данной группы машинистов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES п. 13)

1. Анохин П.К. Системные механизмы высшей нервной деятельности: избр. тр. / АН СССР, Отд. физиологии. — М.: Наука, 1979. — 454 с.
2. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. — М.: Медицина, 1975. — 255 с.
3. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. — М.: МЕДпресс-информ, 2003. — 264 с.
4. Завалова Н.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А. Образ в системе психической регуляции деятельности. — М.: Наука, 1986. — 169 с.
5. Конопкин О.А. Структурно-функциональный и содержательно-психологический аспекты осознанной саморегуляции // Психология. — 2005. — №1. — С. 27–42.
6. Костин А.Н., Голиков Ю.Я. Организационно-процессуальный подход к анализу психической регуляции поведения и



Рис. 4. Различия показателей вызванного потенциала P300 и ошибочных действий «надежных» и «ненадежных» машинистов по профессиональной надежности после ночной поездки на тренажерном комплексе \*, \*\*, \*\*\* , \*\*\*\*  $p \leq 0,005$

деятельности // Знание. Понимание. Умение. — 2012. — № 4. — С. 245–249.

7. Ломов Б.Ф. Вопросы общей, педагогической и инженерной психологии. — М.: Педагогика, 1991. — 296 с.

8. Ломов Б.Ф. О структуре процесса опознания сигнала // Материалы XVIII Междунар. конгр. по психологии: Обнаружение и опознавание сигнала. Симпоз. — М.: О-во психологов, 1966. — с. 135–142.

9. Обознов А.А. Психическая регуляция операторской деятельности (в особых условиях рабочей среды). — М.: ИП РАН, 2003. — 182 с.

10. Профессиональные способности / Шадриков В.Д. — М.: Университетская книга, 2010. — 319 с.

11. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии — СПб: Питер, 2000. — 720 с.

12. Холодная М.А. Психология интеллекта: Парадоксы исследования. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб: Питер, 2002. — 272 с.

#### REFERENCES

1. Anohin P.K. Systemic mechanisms of higher nervous activity: Selected works of USSR AS, Physiology department. — Moscow: Nauka, 1979. — 454 p. (in Russian).
2. Anohin P.K. Essays on physiology of functional systems. — Moscow: Meditsina, 1975. — 255 p. (in Russian).
3. Gnezditskiy V.V. Evoked brain potentials in clinical practice. — Moscow: MEDpress-inform, 2003. — 264 p. (in Russian).
4. Zavalova N.D., Lomov B.F., Ponomarenko V.A. Image in a system of psychic regulation of activities. — Moscow: Nauka, 1986. — 169 p. (in Russian).
5. Konopkin O.A. Structural functional and psychologic substantial aspects of conscious self-regulation // Psychologia. — 2005. — 1. — P. 27–42 (in Russian).
6. Kostin A.N., Golikov Yu.Ya. Organizational processual approach to analysis of psychic regulation of behavior and activities // Znanie. Ponimanie. Umenie. — 2012. — 4. — P. 245–249 (in Russian).
7. Lomov B.F. Problems of general, pedagogic and engineer psychology. — Moscow: Pedagogika. — 1991. — 296 p. (in Russian).

8. Lomov B.F. On structure of signal identification process. Materials of XVIII international congress on psychology: Detection and identification of signal. — Moscow: O-vo psihologiv, 1966. — P. 135–142 (in Russian).

9. Obzornov A.A. Psychic regulation of operator activities (in special conditions of working environment). — Moscow: IP RAN, 2003. — 182 p. (in Russian).

10. Shadrikov V.D. Occupational abilities. — Moscow: Universitetskaya kniga, 2010. — 319 p. (in Russian).

11. Rubinshtein S.L. Basics of general psychology. — St-Petersburg: Piter, 2000. — 720 p. (in Russian).

12. Holodnaya M.A. Psychology of intellect: Paradoxes of study. 2<sup>nd</sup> edition, revised and added. — St-Petersburg: Piter, 2002. — 272 p. (in Russian).

13. John H. Flavell. Cognitive development. — Prentice-Hall, 1977–286 p.

Поступила 24.05.1017

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Колягин Владимир Яковлевич (Kolyagin V.Ya.),  
науч. сотр. Отраслевого НПЦ психофизиологии труда  
НУЗ НКЦ ОАО «РЖД», А-р мед. наук. E-mail: nkcrzd@gmail.com.

Сериков Василий Васильевич (Serikov V.V.),  
нач. Отраслевого НПЦ психофизиологии труда НУЗ НКЦ  
ОАО «РЖД». E-mail: vasilii\_serikov@mail.ru.

УДК 616.12–008.318.8

Алпаев Д.В.

### ОСОБЕННОСТИ ЦИРКАДНОЙ И СЕЗОННОЙ РИТМИКИ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ ПРИ РАБОТЕ СО СМЕННЫМ ГРАФИКОМ

НУЗ «Научный клинический центр ОАО «РЖД», Часовая ул., 20, Москва, Россия, 125315

На основе анализа данных предсменных измерений изучено влияние периодов суток и сезонов календарного года на характер суточного (циркадного) ритма частоты сердечных сокращений у лиц, работающих со сменным графиком (с ночными сменами).

Установлено, что на протяжении всего календарного года при сохранении типичной для нормального суточного ритма жизни (со сном в ночные часы) чередования фазовых изменений частоты сердечного ритма, соответствующих периодам сна и бодрствования (суточный профиль), регистрируется низкий циркадный индекс частоты сердечных сокращений. Установлено, что наиболее высокая частота сердечных сокращений характерна для весны и осени, наиболее низкая — для зимних месяцев, при этом частота сердечного ритма регистрируется в пределах нормальных значений.

**Ключевые слова:** *суточная (циркадная) ритмика частоты сердечных сокращений; сезонная ритмика частоты сердечных сокращений*

Alpaev D.V. **Features of diurnal and seasonal rhythms of heart rate changes in shift workers**

Research Clinical Center of JSC Russian Railways, 20, str. Chasovaya, Moscow, Russia, 125315

Based on analysis of preliminary measurements data, the authors studied influence of daily periods and year seasons on diurnal rhythm of heart rate in individuals working on shift schedule (with night shifts).

Findings are that during all year, with preserved lifestyle typical for normal diurnal rhythm (with night sleep) and alternating phase changes of heart rate corresponding to sleep and wakefulness (diurnal profile), low diurnal index of heart rate was registered. The highest heart rate appeared to be in spring and autumn, the lowest one — for winter months, with that heart rate was within normal limits.

**Key words:** *diurnal rhythm of heart rate; seasonal rhythm of heart rate*

Наряду с определенной суточной ритмикой артериального давления, циркадная ритмика (ритмика суточных изменений) характерна и для частоты сердечного ритма. Стандартной диагностической методикой контроля частоты сердечных сокращений (ЧСС) является суточная регистрация электрокардиограммы при

холтеровском мониторинговании (ХМ). Кроме того, ЧСС — один из двух (наряду с уровнем артериального давления) гемодинамических параметров, обязательно определяемых при прохождении предрейсовых медицинских осмотров (ПРМО) на предприятиях железнодорожной отрасли.