

УДК 159.9.072+159.9.078+331.442+331.446.4

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЛАКСАЦИИ РАБОТНИКОВ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД



Н. В. Щербина

*Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики
УО «Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники», магистр технических наук
shcherbina@bsuir.by*

Н. В. Щербина

Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистр технических наук, «исследователь» в области технических наук. Проводит научные исследования в областях промышленной безопасности, эргономики, психологии и безопасности труда.

Аннотация. Показано влияние психофизиологических, личностных показателей работников локомотивных бригад на способность к выработке навыка релаксации. Получена факторная структура психофизиологических, личностных показателей работников локомотивных бригад и степень их влияния на успешную выработку навыка релаксации. Получены линейные дискриминантные функции для предсказания принадлежности работника локомотивной бригады к одной из трех групп по успешной выработке навыка релаксации. Получены регрессионные модели зависимостей показателей выработки навыка релаксации от психофизиологических, личностных показателей машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад. В среде Tableau разработан дашборд «Профиль бригады машинистов локомотивного депо».

Ключевые слова: биологическая обратная связь, саморегуляция, выработка навыка релаксации, функциональное состояние, электродермальная активность кожи, корреляционный анализ, кластерный анализ, факторный анализ, дискриминантный анализ, множественный регрессионный анализ, локомотивная бригада, психофизиологические и личностные показатели.

Введение.

Актуальность исследования продиктована ростом повышения нагрузки на интеллектуальную и эмоциональную деятельности машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад. Профессия машиниста локомотива является одной из наиболее ответственных работ на железнодорожном транспорте. Отличительной чертой данной профессии является постоянный мониторинг ситуации в пути следования, мониторинг показаний приборов, узлов, механизмов всего локомотива. А это значит, что машинист, помощник машиниста локомотива должен обладать набором навыков и умений, таких как ответственность, пунктуальность, эмоциональная устойчивость, монотонноустойчивость, стрессоустойчивость, повышенное внимание, бдительность, скорость и точность двигательных реакций, чувство времени, готовность к экстренному действию в условиях монотонно действующих факторов, максимально концентрироваться на выполнении поставленной задачи и прочее. Повышенная тревожность, утомляемость, снижение внимания, увеличение количества ошибок при выполнении трудовой деятельности и принятие решений способствуют развитию профессиональных заболеваний и влияют на трудоспособность работников локомотивной бригады, что способствует повышению риска возникновения аварий [1].

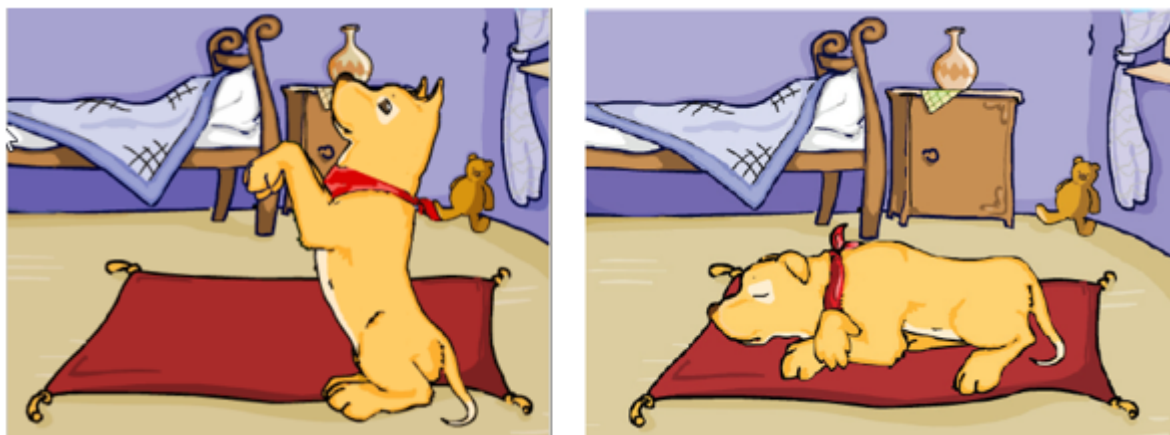
Выработка навыка релаксации позволит работнику локомотивной бригады преодолевать неблагоприятные условия стрессовых (экстремальных) ситуаций в трудовой деятельности,

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. Прогнозирование способности к выработке навыка релаксации поможет сотрудникам психологической службы осуществлять индивидуальный подход к разработке программ тренинга релаксации и проведению мероприятий по профилактике психологического здоровья.

Материалы и методы.

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 $32 \pm 11,4$ года. Стаж работы участников эксперимента в диапазоне от 1 до 36 полных лет [1, 4].

В качестве модуля обучения релаксации использована система БОС, позволяющая работнику самостоятельно оценивать успешность своего обучения навыкам релаксации, АПК NeuroDog экспериментальный образец 25.11.2013, разработанный АО «Нейроком» г. Москва, Россия. Это биоадаптивная игрушка (БАИ), которая предназначена для обучения пользователя навыкам релаксации путем визуализации его текущего уровня бодрствования на экране монитора. БАИ оценивает текущий уровень бодрствования пользователя путем измерения параметров ЭДА с помощью специального датчика (браслет, перстень). В соответствие текущему уровню бодрствования пользователя один из анимационных фрагментов БАИ выводится на экран монитора. В качестве анимационной картинке на экране монитора пользователь видит виртуального щенка, положение которого соответствует его текущему состоянию (рисунок 1) [1-3].



а)

б)

а – состояние активного бодрствования,

б – состояние полной релаксации (состояние спокойного бодрствования)

Рисунок 1. Визуальное отображение уровня релаксации испытуемого для организации биологической обратной связи

Процесс обучения навыкам релаксации включал в себя сеансы с визуальной биологической обратной связью по параметрам ЭДА с использованием АПК NeuroDog АО «Нейроком». Длительность эксперимента – 10 сеансов по 15 минут. Испытуемому предлагалось «уложить» щенка спать путем достижения собственного состояния спокойного бодрствования. Сеансы проводились индивидуально в присутствии психолога психологической службы Моторвагонного депо г. Минска.

Для оценки профессионально важных психофизиологических, личностных показателей машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад использованы основные и дополнительные методики АПК УПДК-МК (АО «Нейроком»).

Результаты.

По результатам БОС-тренинга испытуемые распределены на три группы («успешная» (47 чел.); «менее успешная» (39 чел.); «неуспешная (20 чел.)» по выделенным показателям релаксации.

Введены понятия показатели выработки навыка релаксации: время до КГР-150, сумма КГР-150 за сеанс, время до КГРср-60, сумма КГРср-60 за сеанс, общее время сеанса [1, 4].

В результате проведенного корреляционного анализа по Спирмену установлены достоверные корреляционные положительные и отрицательные взаимосвязи между показателями выработки навыка релаксации и психофизиологическими, личностными показателями машинистов, помощников машинистов локомотивных (рисунок 2). Все связи статистически значимы на уровне $p < 0,05$.

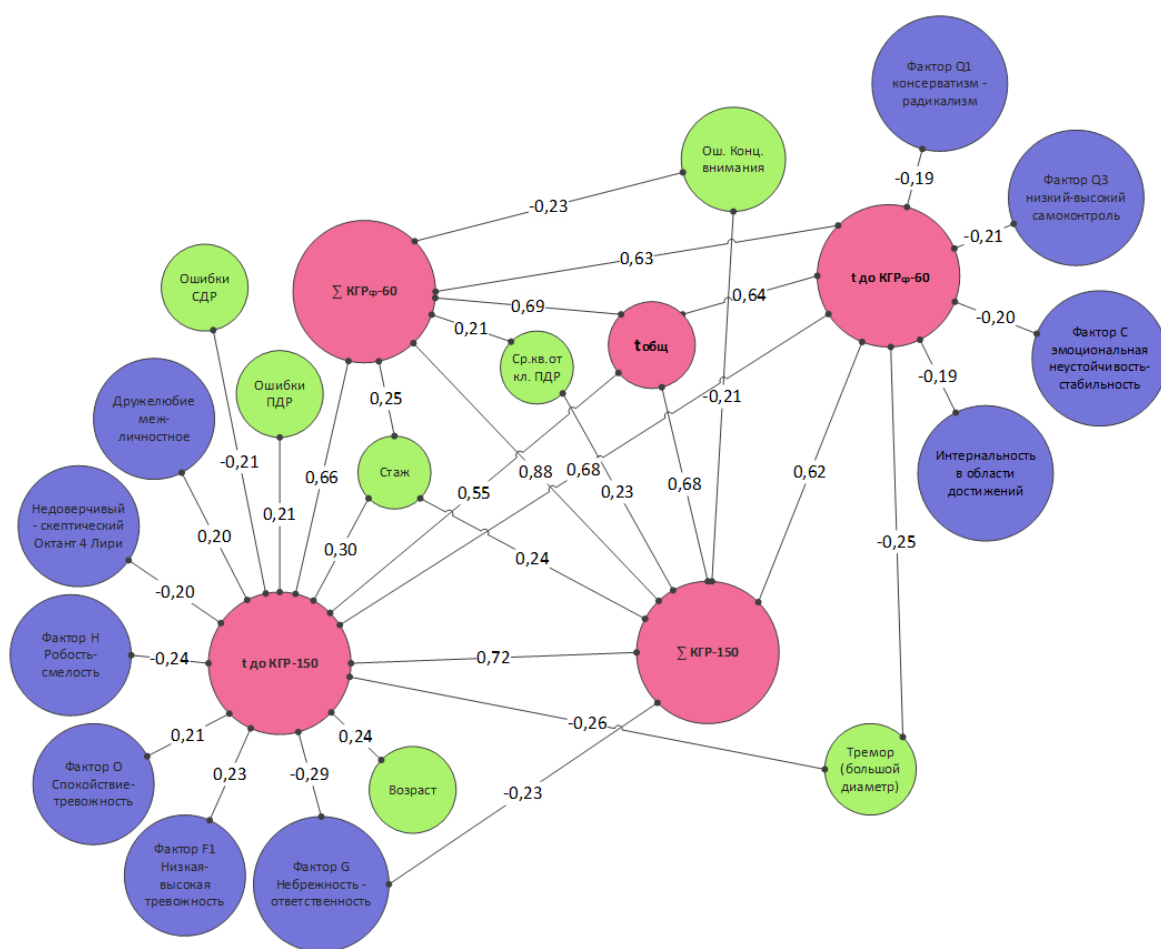


Рисунок 2. Корреляционные плеяды показателей релаксации с психофизиологическими, личностными показателями работников локомотивных бригад

Кластерный анализ с использованием метода k-средних по показателям релаксации машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад выявил три кластера испытуемых, различающихся по уровню сформированности навыка выработки релаксации в режиме биоуправления ($\chi^2=65,25$, $p=0,00000$) (рисунок 3).

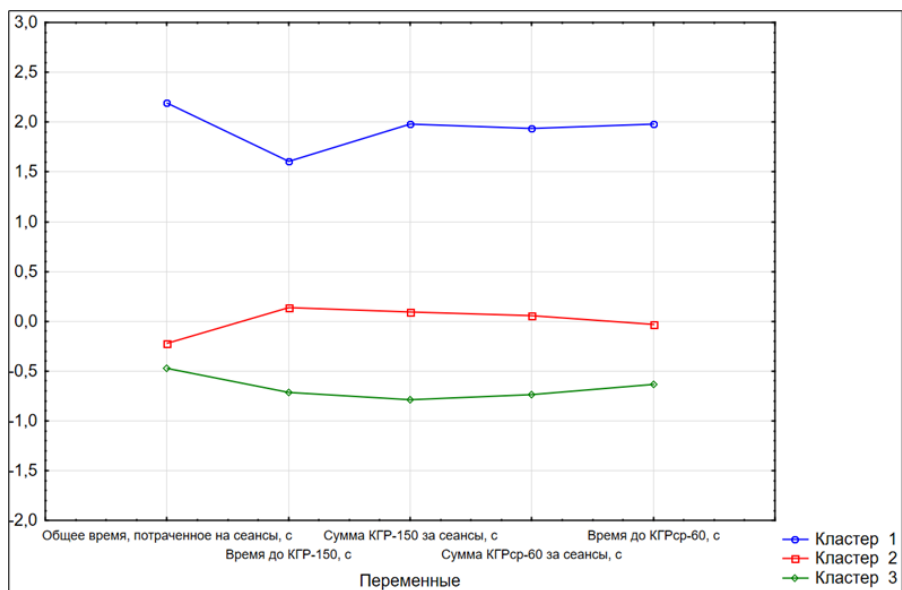


Рисунок 3. График средних значений параметров релаксации в каждом кластере

Кластер 1 на 100 % образован представителями «успешной» группы (14 чел.). Кластер 2 образован представителями «успешной» группы на 60,78 % (31 чел.) и на 39,22 % представителями «менее успешной» группы (20 чел.). В кластере 3 оказалось примерно одинаковое количество представителей «менее успешной» и «неуспешной» групп. Они составили 46,34% (19 чел.) и 48,78% (20 чел.) соответственно от всего числа испытуемых в кластере. Доля в кластере 3 машинистов локомотивных бригад «успешной» группы незначительна – всего 4,88% (2 чел.). Три кластера значительно различаются в показателях: время выполнения задания на эмоциональную устойчивость; количество ошибок, допущенных при выполнении задания на концентрацию внимания; внутриличностный октант 6 (Лири); фактор G (низкая-высокая нормативность поведения) (Кеттелла). Группа «менее успешная» статистически значительно отличается от группы «успешная» по времени выполнения задания на эмоциональную устойчивость, теппинг, внутриличностный октант 6 (Лири). Группа «неуспешная» статистически значительно отличается от групп «успешная» и «менее успешная» по количеству ошибок, допущенных при оценке концентрации внимания. Группа «неуспешная» статистически значительно отличается от группы «менее успешная» по внутриличностному октанту 8 (Лири) и статистически значительно отличается от группы «успешная» по внутриличностному доминированию (Лири) и фактору G [1, 4-8].

Факторному анализу подвергнуты данные по отобранным переменным (психофизиологическим, личностным показателям работников локомотивных бригад) в количестве 64 признаков. Для выделения факторов применен метод главных компонент. Для вращения факторных нагрузок переменных использован метод Варимакс исходных. В результате анализа все переменные объединились в 13 (тринадцать) факторов, объясняющие 60,23 % общей дисперсии переменных. Факторная структура психофизиологических, личностных показателей личности машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад, определяющая способность работника к успешной выработке навыка релаксации включает факторы: «Переключение внимания» (собственное значение 6,37) «Стабильность» (собственное значение 4,62), «Эмоциональность» (собственное значение 4,13), «Психоэмоциональное состояние» (собственное значение 3,11), «Скорость реакции в ситуациях принятия решения» (собственное значение 3,09), «Чувство времени» (собственное значение 2,73), «Лидерские качества» (собственное значение 2,56), «Сенситивность и эмоциональная лабильность» (собственное значение 2,35), «Самоконтроль» (собственное значение 2,18),

«Внимание» (собственное значение 2,07), «Интеллекта/мышление» (собственное значение 1,89), «Дружелюбие» (собственное значение 1,82), «Эмоциональная устойчивость» (собственное значение 1,63) [9-11].

Получены линейные дискриминантные функции для групп «успешная», «менее успешная», «неуспешная», которые позволяют предсказать принадлежность машиниста, помощника машиниста локомотивной бригады к одной из трех групп. Полученные стандартизированные коэффициенты 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 диагностических задач [12].

Множественная линейная регрессия позволила определить совокупность психофизиологических, личностных показателей, влияющих на выработку навыка релаксации у машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад. Построены пять регрессионных моделей в соответствии с числом показателей релаксации. Модели оказались адекватными (хорошего и достаточного качества на 71 % – 87 % объясняют вариации зависимых переменных [13]), что дает возможность на их основе судить о том, какие именно свойства и каким образом определяют изменения у машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад показателей релаксации.

Множественный регрессионный анализ позволяет прогнозировать показатели, характеризующие успешность выработки навыка релаксации, в зависимости от выраженности психофизиологических и личностных показателей машинистов локомотивных бригад. Регрессионное уравнение имеет следующий вид (формула 1):

$$y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + b + \varepsilon \quad (1)$$

где y – результативный признак (зависимая, результирующая переменная); n – число факторов, включенных в модель; x_1, x_2, \dots, x_n – признаки-факторы (регрессоры, объясняющие предикторные, predetermined переменные); $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ – коэффициенты регрессии; b – свободный член регрессии; ε – компонента, отражающая в модели влияние случайных факторов, из-за которых реальное значение показателя может отклониться от теоретического (регрессионный остаток).

Регрессионная модель зависимости «суммы КГР_{ср}-60 за сеансы» от психофизиологических, личностных показателей машинистов, помощников машинистов 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 [13].

Регрессионная модель зависимости «суммы КГР-150 за сеансы» от психофизиологических, личностных показателей машинистов, помощников машинистов 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 [13].

Регрессионная модель зависимости «времени до КГР-150» от психофизиологических, личностных показателей машинистов, помощников машинистов 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.

Регрессионная модель для зависимой переменной «Время до КГР-150» включает в себя следующие предикторы: объем внимания (количество знаков) ($\beta = -0,65$), ММРІ К (шкала коррекции) ($\beta = 0,47$), недоверчивый тип внутриличностных отношений (октант 4) ($\beta = -0,43$), психологическое утомление (Люшер) ($\beta = 0,43$), независимый тип внутриличностных отношений (октант 2) ($\beta = 0,41$), интернальность общая шкала ($\beta = -0,37$), фактор Н: робость-смелость ($\beta = -$

0,37), количество ошибок в сложной двигательной реакции ($\beta=-0,37$), психологическое напряжение ($\beta=-0,36$), ММРІ F (шкала валидности – достоверность) ($\beta=0,34$), теппинг-3 ($\beta=0,32$), бдительность ($\beta=-0,32$), независимый тип межличностных отношений (октант 2) ($\beta=-0,31$), теппинг-5 ($\beta=0,30$), фактор А: замкнутость-общительность ($\beta=0,30$), ответственный тип межличностных отношений (октант 8) ($\beta=0,29$), среднее время простой двигательной реакции ($\beta=-0,27$), теппинг-1 ($\beta=-0,27$), тремор (малое отверстие) ($\beta=-0,26$), ММРІ 0 – социальная интроверсия ($\beta=-0,25$), фактор М: практичность-мечтательность ($\beta=0,24$), число неправильных нажатий (бдительность) ($\beta=0,23$), ММРІ 3 – эмоциональная лабильность ($\beta=-0,23$), время выполнения задания на эмоциональную устойчивость ($\beta=-0,22$), среднее время реакции на движущийся объект ($\beta=0,22$), количество ошибок (эмоциональная устойчивость) ($\beta=-0,20$), фактор G: низкая-высокая нормативность поведения ($\beta=-0,19$), интернальность в области межличностных отношений ($\beta=-0,19$), суммарное отклонение от аутогенной нормы ($\beta=0,18$), скорость переключения внимания ($\beta=-0,17$). Множественный коэффициент корреляции равен 0,93.

Полученная модель позволяет сделать следующие выводы. Можно ожидать увеличения времени, которое пройдет от начала сеанса до фиксирования первого КГР-150, у машинистов с выраженным психологическим утомлением, демонстрируют более высокий темп рук, характеризуются нарастанием неправильных нажатий при оценке бдительности, увеличением времени реакции на движущийся объект. Они более ответственные, общительны, независимы, практичны, имеют большее суммарное отклонение от аутогенной нормы (т.е. большая неустойчивость).

С высокой вероятностью время до первого КГР-150 сократится при обнаружении у машинистов следующих тенденций в психофизиологических особенностях: нарастание количества правильно воспроизведенных знаков при изучении у них объема внимания; увеличение среднего времени простой двигательной реакции и времени выполнения задания на эмоциональную устойчивость и увеличение скорости переключения внимания; большее количество ошибок при сложной двигательной реакции и оценке эмоциональной устойчивости; увеличение степени психологического напряжения. Сокращение времени до КГР-150 также зависит от того, насколько сильно у машинистов проявляются такие личностные свойства, как бдительности, скептичность, робость, независимость, интровертированность, но при этом достаточно сильное психологическое напряжение; высокая нормативность поведения.

Регрессионное уравнение для прогнозирования временного интервала от начала сеанса до первого импульса КГР длительностью 150 с выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{Время до КГР}_{150} = & 4921,009 - 1,906x_1 + 23,327x_2 - 93,949x_3 + 105,683x_4 + \\ & +122,669x_5 - 134,431x_6 - 130,138x_7 - 114,708x_8 - 101,917x_9 + 15,128x_{10} + 17,097x_{11} - \\ & -5,545x_{12} - 81,665x_{13} + 20,258x_{14} + 99,137x_{15} + 76,962x_{16} - 3,587x_{17} - 14,489x_{18} - \\ & -271,896x_{19} - 15,193x_{20} + 73,535x_{21} + 216,051x_{22} - 16,908x_{23} - 2,878x_{24} + 6,047x_{25} - \\ & -167,630x_{26} - 53,944x_{27} - 70,789x_{28} + 18,656x_{29} - 2,973x_{30} - 11,451x_{31} + 27,278x_{32} - \\ & -32,862x_{33} - 51,478x_{34} + 41,302x_{35} + 71,432x_{36} - 20,303x_{37} + 9,710x_{38} - 9,042x_{39} - \\ & -7,535x_{40} - 1,789x_{41} - 64,186x_{42} + 42,965x_{43} - 34,498x_{44} - 3,794x_{45} - 11,220x_{46} + \\ & +62,833x_{47} + 84,275x_{48} + 71,734x_{49} - 1,006x_{50} + 21,264x_{51} + 49,808x_{52} - 40,813x_{53} - \\ & -35,426x_{54}, \end{aligned} \quad (2)$$

где x_1 – объем внимания (количество знаков), x_2 – ММРІ К (шкала коррекции), x_3 – недоверчивый тип внутриличностных отношений (октант 4), x_4 – психологическое утомление (Люшер), x_5 – независимый тип внутриличностных отношений (октант 2), x_6 – интернальность общая шкала, x_7 – фактор Н: робость-смелость, x_8 – количество ошибок в сложной двигательной реакции, x_9 – психологическое напряжение, x_{10} – ММРІ F (шкала валидности – достоверность), x_{11} – теппинг/3, x_{12} – бдительность, x_{13} – независимый тип межличностных отношений (октант

2), x_{14} – теппинг-5, x_{15} – фактор А: замкнутость-общительность, x_{16} – ответственный тип межличностных отношений (октант 8), x_{17} – среднее время простой двигательной реакции, x_{18} – теппинг/1, x_{19} – тремор (малое отверстие), x_{20} – ММРІ 0 – социальная интроверсия, x_{21} – фактор М: практичность-мечтательность, x_{22} – число неправильных нажатий (бдительность), x_{23} – ММРІ 3 – эмоциональная лабильность, x_{24} – время выполнения задания на эмоциональную устойчивость, x_{25} – среднее время реакции на движущийся объект, x_{26} – количество ошибок (эмоциональная устойчивость), x_{27} – фактор G: низкая-высокая нормативность поведения, x_{28} – интернальность в области межличностных отношений, x_{29} – суммарное отклонение от аутогенной нормы, x_{30} – скорость переключения внимания, x_{31} – ММРІ 9: оптимистичность, x_{32} – F1 (Кеттелла), x_{33} – тремор (большое отверстие), x_{34} – объем внимания (количество символов), x_{35} – концентрация (количество ошибок), x_{36} – интернальность в области неудач, x_{37} – F3 (Кеттелла), x_{38} – ММРІ 4: импульсивность, x_{39} – ММРІ 8: индивидуалистичность, x_{40} – интернальность в отношении здоровья и болезни, x_{41} – среднее квадратическое отклонение времени сложной двигательной реакции, x_{42} – количество ошибок (оценка эмоциональной устойчивости), x_{43} – межличн. октант 6 (Лири), x_{44} – эмоциональный стресс (Люшер), x_{45} – ММРІ L: шкала лжи, x_{46} – ММРІ 1 – невротический сверхконтроль, x_{47} – вегетативный коэффициент (Люшер), x_{48} – интернальность в области достижений, x_{49} – количество ошибок в простой двигательной реакции, x_{50} – среднее квадратическое отклонение времени реакции на движущийся объект, x_{51} – интернальность в семейных отношениях, x_{52} – фактор О: спокойная самоуверенность – склонность к чувству вины, x_{53} – фактор L: доверчивость – подозрительность, x_{54} – внутриличн. октант 6 (Лири).

Регрессионная модель зависимости «времени до КГР_{ср}-60» от психофизиологических, личностных показателей машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад имеет показатели качества: коэффициент детерминации $R^2 = 0,84$ (при $F(55, 50) = 4,67$, $p = 0,00000077$), статистика Дарбина-Уотсона $d = 1,76$. Качество модели – хорошее.

Предикторами в данной модели являются: межличностное дружелюбие ($\beta = 0,64$), ММРІ F (шкала валидности – достоверность) ($\beta = 0,53$), фактор А: замкнутость-общительность ($\beta = 0,52$), ММРІ 0 – социальная интроверсия ($\beta = -0,52$), ММРІ К (шкала коррекции) ($\beta = 0,51$), время выполнения третьего задания на переключение внимания ($\beta = -0,48$), ММРІ 3 – эмоциональная лабильность ($\beta = -0,46$), фактор М: практичность-мечтательность ($\beta = 0,43$), психологическое утомление ($\beta = 0,41$), независимый тип межличностных отношений (октант 2) ($\beta = -0,38$), тремор (большое отверстие) ($\beta = -0,36$), внутриличностное дружелюбие ($\beta = -0,35$), фактор С: эмоциональная неустойчивость-стабильность ($\beta = -0,34$), теппинг-1 ($\beta = -0,34$), суммарное отклонение от аутогенной нормы ($\beta = 0,33$), покорный тип межличностных отношений (октант 5) ($\beta = -0,32$), ММРІ L (шкала лжи) ($\beta = -0,31$), ММРІ 9 – оптимистичность ($\beta = -0,31$), интернальность в области неудач ($\beta = 0,30$), теппинг-3 ($\beta = 0,30$), общая интернальность ($\beta = -0,29$), время выполнения второго задания на оценку переключения внимания ($\beta = 0,29$), ответственный тип межличностных отношений (октант 8) ($\beta = 0,26$), фактор L: доверчивость – подозрительность ($\beta = -0,26$), ММРІ 4 – импульсивность ($\beta = 0,24$), объем внимания, количество знаков ($\beta = -0,22$) и символов ($\beta = -0,20$), число пропущенных сигналов с предупреждением ($\beta = 0,19$), среднее арифметическое чувства времени ($\beta = 0,17$). Множественный коэффициент корреляции равен 0,91.

Большее время до первого КГР_{ср}-60 определяется такими психофизиологическими особенностями, как психологическое утомление, увеличение времени выполнения второго задания на переключение внимания, числа пропущенных сигналов с предупреждением, среднего арифметического чувства времени и более высокий темп рук. Больше времени до первого КГР_{ср}-60 проходит у тех машинистов и помощников машинистов, которым свойственна импульсивность, ответственность, высокая интернальность в области неудач.

Время до первого КГР_{ср}-60 сокращается для тех испытуемых, у которых повышен тремор правой руки в большом диаметре и увеличен объем внимания (знаков и символов), уменьшение времени на выполнение третьего задания на переключение внимания. Их отличают такие личностные особенности, как интровертированность, эмоциональная лабильность, оптимистичность, скромность, у которых менее выражено внутриличностное дружелюбие.

Регрессионное уравнение для прогнозирования времени от начала сеанса до первого усредненного импульса КГР_{ср}-60 выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{Время до КГР}_{\text{ср}} 60 = & 4586,410 + 69,489x_1 + 27,992x_2 + 213,850x_3 - 37,974x_4 + \\ & +31,138x_5 - 8,688x_6 - 41,080x_7 + 162,440x_8 + 122,401x_9 - 123,420x_{10} - 107,021x_{11} - \\ & -39,486x_{12} - 128,457x_{13} - 22,344x_{14} + 40,732x_{15} - 82,735x_{16} - 20,215x_{17} - 26,598x_{18} + \\ & +123,192x_{19} + 18,926x_{20} - 126,492x_{21} + 15,688x_{22} + 84,921x_{23} - 93,704x_{24} + 22,218x_{25} - \\ & -0,774x_{26} - 100,406x_{27} + 126,737x_{28} + 0,208x_{29} - 37,140x_{30} - 19,199x_{31} + 6,295x_{32} - \\ & -111,91x_{33} - 45,772x_{34} - 8,180x_{35} - 1,393x_{36} + 1,344x_{37} - 6,853x_{38} - 52,346x_{39} - \\ & -132,175x_{40} + 1,677x_{41} - 22,888x_{42} + 12,757x_{43} + 13,691x_{44} + 126,888x_{45} - 44,044x_{46} - \\ & -6,381x_{47} + 42,966x_{48} - 208,356x_{49} + 67,514x_{50} - 64,786x_{51} + 84,665x_{52} - 58,979x_{53} + \\ & +54,365x_{54} + 41,296x_{55}, \end{aligned} \quad (3)$$

где x_1 – межличностное дружелюбие, x_2 – ММРІ F (шкала валидности – достоверность), x_3 – фактор А: замкнутость-общительность, x_4 – ММРІ 0 – социальная интроверсия, x_5 – ММРІ К (шкала коррекции), x_6 – время выполнения третьего задания на переключение внимания, x_7 – ММРІ 3 – эмоциональная лабильность, x_8 – фактор М: практичность-мечтательность, x_9 – психологическое утомление, x_{10} – независимый тип межличностных отношений (октант 2), x_{11} – тремор (большое отверстие), x_{12} – внутриличностное дружелюбие, x_{13} – фактор С: эмоциональная неустойчивость-стабильность, x_{14} – теппинг-1, x_{15} – суммарное отклонение от аутогенной нормы, x_{16} – покорный тип межличностных отношений (октант 5), x_{17} – ММРІ L (шкала лжи), x_{18} – ММРІ 9 – оптимистичность, x_{19} – интернальность в области неудач, x_{20} – теппинг-3, x_{21} – общая интернальность, x_{22} – время выполнения второго задания на оценку переключения внимания; x_{23} – ответственный тип межличностных отношений (октант 8), x_{24} – фактор L: доверчивость – подозрительность, x_{25} – ММРІ 4 – импульсивность, x_{26} – объем внимания (количество знаков), x_{27} – объем внимания (количество символов), x_{28} – число пропущенных сигналов с предупреждением, x_{29} – среднее арифметическое чувства времени, x_{30} – фактор Q1: консерватизм – радикализм, x_{31} – ММРІ 8 – индивидуалистичность, x_{32} – количество ошибок (оценка эмоциональной устойчивости), x_{33} – число пропущенных сигналов без предупреждения (оценка бдительности), x_{34} – эмоциональный стресс (Люшер), x_{35} – ММРІ 5 – мужественность – женственность, x_{36} – время выполнения первого задания (переключение внимания), x_{37} – ситуативная тревожность, x_{38} – фактор Q3: низкий – высокий самоконтроль, x_{39} – психологическое напряжение (Люшер), x_{40} – количество ошибок (скорость переключения внимания), x_{41} – доминирование внутриличностное (Лири), x_{42} – количество ошибок в сложной двигательной реакции, x_{43} – теппинг/5, x_{44} – ММРІ 7: тревожность, x_{45} – F1 (Кеттелла), x_{46} – тревожность (Люшер), x_{47} – теппинг/ср, x_{48} – межличн. октант 3 (Лири), x_{49} – количество ошибок в простой двигательной реакции, x_{50} – фактор О: спокойная самоуверенность – склонность к чувству вины, x_{51} – межличн. октант 6 (Лири), x_{52} – интернальность в семейных отношениях, x_{53} – фактор I: реализм-чувствительность, x_{54} – фактор Н: робость-смелость, x_{55} – внутриличн. октант 1 (Лири).

В среде Tableau (ver. 2021.4.4.) разработан интерактивный дашборд «Профиль бригады машинистов локомотивного депо» (рисунок 4).

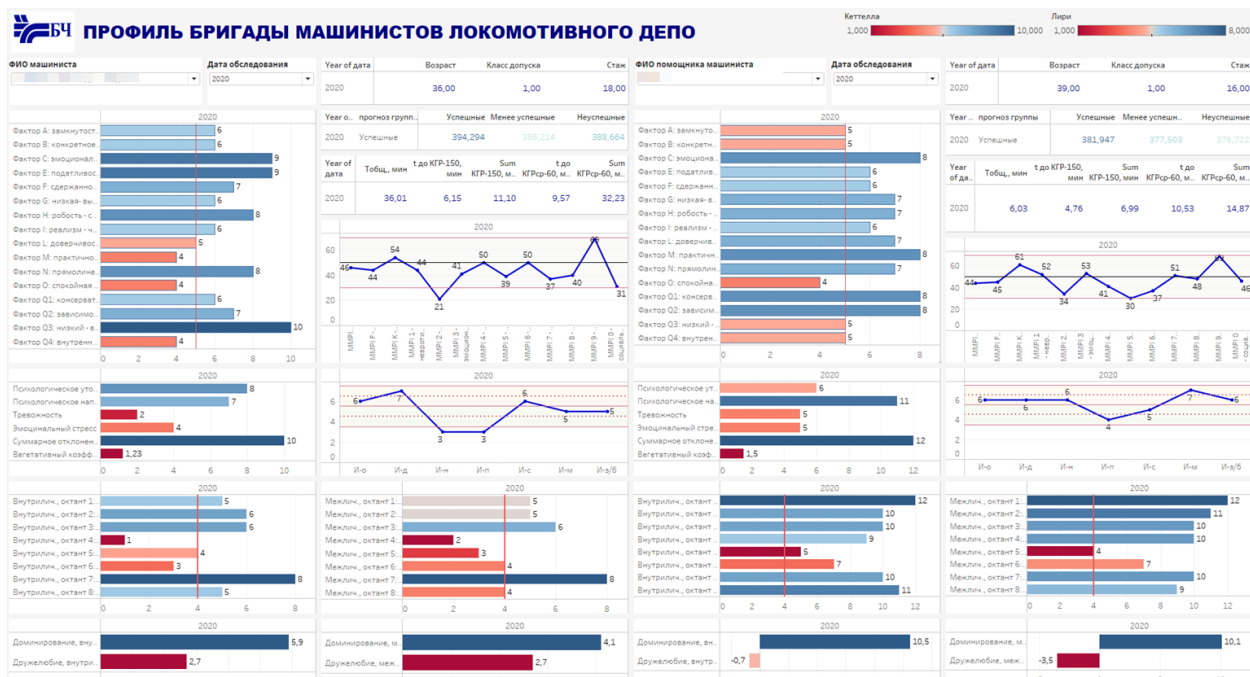


Рисунок 4. Рабочее окно дашборда «Профиль бригады машинистов локомотивного депо»

Профиль представлен следующей информацией о локомотивной бригаде: дату (год) проведения периодического обследования, возраст, класс допуска, стаж, прогнозируемую категорию группы по выработке навыка релаксации (успешная, менее успешная, неуспешная) и прогнозируемые показатели релаксации, т.е. как быстро и как продолжительно машинист (конкретный машинист) будет погружаться в состояние релаксации за весь период обучения и сколько времени он может потратиться для достижения этих результатов. Кроме этих данных на панели дашборда выводятся графические данные опросника Кеттелла, личностного опросника ММРІ, уровень субъективного контроля, данные по психоэмоциональному состоянию и межличностным отношениям. Выбрав в графе «ФИО машиниста/помощника машиниста» фамилию машиниста и его помощника, выбрав дату проведения обследования психолог получает информацию по личностному профилю локомотивной бригады, что позволяет оценить психоэмоциональное состояние машиниста и бригады в целом, а также оценить и подобрать продолжительность обучения навыку релаксации.

Закключение.

Результаты научных исследований подтверждают влияние психофизиологических, личностных показателей работников локомотивных бригад на способность к выработке навыка релаксации.

Понятие «выработка навыка релаксации» представлено следующими показателями: время до КГР-150, сумма КГР-150 за сеанс, время до КГРср-60, сумма КГРср-60 за сеанс, общее время сеанса [1, 4].

Получена факторная структура психофизиологических, личностных показателей работников локомотивных бригад и степень их влияния на успешную выработку навыка релаксации [9-11].

Получены линейные дискриминантные функции для групп «успешная», «менее успешная», «неуспешная», которые позволяют предсказать принадлежность работника локомотивной бригады к одной из трех групп. Полученные стандартизированные коэффициенты позволяют определить частный вклад каждой переменной в предсказание исхода для испытуемого, а полученные данные факторной нагрузки канонических линейных

дискриминантных функций могут использоваться для оценки коэффициентов «весомости» переменных при решении диагностических задач [12].

Получены регрессионные модели зависимостей показателей выработки навыка релаксации от психофизиологических, личностных показателей машинистов, помощников машинистов локомотивных бригад. Полученные модели хорошего и достаточного качества на 71 % – 87 % объясняют вариации зависимых переменных [13].

Полученные результаты исследования могут быть использованы для обеспечения психофизиологического сопровождения профессиональной деятельности работников локомотивных бригад; разработки рекомендаций по организации и контролю за режимом труда и отдыха локомотивных бригад; разработки психопрофилактических и психокоррекционных мероприятий, направленных на снижение утомления, переутомления, психоэмоционального напряжения и других нарушений функционального состояния локомотивных бригад.

Список 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] 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. URL: <http://elibrary.ru> (дата обращения 22.09.2016)
- [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, № 2 (78), С. 44 – 50. URL: <http://elibrary.ru> (дата обращения 22.09.2016).
- [4] 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.
- [5] 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 научных 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.
- [6] Щербина Н. В. Выявление индивидуальных особенностей к саморегуляции помощников машинистов и машинистов железнодорожного транспорта / Н. В. Щербина // Компьютерное проектирование и технология производства электронных систем: сборник тезисов 53 научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 2–6 мая 2017 года) / отв. ред. Раденюк А. Л. – Минск : БГУИР, 2017. – С. 246.
- [7] Щербина, Н. В. Оценка состояния релаксации машинистов железнодорожного транспорта / Н. В. Щербина // Электронные системы и технологии: сборник тезисов докладов 55 юбилейной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 22–26 апреля 2019 г.) / отв. ред. Раденюк А. Л. – Минск, БГУИР, 2019. – С. 607-608.
- [8] 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>.
- [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. Факторный анализ показателей индивидуальных психофизиологических и личностных характеристик машинистов локомотивных бригад / Щербина Н. В. // Актуальные проблемы практической психологии : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Тверь, 17 декабря 2021 г. / под ред. Т. А. Попковой, А. В. Антоновского. – Тверь : СФК-офис, 2021. – С. 262–267.
- [11] Щербина, Н.В. Визуализация психофизиологических и личностных данных машинистов 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.
- [12] 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>.

[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>.

MATHEMATICAL MODEL FOR PREDICTION OF RELAXATION INDICATORS OF WORKERS OF LOCOMOTIVE BRIGADES

N.V. Shcherbina

Master of Technical Science

Senior Lecturer, Department of Engineering Psychology and Ergonomics, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

Department of Engineering Psychology and Ergonomics

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

E-mail: shcherbina@bsuir.by

Abstract. The influence of psychophysiological, personal indicators of workers of locomotive crews on the ability to develop the relaxation skill is shown. The factorial structure of psychophysiological, personal indicators of employees of locomotive crews and the degree of their influence on the successful development of the relaxation skill have been obtained. Linear discriminant functions have been obtained to predict whether an employee of a locomotive crew belongs to one of the three groups according to the successful development of a relaxation skill. Regression models of the dependence of the indicators of the development of the skill of relaxation on the psychophysiological, personal indicators of drivers, assistant drivers of locomotive crews have been obtained. In the Tableau environment, the dashboard “Profile of the crew of locomotive depot drivers” was developed.

Keywords: biofeedback, self-regulation, relaxation skill development, functional state, skin electrodermal activity, correlation analysis, cluster analysis, factor analysis, discriminant analysis, multiple regression analysis, locomotive crew, psychophysiological and personal indicators.