УДК 656.2.052:331.101.1:004.9, 159.9:656.2.052:331.101.1

ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНТЕРАКТИВНАЯ СИСТЕМА «ПРОФИЛЬ БРИГАДЫ МАШИНИСТОВ ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО»

Щербина Наталья Витальевна
Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, 220013, Республика Беларусь, г. Минск, ул. П. Бровки, 6

Аннотация

В статье приведены результаты исследования способности машинистов локомотивных бригад к формированию навыка релаксации по средствам проведения БОС-тренингов с использованием аппаратно-программного комплекса NeuroDog. Приводятся регрессионные модели по прогнозированию значений по показателям формирования навыка релаксации. Показана практическая значимость применения информационной интерактивной системы «Профиль бригады машинистов локомотивного депо» в персонализированном подходе в составлении программы БОС-тренинга по формированию навыка релаксации у работников локомотивных бригад.

Ключевые слова

биологическая обратная связь, саморегуляция, формирование навыка релаксации, функциональное состояние, локомотивная бригада

Введение. В настоящее время индивидуальные особенности человека, влияющие на процесс саморегуляции, являются предметом исследований в области медицины, психологии, психофизиологии, психологии труда, гигиены труда, охраны труда и смежных наук.

Изучению взаимосвязей между психофизиологическими, личностными показателями человека и его способностью к саморегуляции своего функционального состояния посвящены исследования таких отечественных и зарубежных ученых, как Г. Ш. Габдеева; Е.П. Ильин; К.Изард; А.И. Федотчев, А. Т. Бондарь, Е. В. Ким; Н. Н. Сентябрев; Д. В. Петухов; К. Г. Мажирина; С. В. Черный; С. И. Сороко, В. В. Трубачев; Ю. М. Каминская; Е. В. Бирюкова; А. Н. Долецкий; А. А. Брагин; P. Brauchli; D. R. Morse; N. A. Jones, R. Kaushik. Рассмотренные научные труды свидетельствуют об индивидуальных теоретических взглядах на классификацию средств, методов и приемов саморегуляции функционального состояния человека. При этом отсутствует прогнозирование способности человека к саморегуляции функционального состояния, которое можно использовать при диагностике способности к обучению и разработке индивидуальной программы обучении для формирования навыка саморегуляции.

Материалы и методы. Проводится исследование среди машинистов локомотивных бригад Белорусской железной дороги г. Минска, целью которого явилось исследование закономерностей взаимодействия психофизиологических, личностных показателей работников локомотивной бригады на формирование навыка релаксации на основе биологической обратной связи (далее – БОС) по времени нарастания или спада фазической составляющей электродермальной активности кожи (ЭАК) и разработка на основе результатов исследования информационной интерактивной модели профиля машиниста для персонализированного подхода к разработке программы обучения по формированию навыка релаксации. Предмет исследования – закономерности формирования навыка релаксация на основе биологической обратной связи у машинистов и помощников машинистов локомотивных бригад. Объект исследования – работники локомотивных бригад, их психофизиологические и личностные показатели.

Для исследования формирования навыка релаксации выбран метод БОС с использованием аппаратно-программного комплекса (далее – АПК) NeuroDog (АО «Нейроком») и использование АПК УПДК-МК (АО «Нейроком») для сбора психофизиологических и личностных показателей работников локомотивных бригад. Биологическая обратная связь получила широкое распространение в исследовании психологической саморегуляции функционального состояния человека. Исследователи выделяют несколько основных видов функционального состояния человека. В исследовании будем использовать понятие «состояние оперативного покоя», как состояние готовности человека включится в рабочий процесс; понятие «состояние спокойного бодрствования», как состояние покоя, состояние релаксации [1]. Концепция модели саморегуляции функционального состояния человека и попытка развернутого ее изложения содержатся в научных трудах российских ученых В. Л. Марищук, О. А. Конопкина. Основной акцент делается на систематичность и регулярность занятий, направленных на достижение оптимального уровня жизнедеятельности человека [2].

Обзор методов исследования физиологических показателей, используемых в системах с БОС [3-5] показал, что системы с БОС предназначены непосредственно для развития навыков саморегуляции у человека. Рассмотренные методы являются неинвазивными, немедикаментозными, не имеют строгих противопоказаний и допускаются к применению не только в лечебно-профилактических учреждениях, но и в условиях производства под наблюдением специалиста или самостоятельно. Таким образом, использование методов биологической обратной связи представляется предпочтительным, поскольку не имеет противопоказаний у относительно здоровых людей [5] и позволяет человеку на основании понятных сигналов судить о своих успехах в обучении саморегуляции.

В исследовании приняли участие 106 машинистов локомотивных бригад Моторвагонного депо г. Минска в возрасте от 18 до 65 лет, мужчины, средний возраст по выборке составил 32 ± 11,4 года. Стаж работы – от 1 до 36 полных лет. В процессе эксперимента исследовали время нарастания/спада фазической составляющей ЭАК машиниста с точки зрения шкалы: состояние в «норме» –

состояние активного бодрствования («виртуальный щенок», стоящий на задних лапах); состояние «релаксации» – состояние спокойного бодрствования (спящий «виртуальный щенок») [1]. Перед испытуемыми ставили задачу добиться перехода «виртуального щенка» в спящее состояние, что возможно только в случае достижения испытуемым определенного уровня своей релаксации. При этом испытуемый мог использовать любые известные ему методики саморелаксации, доступные в момент проведения эксперимента (дыхательные техники, аутогенные тренировки и др.) либо методом проб и ошибок выработать индивидуальную стратегию. Специальное обучение испытуемого методикам саморелаксации перед проведением эксперимента не проводилось [1, 6].

Результаты. Результатом обработки первичных эмпирических данных, полученных с использованием АПК NeuroDog на основе БОС по времени нарастания или спада фазической составляющей электродермальной активности кожи, стало разделение испытуемых на группы 1, 2, 3 по степени успешного формирования навыка релаксации и введение понятия «показатели формирования навыка релаксации»: 1) время от начала БОС-сеанса до фиксирования первого временного интервала длительностью $t \geq 150$ с между последовательной регистрацией двух временных интервалом нарастания/спада фазической составляющей ЭДА (время до КГР-150) для всех БОС-сеансов; 2) время от начала БОС-сеанса до фиксирования первого значения длительностью $t \geq 60$ с, определенного как среднее по последним текущим трем значениям между последовательной регистрацией двух временных интервалов нарастания/ спада фазической составляющей ЭДА (время до $КГР_{ср}$-60) для всех БОС-сеансов; 3) сумма интервалов длительность $t \geq 150$ с между последовательной регистрацией двух временных интервалов нарастания/спада фазической составляющей ЭДА (сумма КГР-150) для всех БОС-сеансов; 4) сумма средних значений по последним текущим трем полученным значениям ($t \geq 60$ с) между последовательной регистрацией двух временных интервалов нарастания / спада фазической составляющей ЭДА (сумма КГРср-60) для всех БОС-сеансов; 5) общее время БОС-сеансов [1, 6, 7].

Сравнительный анализ групп 1, 2, 3 по психофизиологическим, личностным показателям выявил различия между группами по уровню бдительности, скорости переключения внимания, эмоциональной устойчивости, объему внимания, по показателям простой и сложной двигательных реакций [8]. Составлены личностные профили для каждой группы машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад по методике Т. Лири, Р.Б. Кеттелла, MMPI [6]. При проведении корреляционного анализ по Ч. Спирмену (в анализ включены 114 количественных психофизиологических, личностных показателей машинистов локомотивных бригад) установлены достоверные 11 корреляционные положительные и отрицательные взаимосвязи исследованных признаков ($p < 0,05$) с показателями релаксации [2].

Факторный анализ позволил выявить факторы, отражающие структуру саморегуляции функционального состояния работников локомотивных бригад. Факторы представлены психофизиологическими, личностными показателями работников локомотивных бригад. Факторному анализу подвергнуты данные по

отобранным переменным в количестве 64 признаков. Для выделения факторов применен метод главных компонент. Для вращения факторных нагрузок переменных использован метод Варимакс исходных. Факторная структура показана 13-ю факторами, объясняющими 60,23 % общей дисперсии переменных. Таким образом, формирование навыка релаксации у машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад определяется их психофизиологическими, личностными показателями [9].

С целью разделения испытуемых на группы на основании их сходства по совокупности некоторых признаков проведен кластерный анализ с использованием метода k-средних. Кластеризация производилась по пяти переменным – показателям формирования навыка релаксации. В результате – распределение испытуемых представлено тремя кластерами (χ^2=65,25 при p=0,00000): кластер 1 (14 человек) – полностью образован представителями группы 1; кластер 2 (51 человек) – 60,78 % представителей группы 1 (31 человек) и 39,22 % представителей группы 2 (20 человек); кластер 3 (41 человек) – 48,78 % представителей группы 3 (20 человек), 46,34 % представителей группы 2 (19 человек) и 4,88 % представителей группы 1 (2 человека) [2, 11, 12]. Для сравнения трех кластеров по психофизиологическим, личностным показателям проведен однофакторный дисперсионный анализ. В результате установлено, что достоверные статистически значимые различия между кластерами имеются по следующим переменным: количество ошибок при оценке концентрации внимания в виде (F (2, 103) = 6,38, p = 0,002436), объем внимания, выраженный в количестве символов (F (2, 103) = 3,55, p = 0,032282), фактор G: низкая – высокая нормативность поведения (F (2, 103) = 8,67, p = 0,000332), MMPI L: шкала лжи (F (2, 103) = 3,11, p = 0,048922) и MMPI 2 – пессимистичность (F (2, 103) = 3,83, p = 0,024775). С помощью критерия Дункана выявлены различия по вышеперечисленным переменным между кластерами [2, 11, 12].

Расчеты по H-критерию Краскела-Уоллиса показали статистически значимые различия по показателям: время выполнения задания на эмоциональную устойчивость (H (2, 106) = 5,88; p = 0,0530); количество ошибок, допущенных при выполнении задания на концентрацию внимания (H (2, 106) = 10,38; p = 0,0056); теппинг/2 (H (2, 106) = 5,76; p = 0,0560); внутриличностный октант 6 (H (2, 106) = 6,42; p = 0,0403); внутриличностный октант 8 (H (2, 106) = 5,77; p = 0,0558); доминирование в межличностных отношениях H (2, 106) = 5,65; p = 0,0592); фактор G (низкая-высокая нормативность поведения) (H (2, 106) = 6,81; p = 0,0333) и интернальность в области достижений (H (2, 106) = 5,71; p = 0,0576). Показаны статистически значимые отличия по показателям между группами [2, 11, 12].

В результате дискриминантного анализ, проведенного пошаговым методом с включением переменных, получена модель, позволяющая наилучшим образом предсказывать, к какой группе (группа 1, 2, 3) стоит отнести машиниста локомотивной бригады. Ее адекватность как различительную мощность характеризует лямбда Уилкса, равная 0,17. Проведенный с ее помощью тест показывает наличие статистически значимых различий (F(72, 136) = 2,69; p = 0,000) средних арифметических значений каждой из построенных

дискриминантных функций между тремя сравниваемыми группами. В пошаговом анализе дискриминантной функцией в модель включены 36 из 56 отобранных переменных, среди которых были отобраны информативные переменные с уровнями значимости от 0,04 до 0,0006. Точность диагностики по предсказанию группы по формированию навыка релаксации в среднем составила 84,91 %, для группы 1 – 85,11 %, для группы 2 – 89,74 %, для группы 3 – 75 %. Полученные линейные квалификационные функции позволяют отнести нового участника к соответствующей для него группе формирования навыка релаксации. Прогнозирование группы определяется по максимальному значению линейных квалификационных функций, рассчитанных для групп 1, 2, 3. Полученные стандартизированные коэффициенты β позволяют определить частный вклад каждой переменной в предсказание исхода для испытуемого. Полученные данные факторной нагрузки канонических линейных дискриминантных функций могут использоваться для оценки коэффициентов «весомости» переменных при решении диагностической задачи [10].

Полученные регрессионные модели зависимостей показателей формирования навыка релаксации от психофизиологических, личностных показателей работников локомотивных бригад имеют хорошее и достаточное качество, и на 71 % – 87 % объясняют вариации зависимых переменных [11, 13].

Регрессионная модель зависимости «суммы КГРср-60 за сеансы» от психофизиологических, личностных показателей работников локомотивных бригад имеет показатели качества: коэффициент детерминации $R^2 = 0,75$ (при $F(49, 56) = 3,51$, $p = 0,0000043$), статистика Дарбина-Уотсона $d = 2,09$. Качество модели – достаточное [11, 13]. Регрессионная модель зависимости «суммы КГР-150 за сеансы» от психофизиологических, личностных показателей работников локомотивных бригад имеет показатели качества: коэффициент детерминации $R^2 = 0,71$ (при $F(40, 65) = 4,06$, $p = 0,00000027$), статистика Дарбина-Уотсона $d = 1,81$. Качество модели – хорошее [11, 13]. Регрессионная модель зависимости «времени до КГР-150» от психофизиологических, личностных показателей работников локомотивных бригад имеет показатели качества: коэффициент детерминации $R^2 = 0,87$ (при $F(54, 51) = 6,34$, $p = 0,000000000$), статистика Дарбина-Уотсона $d = 1,96$. Качество модели – хорошее [11, 13]. Регрессионная модель зависимости «времени до КГРср-60» от психофизиологических, личностных показателей работников локомотивных бригад имеет показатели качества: коэффициент детерминации $R^2 = 0,84$ (при $F(55, 50) = 4,67$, $p = 0,000000077$), статистика Дарбина-Уотсона $d = 1,76$. Качество модели – хорошее. Регрессионная модель зависимости «общее время, потраченное на сеансы» от психофизиологических, личностных показателей работников локомотивных бригад имеет показатели качества: коэффициент детерминации $R^2 = 0,78$ (при $F(46, 59) = 4,68$, $p = 0,000000025$), статистика Дарбина-Уотсона $d = 1,88$. Качество модели – хорошее.

Таким образом, построенные регрессионных моделей объясняют зависимость показателей формирования навыка релаксации от тех или иных психофизиологических, личностных показателей машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад. Качество полученных моделей – хорошее и

достаточное. Полученные регрессионные уравнения [11, 13] позволяют спрогнозировать значения по показателям формирования навыка релаксации, что в дальнейшем может быть использовано сотрудником психологической службы Белорусской железной дороги для разработки индивидуальной программы БОС-тренингов по формированию навыка релаксации у работников локомотивной бригады.

Заключение. Показанная взаимосвязь системы психофизиологических, личностных показателей машинистов, помощников машинистов с формированием навыка релаксации на основе БОС по времени нарастания или спада фазической составляющей электродермальной активности кожи, позволила операционализировать понятие «формирование навыка релаксации» и описать его показателями: время до КГР-150, сумма КГР-150 за сеанс, время до $КГР_{ср}$-60, сумма $КГР_{ср}$-60 за сеанс, общее время сеанса.

Полученные линейные функции классификации принадлежности человека к одной из трех групп по формированию навыка релаксации на основе БОС по времени нарастания или спада фазической составляющей электродермальной активности кожи корректно классифицируют 84,91 % испытуемых и включают в себя переменные со значимостью p = 0,04÷0,006.

Полученные математические модели прогнозирования показателей формирования навыка релаксации на 70 % – 87 % объясняют вариации этих показателей изменчивостью их предикторов (психофизиологических, личностных показателей машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад) со значимостью p = 0,0000043 и выше.

На рисунке 1 показана информационная интерактивная система «Профиль бригады машинистов локомотивного депо».

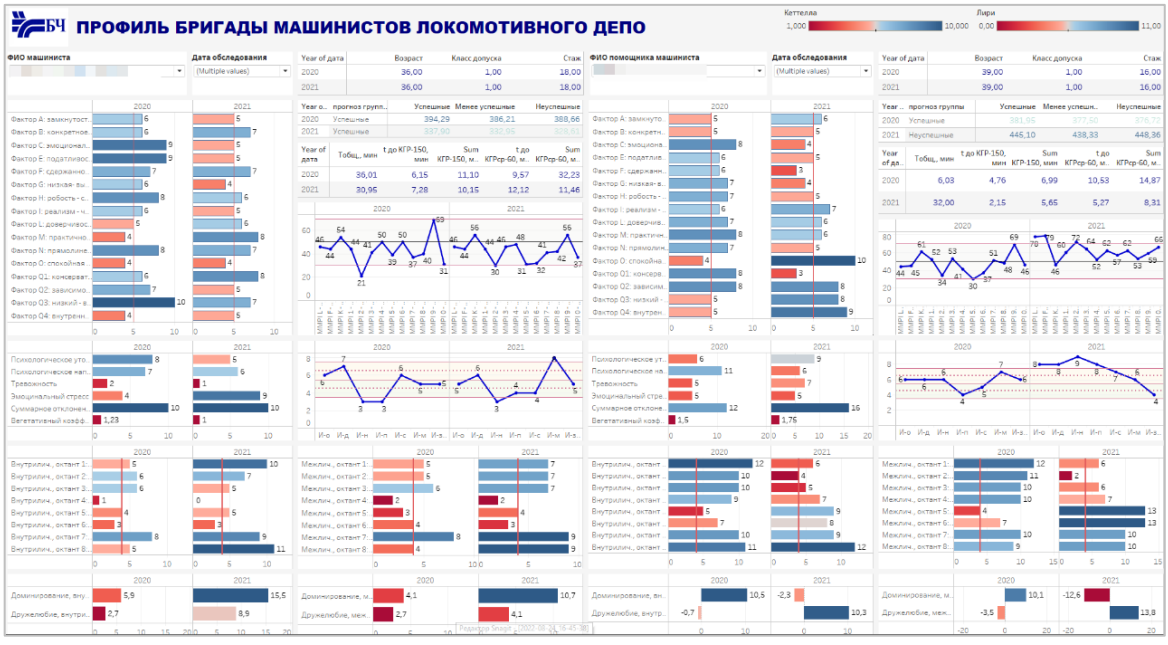


Рисунок 1 –Информационная интерактивная система «Профиль бригады машинистов локомотивного депо»

Информационная интерактивная система, разработанная на платформе Tableau [14], использующая алгоритмы классификации групп, математические модели прогнозирования показателей релаксации, данные по психофизиологическим, личностным показателям человека, дает возможность сотрудникам психологических служб Белорусской железной дороги персонализировать подход к составлению программы БОС-тренинга по формированию навыка релаксации, а также разрабатывать на основании полученных результатов психологического портрета бригады мероприятия по профилактике психологического здоровья работников локомотивных бригад.

Навык релаксации позволит работнику локомотивной бригады, в ряде случаев, преодолевать неблагоприятные условия стрессовых (экстремальных) ситуаций в трудовой деятельности, регулировать свое функциональное состояние на оптимальном уровне во время рабочего рейса и межрейсового отдыха, что благоприятно отразится на надежности выполнения алгоритмов трудовой деятельности и поспособствует сохранению здоровья и продлению трудового долголетия.

Список использованной литературы

1. Щербина, Н. В. Исследование метода выработки навыка на релаксацию с биологической обратной связью по параметрам электродермальной активности / Н.В. Щербина, В.В. Савченко, К.Д. Яшин // Новости медико-биологических наук. – 2019. – № 1/2019. – Том 19. – С. 65-73.

2. Щербина, Н. В. Саморегуляция функционального состояния работников локомотивных бригад на основе биологической обратной связи / Н.В. Щербина // Актуальные проблемы транспорта и логистики : материалы первой Международной научно-технической конференции, Гомель, 30 мая 2023 г. / Белорусский государственный университет транспорта ; под ред. В.Д. Чижонка. – Гомель, 2023. – С. 17-24.

3. Гедранович, Ю. А. Обзор и сравнительный анализ методов и систем для развития навыков релаксации. / Ю.А. Гедранович, В.В. Савченко, К.Д. Яшин, Н.В. Щербина // Журнал «Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики», 2016, № 1(77), С. 62-69.

4. Гедранович, Ю. А. Обзор и сравнительный анализ методов и систем для развития навыков релаксации. / Ю.А. Гедранович, В.В. Савченко, К.Д. Яшин, Н.В. Щербина // Журнал «Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики», 2016, № 2(78), С. 44-50.

5. Щербина, Н. В. Обзор методов исследования физиологических показателей, используемых в системах с биологической обратной связью / Н.В. Щербина // Эргодизайн. – 2023. – № 1(19). – С. 81-89. – DOI 10.30987/2658-4026-2023-1-81-89.

6. Щербина, Н. В. Методика выработки навыка релаксации для работников локомотивных бригад / Н.В. Щербина // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей IX Международной научно-практической конференции, Минск, 17–18 мая 2023 г. : в 2 ч. Ч. 1 /

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2023. – С. 443-449.

7. Щербина, Н. В. Первичная обработка и анализ данных для оценки состояния релаксации машинистов железнодорожного транспорта / Н.В. Щербина, В.В. Савченко, К.Д. Яшин // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Минск, 13-14 марта 2019 г. В 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2019. – С. 121-125.

8. Щербина, Н. В. Анализ различий между группами машинистов локомотивных бригад по профессионально важным психофизиологическим и личностным показателям / Н.В. Щербина // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сборник научный статей VIII Международной научно-практической конференции, Минск, 11-12 мая 2022 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол.: В.А. Богуш [и др.]. – Минск, 2022. – С. 265-272.

9. Щербина Н. В. Регуляция функционального состояния машинистов локомотивных бригад с применением БОС-тренинга: факторный анализ экспериментальных данных. / Н.В. Щербина // Доклады БГУИР. 2021;19(4): 28-36. https://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2021-19-4-28-36.

10. Щербина Н. В. Дифференциальная диагностика способности к выработке навыка релаксации у машинистов локомотивных бригад. / Н.В. Щербина // Доклады БГУИР. 2022;20(4):96-103. https://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-4-96-103.

11. Щербина Н. В. Математическая модель прогнозирования показателей релаксации работников локомотивных бригад / Н.В. Щербина // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей IX Международной научно-практической конференции, Минск, 17-18 мая 2023 г. : в 2 ч. Ч. 1 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2023. – С. 103-113.

12. Щербина Н. В. Анализ различий между группами машинистов локомотивных бригад с разной степенью способности к произвольной регуляции их функционального состояния. / Н.В. Щербина // Доклады БГУИР. 2022; 20(2):21-29. https://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-2-21-29.

13. Щербина Н. В. Прогнозирование способности к выработке навыка релаксации у машинистов локомотивных бригад. / Н.В. Щербина // Доклады БГУИР. 2022;20(7):95-101. https://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-7-95-101.

14. Щербина, Н. В. Визуализация психофизиологических и личностных данных машинисов локомотивных бригад в Tableau / Н.В. Щербина // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции, Минск, 11-12 мая 2022 г. В 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2022. – С. 215-218.