

EDN: <https://elibrary.ru/oscepip>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-10-666-673>

УДК 613.62

© Коллектив авторов, 2024

Костенко Н.А.^{1,3}, Бухтияров И.В.¹, Борисова Е.В.²**Об эффективности технологии виртуальной реальности для релаксации работников локомотивных бригад**¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», пр-т Будённого, 31, Москва, 105275;²ФГОУ ВО «Тверской государственный технический университет», наб. Афанасия Никитина, 22, Тверь, 170026;³ОАО «РЖД», ул. Новая Басманная, 2/1, стр. 1, Москва, 107174

Снижение рисков профессионального стресса требует совершенствования методов психологического сопровождения работников локомотивных бригад. Технология виртуальной реальности предлагает, сопоставимые с традиционными методиками, восстановительные мероприятия.

Цель исследования — на основе анализа психоэмоционального состояния работников локомотивных бригад до и после проведения восстановительных мероприятий проанализировать эффективность воздействия технологии виртуальной реальности. Оценить соотношения биомаркеров стресса до и после воздействия классических и технических методик. Сопоставить результативность психологического воздействия, проведённого разным методикам.

Проведено анкетирование и диагностика функционального состояния работников локомотивных бригад с последующими восстановительными мероприятиями по различным методикам. Выполнен анализ слюны по уровням концентрации кортизола и дегидроэпиандростерона. В исследовании приняло участие 120 человек, из них: 60 человек по классической программе и 60 человек по программе виртуальной реальности, из них 15 человек, состоящих в группе риска по психофизиологическим показателям. Сеанс проведён в течение 21 минуты. Средний возраст работников локомотивных бригад, участвующих в исследовании, составил 35,4 года.

Диагностику функционального состояния и полный курс сеансов релаксации в виртуальной реальности прошли 88% испытуемых. Из них, у 73% отмечается улучшение психофизиологических показателей: точность реагирования, повышение нервно-психической устойчивости, снижение уровня тревожности. Отмечены спокойствие, улучшение настроения, снятие мышечного напряжения. Полный курс коррекционных мероприятий по классическим методикам прошли 60% работников. Из них, у 70% отмечается улучшение функционального состояния по отдельным параметрам. Имеет место снижение значений уровня кортизола (единица измерения — нанограмм на миллилитр) с 6,75 нг/мл до 6,28 нг/мл с одновременным повышением уровня дегидроэпиандростерона (единица измерения — микрограмм на миллилитр) с 0,53 мкг/100 мл до 1,77 мкг/100 мл, что соответствует снижению общего уровня стресса. Анализ полученных результатов показал достаточную эффективность виртуальных методов, сопоставимых с классическими подходами к релаксации.

Иммерсивные технологии эффективнее активизируют естественные компенсаторные механизмы за счёт расширения персональных регуляторных возможностей нервной системы. Определены направления совершенствования новейших методик для проведения восстановительных мероприятий с целью коррекции функционального состояния работников локомотивных бригад.

Ограничения исследования. Репрезентативность выборки обеспечена участием в исследовании 120 работников локомотивных бригад. Ограничения связаны с гендерной однородностью выборки: включены только мужчины, что обусловлено профессиональным статусом.

Этика. Исследование выполнено в соответствии с правилами надлежащей клинической практики и Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации, заключения этического комитета не требовало.

Ключевые слова: работники локомотивных бригад; группа риска; биомаркеры стресса; виртуальная реальность; функциональное состояние; психокоррекция

Для цитирования: Костенко Н.А., Бухтияров И.В., Борисова Е.В. Об эффективности технологии виртуальной реальности для релаксации работников локомотивных бригад. *Мед. труда и пром. экол.* 2024; 64(10): 666–673. <https://elibrary.ru/oscepip> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-10-666-673>

Для корреспонденции: Костенко Наталья Алексеевна, e-mail: natakoste@yandex.ru

Вклад авторов:

Костенко Н.А. — фундаментальные элементы статьи, такие как концепция, дизайн, методология;

Бухтияров И.В. — концепция и дизайн исследования;

Борисова Е.В. — обработка, анализ, интерпретация данных, редактирование и прочая техническая работа.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 03.09.2024 / Дата принятия к печати: 29.09.2024 / Дата публикации: 08.11.2024

Natalya A. Kostenko^{1,3}, Igor V. Bukhtiyarov¹, Elena V. Borisova²**On the effectiveness of virtual reality technology for relaxation of locomotive crew workers**¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave, 31, Moscow, 105275;²Tver State Technical University, 22, Afanasiya Nikitina Emb, Tver, 170026;³JSC "Russian Railways", 2/1, build. 1, Basmanaya St, Moscow, 107174

Reducing the risks of occupational stress requires improving the methods of psychological support for employees of locomotive crews. Virtual reality technology offers restorative measures comparable to traditional techniques.

The study aims to analyze the effectiveness of the impact of virtual reality technology on the basis of the analysis of the psycho-emotional state of employees of locomotive crews before and after rehabilitation measures; to evaluate the ratio of stress biomarkers before and after exposure to classical and technical techniques; to compare the effectiveness of psychological influence carried out by various methods.

The scientists conducted a survey and diagnosis of the functional state of locomotive crew workers, followed by rehabilitation measures using various methods. The specialists performed a saliva analysis based on the concentration levels of cortisol and dehydroepiandrosterone. 120 people took part in the study, of which: 60 people according to the classical program and 60 people according to the virtual reality program, of which 15 people are at risk according to psychophysiological indicators. The session lasted 21 minutes. The average age of employees of locomotive crews participating in the study was 35.4 years. 88% of the subjects underwent functional state diagnostics and a full course of relaxation sessions in virtual reality. Of these, 73% have improved psychophysiological indicators: response accuracy, increased neuropsychiatric stability, and decreased anxiety levels. The authors noted calmness, improved mood and relief of muscle tension. 60% of the employees have completed a full course of rehabilitation measures using classical techniques. Of these, 70% have an improvement in their functional state according to certain parameters. There is a decrease in cortisol levels (unit of measurement — nanograms per milliliter) from 6.75 ng/ml to 6.28 ng/ml with a simultaneous increase in dehydroepiandrosterone levels (unit of measurement — micrograms per milliliter) from 0.53 mcg/100 ml to 1.77 mcg/100 ml, which corresponds to a decrease in the overall stress level. The analysis of the obtained results showed sufficient effectiveness of virtual methods comparable to classical approaches to relaxation.

Immersive technologies more effectively activate natural compensatory mechanisms by expanding the individual regulatory capabilities of the nervous system. Scientists have identified areas for improving the latest methods of rehabilitation measures in order to correct the functional condition of locomotive crews.

Limitations. The representativeness of the sample was ensured by the participation of 120 employees of locomotive crews in the study. The limitations are related to the gender homogeneity of the sample: only men are included, due to their professional status.

Ethics. The study was performed in accordance with the rules of good clinical practice and the Helsinki Declaration of the World Medical Association, the conclusion of the ethics committee was not required.

Keywords: locomotive crew workers; risk group; stress biomarkers; virtual reality; functional state; psychocorrection

For citation: Kostenko N.A., Bukhtiyarov I.V., Borisova E.V. On the effectiveness of virtual reality technology for relaxation of workers of locomotive crews. *Med. truda i prom. ekol.* 2024; 64(10): 666–673. <https://elibrary.ru/ocpip> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-10-666-673> (in Russian)

For correspondence: Natalia A. Kostenko, e-mail: natakoste@yandex.ru

Contribution:

Kostenko N.A. — fundamental elements of the article, such as concept, design, methodology;

Bukhtiyarov I.V. — concept and design of the study;

Borisova E.V. — data processing, analysis, interpretation, editing and other technical work.

Funding. The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received: 03.09.2024 / Accepted: 29.09.2024 / Published: 08.11.2024

Сохранение профессионального здоровья, снижение рисков профессионального стресса является актуальным направлением психофизиологического обеспечения работников локомотивных бригад ОАО «РЖД» в современных условиях. Стремительное развитие высокоскоростного сообщения, работа машиниста без помощников требует уравновешенного функционального состояния, стрессоустойчивости работников. Сменный режим работы, особенно с непредвиденной ротацией, оказывает негативное влияние на функциональное состояние нервной системы и психического здоровья [1, 2].

Одновременно с высокими требованиями, предъявляемыми к работникам локомотивных бригад (РЛБ), необходимо совершенствовать методики релаксации и коррекции психоэмоционального состояния с использованием современных технических средств и технологических достижений. Одной из новейших технологий является использование иммерсивных функций, позволяющих подстраивать компьютерную модель реальности под индивидуальные особенности. Иммерсивные технологии уже сейчас могут стать альтернативой традиционному подходу в вопросах организации восстановительных мероприятий при коррекции функционального состояния. Учёт личностных психофизиологических и психологических параметров в моделях виртуальной реальности призван обеспечить повышение эффективности психокоррекции в сравнении с классическими методиками.

Всякий стресс направлен на восстановление утраченного равновесия. В качестве причин его возникновения

выступают стрессоры, непосредственно или косвенно участвующие в организации эмоционально-стрессовой реакции человека [3, 4]. Длительное воздействие стресса влияет на работоспособность, качество труда, состояние здоровья работников.

В настоящее время отмечено возрастание информационных, эмоциональных (в том числе витальных), коммуникативных стрессоров. В современном мире витальный стресс, вызванный переживанием обстоятельств гибели людей в военных конфликтах, потерь в близком окружении работника, происшествий на железнодорожном транспорте, формирует длительно сохраняющиеся нарушения поведения, такие как снижение двигательной активности, аналитической деятельности, возрастание тревожности и агрессивности.

Субъективная и объективная фиксация признаков наличия и развития стресса ориентируют специалистов психофизиологических подразделений учреждений здравоохранения ОАО «РЖД» на соответствующий персонализированный контроль и помощь работнику. Использование системы виртуальной реальности («VR Flow») с учётом индивидуальных психофизиологических и психологических параметров предполагает повышение эффективности восстановительных мероприятий в сравнении с классическими методиками.

Цель исследования — на основе анализа психоэмоционального состояния РЛБ до и после проведения восстановительных мероприятий проанализировать сравнительную эффективность воздействия системы виртуальной

реальности. Проанализировать данные психофизиологических параметров в различных вариантах методов психокоррекции. Оценить соотношения биомаркеров стресса кортизола и дегидроэпиандростерона до и после воздействия технологии виртуальной реальности.

Исследование проведено в период с 24 апреля 2023 г. по 2 октября 2023 г. в лаборатории психофизиологического обеспечения № 2 ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко» на территории депо ТЧ-96 Подмосковная, Московской дирекции скоростного сообщения.

Для коррекции психофизиологического состояния одной группы работников, в том числе, включённых в группу риска по психофизиологическим показателям, проводились восстановительные (коррекционные) мероприятия с использованием классических методик (аутогенная тренировка, аудиовизуальные техники релаксации, психологическое консультирование). Для другой группы работников использована психокоррекционная программа «VR Flow». До и после завершения курса восстановительных мероприятий работникам локомотивных бригад, проводилась оценка их функционального состояния с помощью психофизиологических методик: «Реакция на движущийся объект» (РДО); методика «Оценка времени простой сенсомоторной реакции» (ПДР); тест «САН»; Теппинг-тест; Тест Люшера; Многоуровневый личностный опросник «Адаптивность» (Маклаков А.Г. и Чермянин С.В.). У участников проекта по программе «VR Flow» проведён серийный забор слюны, анализ которой нацелен на оценку особенностей индивидуального физиологического ответа на релаксационные мероприятия.

Проведено анонимное анкетирование и анализ текущего функционального состояния РЛБ. Проанализированы деперсонализированные данные по биомаркерам стресса: концентрации кортизола и дегидроэпиандростерона (ДГЭА). Выполнен расчёт их соотношений до и после применения методик виртуальной реальности. В исследовании приняло участие 120 человек, из них: 60 человек по классической программе и 60 человек по программе виртуальной реальности, в том числе 15 человек, состоящих в группе риска по психофизиологическим показателям. Обследовано 45 работников, выразивших личное желание на участие в проекте. Средний возраст работников, участвующих в исследовании, составил 35,4 лет.

Статистическая обработка данных проведена с использованием стандартных методик. Проверка нулевой гипотезы выполнена по критерию U-Манна-Уитни и *t*-критерию Стьюдента с уровнем статистической значимости равным 0,05. Для визуализации результатов использованы инструменты Microsoft Excel.

Полученные результаты измерений включены в базу данных, предполагающую деперсонализированный учёт в соответствии с моделью угроз ПТР АСПО, согласно Федеральному закону от 27.07.2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных».

Результаты. Изучение воздействия систем виртуальной реальности на психоэмоциональное состояние РЛБ проведено в несколько этапов. На первом этапе прошло тестирование (в рамках очередного динамического контроля функционального состояния) согласно перечню. На втором этапе перед коррекцией с использованием технических средств проводился забор слюны на определение объективных биомаркеров стрессоустойчивости: концентрации кортизола и ДГЭА. Следующий этап заключался

в коррекции психоэмоционального состояния РЛБ путём проведения восстановительных мероприятий по классическим психофизиологическим методикам и методикам, с использованием технологий виртуальной реальности («VR Flow»). Далее повторялись мероприятия первого и второго этапов, отражающие субъективные и объективные результаты после проведённых воздействий.

Суть VR-метода заключается в том, что работнику предъявляется визуальное пространство, согласно его предпочтениям (пейзаж, горы, море и т. д.) с целью мягкой коррекции психоэмоционального состояния. Известно, что определённые образы природы могут снижать состояние стресса [5, 6], что отражается не только на самоотчётном уровне, но и на уровне концентрации кортизола [7–9]. Моделируемая комфортная среда благоприятно воздействует на ментальное и физическое состояние работника. С помощью устройств виртуальной реальности (очков или шлема) происходит погружение в 3D-пространство, где проигрываются позитивные жизненные сценарии, что позволяет человеку избавляться от негативных эмоций более эффективно. Кроме того, при проведении сеанса есть возможность выбрать беззвучный режим, пройти сессию только в сопровождении звуков или музыкальных эффектов. Состав комплекса, включает ортопедическое релакс-кресло, которое способствует нейромышечной релаксации, а его дизайн создаёт уединённое пространство.

При проведении коррекции состояния в среде «VR Flow» РЛБ, включая группу риска, выбирали сеансы, направленные на общее расслабление и физическую релаксацию. Наиболее частым сюжетом является природная среда. Приведём варианты выбора пейзажей работниками из группы риска. В порядке убывания: море — 47%, лес — 20%, сакура и водопад — по 13%, горы — 7%. У остальных работников выборы распределились следующим образом: море — 30%, сакура — 25%, другие пейзажи выбраны равномерно — по 15%. Выбор морского пейзажа свойственен энергичным людям, находящимся в активном, а в контексте проводимого исследования, в возбуждённом состоянии. Напротив, горы предпочитают уравновешенные сосредоточенные натуры. Панорамы с различными видами леса по самоотчётам вызывали состояние расслабления. У части работников, выбравших растительный пейзаж, отмечено снижение показателей тревожности. Так что выбор тематики пейзажа в среде «VR Flow» может служить источником дополнительной информации в процедурах оценки риска профессионального стресса.

При депрессивных состояниях часто в организме наблюдается повышенная продуктивность кортизола, хотя это не является специфичным явлением. Синдром хронического напряжения и общее психологическое истощение, наоборот, ассоциируются с тенденцией к снижению кортизола. Если стресс разовый, то существенных вредных последствий в связи с повышением уровня этого гормона нет. По сути, он является адаптивным — организм повышает его, чтобы осилить увеличенную нагрузку, поднять работоспособность. Но если перенапряжение носит регулярный характер, то начинаются осложнения. Вариации ритма секреции кортизола по его концентрации в слюне применяют для отличия стрессорной реакции от иных патологических состояний. Дегидроэпиандростерон (ДГЭА) во многом работает как синергетический близнец гормона стресса — кортизола. Это помогает организ-

му более эффективно адаптироваться к стрессовому воздействию. Считается, что ДГЭА является значимым биомаркером острого стресса, независимо от типа жидкости (кровь или слюна) и метода измерения с учётом, что период полураспада ДГЭА короткий (около 30 минут) [10]. Суточные референсные значения кортизола для мужчин составляют: в возрасте 21–31 год от 5,0 до 22,0 (нг/мл): в возрасте 31–51 года от 2,9 до 18,4 (нг/мл); старше 51 года от 1,8 до 18,6 (нг/мл). Граничные значения ДГЭА для мужчин составляют от 0,04 до 0,17 (нг/мл).

Нормальное соотношение ДГЭА и кортизола (5:1) отражает относительный баланс нейроэндокринной активности, зависящей от стресса [10–12]. С возрастом это отношение обычно увеличивается. Значение соотношения ДГЭА/Кортизол можно использовать как показатель вероятной устойчивости к стрессу. При динамическом контроле гормонального профиля выделяют несколько стадий. Тревожность характеризуется повышенным уровнем кортизола, но нормальным уровнем ДГЭА. Сопrotивляемость характеризуется долговременной адаптацией к продолжающемуся действию стрессора. Гормональный паттерн в слюне — повышенный уровень кортизола и низкий уровень ДГЭА. Истощение наступает в ситуации, если действие повреждающего фактора не закончилось, однако адаптивные возможности организма уже исчерпаны. На этой стадии паттерн в слюне сначала изменится до нормального уровня кортизола и сниженного уровня ДГЭА, а затем будут определяться низкие концентрации обоих гормонов. На **рисунке 1** представлена диаграмма, отражающая соотношения биомаркеров стресса у РЛБ группы риска до и после коррекции по технологии виртуальной реальности.

Эмпирические результаты подтверждают приведённую выше связь между концентрациями гормонов и статистическую значимость изменений в их соотношениях после восстановительных мероприятий. Расчёт непараметрического критерия U -Манна-Уитни по количественным показателям соотношений ДГЭА/Кортизол в группе риска (до и после воздействия) выполнен с использованием

инструментов портала «Медицинская статистика». Для сравниваемых данных критерий Манна-Уитни $U=49$, при его критическом значении $U_{\text{крит}}=87$, следовательно различия уровня контролируемого признака в сравниваемых группах статистически значимы ($p<0,05$). Отметим, что у большинства работников локомотивных бригад, отнесённых к группе риска, соотношение биомаркеров после релаксационного воздействия по технологии «VR Flow» приблизилось к нормальным значениям.

Комплекс тестов, использующих отбор серийных проб слюны, нацелен на оценку особенностей стрессоустойчивости и индивидуального физиологического ответа на хронический стресс. В этой связи, в систему контроля и психологического обеспечения РЛБ целесообразно включить динамический контроль биомаркеров стресса.

В ходе анкетирования испытуемые по технологии виртуальной реальности оценивали: субъективные ощущения, индивидуальное состояние в шлеме виртуальной реальности, понятность задачи, сложность адаптации к новой технологии. По самоотчётам общую положительную оценку дали 92% работников. Особо отмечены — повышение расслабленности, спокойствие, улучшение настроения, снижение тревоги и стресса, снятие мышечного напряжения. Также у РЛБ группы риска объективно отмечается улучшение таких параметров как точность реагирования, повышение нервно-психической устойчивости, снижение уровня тревожности, снятие мышечного напряжения.

На **рисунке 2** представлены результаты обработки Теппинг-теста, как отражения подвижности нервных процессов, степени работоспособности. Величина t -критерия Стьюдента равна 0,33, при критическом значении t -критерия=1,984 на уровне значимости $p=0,95$, то есть различия в контролируемых результатах между применяемыми методиками статистически не значимы. Отмечается выраженный вариант нарастания темпа, как вработываемость и работоспособность. У большинства работников, прошедших виртуальную психокоррекцию, наблюдаются более высокие значения, что соответствует уравновешенности нервных процессов.



Рис. 1. Диаграмма соответствия маркеров стресса до и после виртуальной релаксации

Fig. 1. Diagram of the correspondence of stress markers before and after virtual relaxation

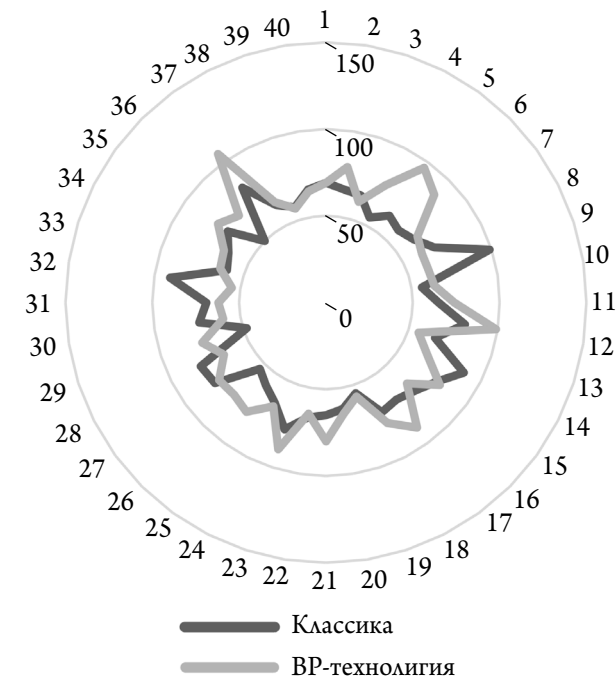


Рис. 2. Результаты методики «Теппинг-тест» после классических психокоррекционных методов и технологии виртуальной реальности
Fig. 2. The results of the Tapping test methodology after classical psychocorrective methods and virtual reality technology

В самоотчётах РЛБ также оценивали физиологическое состояние в шлеме виртуальной реальности, понятность

задачи, сложность адаптации к новой технологии. Положительные стороны «VR Flow» по субъективным оценкам испытуемых: высокое качество передаваемой картинки; реалистичность пейзажа; насыщенность, яркость и контраст цвета; чёткий звук; конструкция релакс-кресла отлично подавляет посторонние звуки, наличие шлема создаёт уединённое пространство. Отмечены моменты, требующие доработки: тяжесть виртуального шлема (чувствовался небольшой дискомфорт во время сеанса); не вполне удобный размер релакс-кресла (ощущается ограничение пространства при выполнении заданий во время сеанса физической релаксации). Выявлен наиболее интересный вариант релаксации, комбинация классическая технология / иммерсивная технология.

Диагностику функционального состояния и полный курс сеансов релаксации в виртуальной реальности прошли 88% работников. Из них, у 73% отмечается улучшение психофизиологических показателей: точность реагирования, повышение нервно-психической устойчивости, снижение уровня тревожности. У 12% работников оценить эффективность проведённых мероприятий не представляется возможным, так как их посещения были нерегулярными. Полный курс сеансов с использованием классических психофизиологических методик прошли 60% работников. Из них, у 70% отмечается улучшение функционального состояния по отдельным параметрам, у 30% психофизиологические параметры остались без изменений. Случаев ухудшения функционального состояния не установлено. Работники с интересом участвовали в исследовании с использованием технологий виртуальной реальности, охотно давали обратную связь, что

Эмпирические значения *t*-критерия Стьюдента для различных методик оценки личностных способностей (уровень значимости 0,05)
Empirical values of the Student's *t*-test for various methods of personal abilities (significance level 0.05)

Тест/Личностные особенности	До коррекции		После коррекции		Значения <i>t</i> -критерия
	Классические методы	Виртуальная реальность	Классические методы	Виртуальная реальность	
САН/активность	<i>M</i> =6,17 <i>S</i> =0,44	<i>M</i> =6,27 <i>S</i> =0,34	<i>M</i> =6,1 <i>S</i> =0,46	<i>M</i> =6,3 <i>S</i> =0,32	<i>t</i> _{ВР} =0,06 (<i>p</i> =0,95) <i>t</i> _{КА} =0,11 (<i>p</i> =0,91)
Теппинг/уравновешенность	<i>M</i> =67,8 <i>S</i> =7,47	<i>M</i> =71 <i>S</i> =9,16	<i>M</i> =67,22 <i>S</i> =8,17	<i>M</i> =67,5 <i>S</i> =9,27	<i>t</i> _{ВР} =0,27 (<i>p</i> =0,79) <i>t</i> _{КА} =0,05 (<i>p</i> =0,95)
РДО/соотношения	<i>M</i> =−0,024 <i>S</i> =0,018	<i>M</i> =−0,325 <i>S</i> =0,020	<i>M</i> =−0,0025 <i>S</i> =0,134	<i>M</i> =−0,051 <i>S</i> =0,023	<i>t</i> _{ВР} =0,6 (<i>p</i> =0,55) <i>t</i> _{КА} =0,01 (<i>p</i> =0,997)
Адаптивность/НПУ*	<i>M</i> =5 <i>S</i> =1,275	<i>M</i> =7,067 <i>S</i> =0,895	<i>M</i> =6 <i>S</i> =1,098	<i>M</i> =7 <i>S</i> =0,919	<i>t</i> _{ВР} =0,05 (<i>p</i> =0,958) <i>t</i> _{КА} =0,59 (<i>p</i> =0,553)
ПДР	<i>M</i> =292,77 <i>S</i> =30,	<i>M</i> =297,5 <i>S</i> =28,12	<i>M</i> =297,5 <i>S</i> =28,12	<i>M</i> =311,5 <i>S</i> =29,51	<i>t</i> _{ВР} =0,11 (<i>p</i> =0,91) <i>t</i> _{КА} =0,44 (<i>p</i> =0,66)
Статистический вывод	Различия по результатам применения классических и иммерсивных методик релаксации не значимы (<i>p</i> =0,05)				

Примечание: НПУ — нервно-психическая устойчивость.
Note: НПУ — mental tolerance to stress.

позволяет наметить дальнейшие пути развития данного направления.

Отсутствие статистически значимых различий до и после воздействий в результатах психофизиологических методик при классической и VR-релаксации указывает, что «техническая» реализация не снижает эффективности восстановительных мероприятий. С учётом более низких временных показателей (сеанс длится 21 минуту) и более высокой персонализации (настройка под каждого работника) есть основания говорить об имеющихся преимуществах иммерсивной технологии.

К настоящему времени в психофизиологии и психотерапии стресса накоплен положительный опыт использования систем VR. Разработаны специальные методики, как для контроля текущего состояния, так и для управления стрессом [13]. Во многих исследованиях снижение стрессовых реакций с применением иммерсивных технологий показано не только на уровне переживания, но и на уровне показателей центральной и периферической нервной системы [14].

Обобщённые данные по отдельным параметрам динамического контроля функционального состояния (ДКФС) в сравнении классических и технологичных методик релаксации приведены в *таблице*.

Сравнительный анализ результатов проведения коррекции психоэмоционального состояния работников и обработки анкет самоотчётов показал, что использование системы виртуальной реальности «VR Flow» достаточно эффективная технология, по привлекательности несколько превосходящая классические методы релаксации. Существенным преимуществом виртуальной среды является возможность установлений обратной связи в режиме реального времени. Это позволяет рассматривать компьютерные модели реальности как современный, недорогой и эффективный метод для снижения стрессовых состояний.

Репрезентативность выборки обеспечена участием в исследовании 120 работников локомотивных бригад. Ограничения связаны с гендерной однородностью выборки: включены только мужчины, что обусловлено профессиональным статусом.

Результаты пилотного применения системы виртуальной реальности «VR Flow» для коррекции психоэмоционального состояния РЛБ демонстрируют улучшение отдельных психофизиологических параметров. Улучшение простой двигательной реакции, повышение работоспособности отмечены у 62,8% испытуемых.

Доказательством успешности рассматриваемого подхода для снижения стресса служат не только данные самоотчёта, но и объективные измерения. Имеет место снижение значений биомаркера стресса кортизола (с 6,75 нг/мл до 6,28 нг/мл) с одновременным повышением уровня гормона стресса — дегидроэпиандростерона (с 0,53 мкг/100 мл до 1,77 мкг/100 мл), что соответствует снижению общего уровня стресса. Таким образом, можно говорить об эффективности VR-технологии по сравнению с традиционными методиками восстановительных мероприятий, что соответствует исследованиям, описанным в медицинской отечественной и зарубежной литературе [15–18].

По сравнению с классическими методиками новейшие технологии более эффективно активизируют естественные компенсаторные механизмы за счёт расширения персональных регуляторных возможностей нервной системы. Во многих исследованиях показано, что VR-технология успешно используется для снижения стресса [19–22]. К ограничениям иммерсивных технологий можно отнести: технические аспекты, необходимость чёткой согласованности контроля всех измеряемых переменных, подготовленность технического персонала.

Сеансы виртуальной реальности можно рассматривать, как дополнение к методикам традиционной психокоррекции. Использование контролируемых психофизиологических показателей позволяет объективно оценить степень погружения человека в виртуальный мир и уровень адаптации к нему. Отсутствие данных о выраженных побочных эффектах позволяет рассматривать систему «VR Flow», как достаточно безопасный метод, активизирующий естественные компенсаторные механизмы человека.

Выполненное исследование и полученные результаты позволяют рассматривать виртуальную реальность как современный, экономически оправданный и эффективный метод снижения стрессовых реакций работника.

В дальнейших исследованиях следует расширить спектр персонифицированных специальных методик с применением технологии виртуальной реальности, в частности:

- профессионально ориентировать сценарии медитативных практик, входящих в интерактивные программы восстановительных упражнений, что позволит успешно применять комплекс для восстановления организма после острых стрессовых ситуаций;
- совершенствовать дизайн виртуальных программ комплекса, при участии специалистов психофизиологических подразделений учреждений здравоохранения ОАО «РЖД», что обеспечит высокую эффективность применения;
- сочетать погружение в виртуальную реальность с отслеживанием движений глаз, контролем дыхания и температуры тела и др., что даст дополнительную информацию о функциональном состоянии работника;
- реализовать возможности отслеживания динамики состояний (по биомаркерам стресса), что позволит не только проводить анализ прогресса работника, но и развивать его навыки управления стрессом;
- комплексная оценка рисков профессионального стресса будет более эффективной, если определить граничные значения их уровней по категориям: пренебрежимые, приемлемые, допустимые, неприемлемые, чрезмерные, критические.

Внедрение новейших технических возможностей, наряду с совершенствованием классических методов в повседневной деятельности специалистов психофизиологических подразделений учреждений здравоохранения ОАО «РЖД», является востребованным и необходимым направлением в интересах снижения рисков профессиональных стрессов в отрасли.

Список литературы (пп. 5–9, 12, 14, 18, 20–22 см. References)

1. Бухтияров И.В., Рубцов М.Ю., Юшкова О.И. Профессиональный стресс в результате сменного труда как фактор риска нарушения здоровья работников. *Анализ риска здоровью*. 2016; 3(15): 110–121. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2016.3.12>
2. Карецкая Т.Д., Пфаф В.Ф., Чернов О.Э. Профессиональная заболеваемость на железнодорожном транспорте. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; 1: 1–5.
3. Разумов С.А. Эмоциональные реакции и эмоциональный стресс. Л.: Медицина; 1976; 5–32.
4. Селье Г. *Стресс без дистресса*. 1970.
10. Козлов А.И., Козлова М.А. Кортизол как маркер стресса. *Физиология человека*. 2014; 40(2): 123–136. <https://doi.org/10.7868/S013116461402009X>
11. Гончаров Н.П., Кация Г.В. Дегидроэпиандростерон: биосинтез, метаболизм, биологическое действие и клиническое применение (аналитический обзор). *Андрология и генитальная хирургия*. 2015, 1, 13–22. <https://doi.org/10.17650/2070-9781-2015-1-13-22>
13. Ковшова О.С., Чаплыгин С.С., Брагин Д.А. Способ прикладной психодиагностики, реализованный посредством технологий виртуальной реальности. *Медицинская психология в России*. 2021; 13(1): 6. <https://doi.org/10.24412/2219-8245-2021-1-6>
15. Чернов О.Э., Алексеев С.А., Колягин В.Я. Медико-психологическое обеспечение безопасности профессиональной деятельности работников локомотивных бригад. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; (7): 3–9.
16. Кузьмина А.С. Анализ зарубежных исследований опыта человека в среде виртуальной реальности. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2014; 2: 102–112.
17. Попова Е.В. Виртуалии жизни. *Ньютон*. 2014; 7: 17–28.
19. Зинченко Ю.П., Меньшикова Г.Я., Баяковский Ю.М. и др. Технологии виртуальной реальности: методологические аспекты, достижения и перспективы. *Национальный психологический журнал*. 2010; 1(3): 21–30.

References

1. Bukhtiyarov I.V., Rubtsov M.Yu., Yushkova O.I. Professional stress as a result of shift work as a risk factor for health problems in workers. *Analiz riska zdorov'yu*. 2016; 3(15): 110–121. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2016.3.12> (in Russian).
2. Karetskaya T.D., Pfaff V.F., Chernov O.E. Occupational morbidity in railway transport. *Med. truda i prom. ekol*. 2015; 1: 1–5 (in Russian).
3. Razumov S.A. *Emotional reactions and emotional stress*. L.: Medicine; 1976: 5–32 (in Russian).
4. Selye G. *Stress without distress*. 1970 (in Russian).
5. Anderson A.P., Mayer M.D., Fellows A.M., Cowan D.R., Hegel M.T., Buckey J.C. Relaxation with immersive natural scenes presented using virtual reality. *Aerospace Medicine and Human Performance*. 2017; 88: 520–526.
6. Annerstedt M., Norman J., Boman M., Mattsson L., Grahn P., Währborg P. Finding stress relief in a forest. *Ecological Bulletins*. 2010; 53: 33–42.
7. Kim H., Kim D.J., Kim S., Chung W.H., Park K.A., Kim J.D., Kim D., Kim M., Kim K., Jeon H.J. Effect of Virtual Reality on Stress Reduction and Change of Physiological Parameters Including Heart Rate Variability in People with High Stress: An Open Randomized Crossover Trial. *Frontiers in Psychiatry*. 2021. 12: 614539.
8. Lee J., Park B.J., Tsunetsugu Y., Kagawa T., Miyazaki Y. Restorative effects of viewing real forest landscapes, based on a comparison with urban landscapes. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2009. 24: 227–234.
9. Park B.J., Tsunetsugu Y., Kasetani T., Hirano H., Kagawa T., Sato M., Miyazaki Y. Physiological effects of shinrin-yoku (taking in the atmosphere of the forest) using salivary cortisol and cerebral activity as indicators. *Journal of physiological anthropology*. 2007; 26: 123–128.
10. Kozlov A.I., Kozlova M.A. Cortisol as a stress marker. *Fiziologiya cheloveka*. 2014; 40(2): 123–136. <https://doi.org/10.7868/S013116461402009X> (in Russian).
11. Goncharov N.P., Katsiya G.V. Dehydroepiandrosterone: biosynthesis, metabolism, biological action and clinical application (analytical review). *Andrologiya i genital'naya khirurgiya*. 2015; 1: 13–22. <https://doi.org/10.17650/2070-9781-2015-1-13-22> (in Russian).
12. Dutheil F. et al. DHEA as a Biomarker of Stress: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Psychiatry*. 2021; 12: 688367. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2021.688367>
13. Kovshova O.S., Chaplygin S.S., Bragin D.A. Method of applied psychodiagnostics implemented by means of virtual reality technologies. *Meditsinskaya psikhologiya v Rossii*. 2021; 13(1): 6. <https://doi.org/10.24412/2219-8245-2021-1-6> (in Russian).
14. Côté S., Bouchard St. Documenting the Efficacy of Virtual Reality Exposure with Psychophysiological and Information Processing Measures. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2005; (30)3: 217–232.
15. Chernov O.E., Alekseev S.A., Kolyagin V.Ya. Medical and psychological support for the safety of professional activities of locomotive crew workers. *Med. truda i prom. ekol*. 2017; (7): 3–9 (in Russian).
16. Kuzmina A.S. Analysis of foreign studies of human experience in a virtual reality environment. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ehkologiya i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2014; 2: 102–112 (in Russian).
17. Popova E.V. Virtualia of life. *Newton*. 2014; 7: 17–28 (in Russian).
18. Costantini M., Haggard P. The rubber hand illusion: Sensitivity and reference frame for body ownership. *Consciousness and Cognition*. 2007; 16(2): 229–240.
19. Zinchenko Yu.P., Menshikova G.Ya., Bayakovskiy Yu.M. et al. Virtual reality technologies: methodological aspects, achievements and prospects. *Natsional'nyy psikhologicheskij zhurnal*. 2010; 1(3): 21–30 (in Russian).
20. Ehrsson H.H. Experimental Induction of Out of Body Experiences. *Science*. 2007; 317(5841): 1048.
21. Menard C. et al. Immune and Neuroendocrine Mechanisms of Stress Vulnerability and Resilience. *Neuropsychopharmacology Reviews*. 2017; 42: 62–80. <https://doi.org/10.1038/npp.2016.90>
22. Petros N. et al. Psychometric and neurobiological assessment of resilience in a non-clinical sample of adults. *Psychoneuroendocrinology*. 2013; 38: 2099–2108. <https://doi.org/10.1016/j.psypneuen.2013.03.022>

Сведения об авторах:

- Костенко Наталья Алексеевна* начальник Управления медицинской деятельности Центральной дирекции здравоохранения — филиала ОАО «РЖД», канд. мед. наук.
E-mail: natakoste@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2883-7841>
- Бухтияров Игорь Валентинович* директор ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», д-р мед. наук, профессор, академик РАН.
E-mail: ivbukhtiyarov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8317-2718>
- Борисова Елена Владимировна* инспектор по производственным вопросам отдела госпитализации ЧУЗ «ЦКБ «РЖД-Медицина»; профессор кафедры высшей математики Тверского государственного технического университета, канд. тех. наук, д-р пед. наук.
E-mail: elenborisov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1476-7301>

About the authors:

- Natalya A. Kostenko* Head of the Department of Medical Activities of the Central Directorate of Healthcare — Branch of JSC "Russian Railways", Cand. of Sci. (Med.).
E-mail: natakoste@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-2883-7841>
- Igor V. Bukhtiyarov* Director of the Izmerov Research Institute of Occupational Health, Honored Scientist of the Russian Federation, Academician of the Russian Academy of Medical Sciences, Dr. of Sci. (Med.), Professor.
E-mail: ivbukhtiyarov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8317-2718>
- Elena V. Borisova* Inspector for Production Issues, Hospitalization Department of the Private Health Care Institution "Central Clinical Hospital "Russian Railways Medicine"; Professor of the Department of Higher Mathematics, Tver State Technical University, Dr. of Sci. (Eng.), Dr. of Sci. (Ped.).
E-mail: elenborisov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1476-7301>