

УДК 004.946

DOI: 10.34670/AR.2026.64.73.009

Оценка психофизиологической реакции персонала на стрессогенный симуляционный сценарий чрезвычайной ситуации

Исаев Фариз Фуркатович

Аспирант,
РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина,
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинский просп., 65;
e-mail: Farizisayev97@gmail.com

Каюшкина Софья Дмитриевна

Студент,
РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина,
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинский просп., 65;
e-mail: sonya_kayushkina@mail.ru

Минаева Ирина Анатольевна

Кандидат технических наук, доцент,
РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина,
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинский просп., 65;
e-mail: Isaev@mail.ru

Аннотация

В статье представлены результаты статистической оценки психофизиологической реакции испытуемых на прохождение стрессогенной симуляции чрезвычайной ситуации в виртуальной реальности, разработанной для подготовки персонала объектов топливно-энергетического комплекса. Актуальность исследования обусловлена необходимостью формирования у работников психологической устойчивости к воздействию факторов чрезвычайной ситуации без создания реальной угрозы для их жизни и здоровья. В качестве объективного физиологического индикатора использовалась частота сердечных сокращений, измеряемая до начала симуляции и во время прохождения сценария. Выборка исследования составила $n=1634$ испытуемых. По результатам анализа установлено статистически значимое повышение частоты сердечных сокращений с $77,34 \pm 10,66$ до $124,47 \pm 15,51$ уд/мин. Средний прирост составил $47,12 \pm 18,57$ уд/мин. Увеличение пульса было зафиксировано у 98,29% участников. Парный t-критерий Стьюдента подтвердил статистическую значимость различий между исходным состоянием и состоянием во время симуляции: $t(1633) = -102,58$; $p < 0,001$. Размер Cohen's d составил 2,54, что соответствует очень выраженному эффекту. Полученные результаты позволяют рассматривать симуляционный сценарий как эффективный инструмент безопасного моделирования психофизиологического напряжения, возникающего у персонала при столкновении с условиями, близкими к чрезвычайной ситуации.

Для цитирования в научных исследованиях

Исаев Ф.Ф., Каюшкина С.Д., Минаева И.А. Оценка психофизиологической реакции персонала на стрессогенный симуляционный сценарий чрезвычайной ситуации // Психология. Историко-критические обзоры и современные исследования. 2026. Т. 15. № 6А. С. 110-118. DOI: 10.34670/AR.2026.64.73.009

Ключевые слова

Чрезвычайная ситуация, топливно-энергетический комплекс, симуляция, виртуальная среда, психофизиологическая реакция, частота сердечных сокращений, стресс, персонал, статистический анализ, психологическая устойчивость.

Введение

Проблема готовности персонала объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК) к действиям в чрезвычайных ситуациях (ЧС) сохраняет высокую научную и практическую значимость. Объекты ТЭК относятся к объектам повышенной опасности, где ошибка оператора, несвоевременное принятие решения или нарушение алгоритма действий способны привести к эскалации чрезвычайной ситуации. В условиях аварии значимым становится не только наличие профессиональных знаний, но и способность работника сохранять спокойствие в ситуациях дефицита времени, информационной неопределённости, громких звуковых сигналов, визуальных признаков аварии и необходимости быстро принимать решения [Шойгу и др., 2007].

Традиционные методы подготовки персонала, включая инструктажи, учебные занятия и проверку знаний нормативных требований, позволяют сформировать базовую информационную готовность. Вместе с тем они редко обеспечивают тренировку эмоционально-волевой устойчивости и навыков поведения в условиях субъективно воспринимаемой угрозы. В экстремальной ситуации стресс, страх и тревога могут нарушать внимание, снижать точность восприятия и повышать вероятность импульсивных либо, напротив, заторможенных действий [Дружинин, 2001]. Поэтому вопрос создания безопасных тренировочных сред, способных воспроизводить стрессогенные элементы аварийной обстановки без фактического воздействия опасных факторов, является актуальным.

Одним из эффективных подходов является использование симуляций с виртуальной реальностью (VR). Симуляция позволяет моделировать аварийный сценарий в управляемой среде, предъявлять испытуемому визуальные и звуковые стимулы, формировать эффект присутствия и оценивать реакцию организма на смоделированную ситуацию. В отличие от обычной проверки знаний, такой формат позволяет менять подход к подготовке сотрудников к условиям реального профессионального стресса, сохраняя безопасность обучаемого.

Особую ценность представляет не только субъективная оценка участника, но и регистрация физиологических показателей. В настоящем исследовании в качестве основного объективного физиологического показателя использовалась частота сердечных сокращений (ЧСС). Увеличение пульса при прохождении симуляционного сценария может рассматриваться как проявление активации организма в ответ на стрессовое воздействие и как косвенное подтверждение того, что моделируемая ситуация воспринимается участниками как эмоционально значимая и напряженная [Wilson, Soranzo, 2015].

Цель исследования – статистическая оценка выраженности психофизиологической реакции испытуемых на прохождение стрессогенного сценария симуляции ЧС на основе анализа

динамики частоты сердечных сокращений.

Материалы и методы

Исследование проводилось в формате сравнительного анализа показателей ЧСС до начала симуляции и во время прохождения стрессогенной симуляции. Логика исследования основывается на том, что если симуляционный сценарий действительно создаёт психофизиологическое напряжение, то показатель пульса во время прохождения симуляции должен быть статистически значимо выше исходного уровня.

В исследовании приняли участие 1634 испытуемых. Для каждого участника фиксировались два значения: ЧСС до начала симуляции и во время прохождения симуляции. Показатели пульса измерялись с использованием пульсоксиметра.

Все испытуемые проходили единый стандартизированный симуляционный сценарий, что обеспечивало сопоставимость физиологических показателей между участниками. Сценарий был направлен на моделирование условий ЧС из реально прошедшей аварии. В него включались визуализация аварийной обстановки, динамика развития опасного события, необходимость ориентации в изменяющейся среде, звуковое сопровождение, имитация дефицита времени и элементы неопределённости [Исаев, 2021; Исаев, 2023]. Важным принципом разработки являлось сохранение безопасности испытуемого при одновременном создании достаточного уровня вовлеченности и субъективной напряженности.

Стандартизация предполагала одинаковую последовательность предъявления психологических стимуляторов симуляции: исходное ознакомление с виртуальной средой, появление признаков аварийной ситуации, запуск звуковых стимуляторов усиливающих состояние тревожности, проявление визуальных факторов ЧС, необходимость принятия решения и завершение сценария. Такой порядок позволяет рассматривать различия в показателях ЧСС как реакцию на однотипное стрессогенное воздействие, а не как результат различий в условиях прохождения симуляции.

Показатели и статистическая обработка

Основным анализируемым показателем является частота сердечных сокращений, выраженная в ударах в минуту.

Для каждого этапа были рассчитаны:

- Среднее значение – M ;
- Стандартное отклонение – SD ;
- Медиана;
- Минимальное значение – Min ;
- Максимальное значение – Max ;
- Индивидуальный прирост ЧСС.

Для статистической обработки данных, помимо вышеупомянутых, были рассчитаны:

- Доля испытуемых с повышенной ЧСС;
- Парный t -критерий Стьюдента;
- Коэффициент корреляции Пирсона;
- Размер эффекта Cohen's d .

Индивидуальный прирост частоты сердечных сокращений рассчитывался по формуле:

$$\Delta ЧСС_i = ЧСС_i(\text{во время симуляции}) - ЧСС_i(\text{до симуляции}),$$

где $\Delta\text{ЧСС}_i$ – это индивидуальное изменение частоты сердечных сокращений у i -го испытуемого.

Среднее значение прироста определялось по формуле:

$$M\Delta = \sum \Delta\text{ЧСС}_i / n,$$

где $M\Delta$ – средний прирост ЧСС, n – объём выборки.

Для проверки статистической значимости различий между двумя связанными измерениями применялся парный t -критерий Стьюдента:

$$t = M_{1-2}\Delta / (SD\Delta / \sqrt{n}),$$

где $M_{1-2}\Delta$ – средняя разница между парными измерениями, $SD\Delta$ – стандартное отклонение индивидуальных разниц, n – количество испытуемых.

Размер эффекта Cohen's d для связанных измерений рассчитывался по формуле:

$$d = M\Delta / SD\Delta,$$

Доля испытуемых с повышенным ЧСС определялась как отношение количества участников, у которых ЧСС во время симуляции превышала исходное значение, к общему числу испытуемых выраженное в процентах:

$$P = (k / n) \times 100\%,$$

где k – количество испытуемых с повышением ЧСС, n – общий объём выборки.

Для оценки распространенности эффекта был рассчитан процент испытуемых, у которых во время симуляции наблюдалось повышение пульса по сравнению с исходным уровнем. Сравнение двух зависимых выборок проводилось с использованием парного t -критерия Стьюдента, так как измерения выполнялись у одних и тех же участников на двух этапах исследования. Уровень статистической значимости принимался равным $p < 0,05$. Для оценки выраженности эффекта был рассчитан размер эффекта Cohen's d для парных измерений как отношение среднего прироста к стандартному отклонению прироста [Исаев, Минаева, 2023].

Статистическая обработка проводилась с использованием методов описательной и сравнительной статистики. В качестве дополнительных параметров были рассчитаны корреляция Пирсона между двумя измерениями, дисперсия по каждому этапу и стандартное отклонение прироста.

Результаты

Описательные статистические показатели частоты сердечных сокращений до начала симуляции и во время прохождения стрессогенного сценария представлены в таблице 1.

До начала воздействия симуляции средняя частота сердечных сокращений составила $77,34 \pm 10,66$ уд/мин. Медианное значение составило 77 уд/мин, минимальный показатель составил 60 уд/мин, максимальный – 100 уд/мин. Полученные значения соответствуют исходному состоянию участников до предъявления стрессогенного сценария.

Во время прохождения симуляционного сценария средняя частота сердечных сокращений увеличилась до $124,47 \pm 15,51$ уд/мин. Медианное значение составило 125 уд/мин. Минимальное значение пульса во время симуляции равно 90 уд/мин, максимальное значение

было зафиксировано у одного испытуемого в приступе паники и составило 150 уд/мин. Таким образом уже на уровне описательной статистики наблюдается ярко выраженное смещение показателя ЧСС в сторону увеличения, что указывает на устойчивую физиологическую реакцию на стрессогенный сценарий.

Таблица 1 - Описательная статистика частоты сердечных сокращений

Этап измерения	n	M, уд/мин.	SD	Медиана	Min-Max
До симуляции	1634	77,34	10,66	77	60-100
Во время симуляции	1634	124,47	45,51	125	90-150

Средний прирост ЧСС составил $47,12 \pm 18,57$ уд/мин. Увеличение пульса во время симуляции было зафиксировано у 98,29% испытуемых. Данный показатель демонстрирует массовый и устойчивый характер психофизиологического ответа испытуемых на предъявляемый сценарий.

Результаты проверки статистической значимости приведены в таблице 2. В таблице использованы следующие обозначения: Δ – средняя разница между ЧСС во время симуляции и ЧСС до симуляции; t – значение парного t -критерия Стьюдента; df – число степеней свободы; p – уровень статистической значимости; d – размер эффекта Cohen's d .

Таблица 2 - Результаты парного t -критерия Стьюдента и оценка размера эффекта (до симуляции – во время симуляции)

Δ , уд/мин	t	df	p	d
47,12	-102,58	1633	< 0,001	2,54

Парный t -критерий Стьюдента выявил статистически значимое различие между частотой сердечных сокращений до начала симуляции и во время прохождения стрессогенного сценария: $t(1633) = -102,58$; $p < 0,001$. Таким образом нулевая гипотеза об отсутствии различий между этапами измерения опровергается. Это позволяет утверждать, что прохождение симуляционного сценария сопровождалось повышением частоты сердечных сокращений.

Размер эффекта Cohen's d составил 2,54. Значение d выше 0,8 в психофизиологических исследованиях принято рассматривать как сильный эффект [Ng et al., 2024]. Следовательно, полученный показатель подтверждает ярко выраженное воздействие симуляционного сценария на физиологическое состояние испытуемых. Практическая значимость результата заключается в том, что эффект имеет не только статистическую достоверность, обусловленную большой выборкой участников, но и большую величину, отражающую реальное изменение состояния испытуемых.

Корреляция Пирсона между двумя измерениями составила $r = 0,03$. Низкое значение корреляции указывает на то, что величина пульса во время симуляции слабо связана с исходным уровнем пульса. Иными словами, реакция на симуляционное воздействие не сводилась только к индивидуальным различиям исходного состояния участников, а в значительной степени определялась самим воздействием стрессогенного сценария.

Обсуждение

В результате проведения испытаний были получены результаты, подтверждающие способность стрессогенного сценария вызывать выраженную психофизиологическую реакцию у большинства участников. Среднее значение пульса увеличилось на 47,12 уд/мин, что является

значительным изменением, которое нельзя рассматривать как случайное колебание. Показатели статистической значимости различий и эффекта показывают, что симуляция успешно справляется со своей задачей в стимуляции организма человека.

Такой результат имеет важное прикладное значение в вопросах подготовки персонала ТЭК к действиям в ЧС. Необходимо учитывать то, что важность при ЧС имеют не только теоретическое знание порядка действий, но также и возможность выполнять их в условиях сильного психофизиологического напряжения. Если процесс обучения не включает в себя вышеупомянутый фактор, то это напрямую влияет на перенос и применение навыков в реальных условиях ЧС сопровождающихся повышенным уровнем стресса [Lazarus, Folkman, 1984].

В этом вопросе увеличение ЧСС во время симуляции является показателем восприятия человеком сценария ЧС в виртуальной реальности как эмоционально значимую, а не абстрактную задачу.

Рост пульса у 98,29 % испытуемых указывает на высокую воспроизводимость эффекта и говорит о стабильности воздействия симуляции. У большинства участников в ходе прохождения сценария повысилась физиологическая активность, что позволяет заявить о пригодности инструмента для дальнейшего использования в подготовке и оценке готовности персонала к действиям в ЧС.

Также необходимо отметить, что повышение ЧСС не является негативным результатом. В разработанной методике данный показатель рассматривается как важный диагностический и тренировочный компонент. Симулятор создан для того, чтобы вызывать напряжение, тревогу и стресс, но в управляемой среде. Именно в таких условиях можно оценить способности работника к фокусировке на задаче, правильности выполнения действий и принятия решений [Lazarus, Folkman, 1984].

Предметом анализа настоящей статьи является только стрессогенное воздействие симулятора. Последующие исследования позволят дополнить анализ оценкой этапа восстановления психофизиологического состояния работника после напряжения в симуляторе [Исаев, 2025].

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования разработанного симулятора в качестве инструмента для подготовки персонала объектов ТЭК к действиям в ЧС. Полученные данные подтверждают возможность сценария вызывать выраженное психофизиологическое напряжение, что делает его пригодным для проведения тренировок в условиях, близких к реальным.

Результаты используются в программах обучения, направленных на психофизиологическую подготовку персонала ТЭК. Также их можно использовать для создания индивидуальных траекторий подготовки к каждому из сотрудников учитывая его сильные и слабые стороны.

Заключение

Исследование установило, что прохождение симуляции ЧС сопровождается выраженным и статистически значимым повышением ЧСС у работников. Средний пульс увеличился с $77,34 \pm 10,66$ до $124,47 \pm 15,51$ уд/мин. Средний прирост составил $47,12 \pm 18,57$ уд/мин. Повышение пульса было зафиксировано у 98,29 % участников.

Парный t-критерий Стьюдента подтвердил статистическую значимость различий между исходным состоянием и состоянием во время симуляции: $t(1633) = -102,58$; $p < 0,001$. Размер эффекта Cohen's $d = 2,54$ позволяет сделать вывод о крайне выраженном воздействии симуляционного сценария на психофизиологическое состояние испытуемых.

В результате исследования были получены данные, подтверждающие эффективность

использования симулятора как инструмента безопасного моделирования психофизиологического напряжения, возникающего при столкновении с условиями, приближенными к чрезвычайной ситуации. Это подтверждает целесообразность его использования в системе подготовки персонала объектов топливно-энергетического комплекса к действиям в ЧС.

Дальнейшее развитие исследования должно быть направлено на анализ восстановительного этапа после прохождения симуляции, оценку эффективности релаксационного блока, а также изучение индивидуальных различий в реакции на стрессогенное воздействие.

Библиография

1. Дружинин В.Ф. Мотивация деятельности в чрезвычайных ситуациях. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. 168 с.
2. Исаев Ф.Ф. Использование технологий виртуальной реальности для подготовки сотрудников к действиям в чрезвычайной ситуации // Нефть и газ – 2025: 79-я Международная молодежная научная конференция. М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2025. С. 523–524.
3. Исаев Ф.Ф. Применение современных информационных технологий для улучшения уровня психофизиологической подготовки работников топливно-энергетического комплекса к действиям в чрезвычайных ситуациях: выпускная квалификационная работа. М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2023. 87 с.
4. Исаев Ф.Ф. Разработка методики диагностики и повышения эффективности формирования психологической готовности специалистов топливно-энергетического комплекса к действиям в чрезвычайных ситуациях: выпускная квалификационная работа. М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2021. 102 с.
5. Исаев Ф.Ф., Минаева И.А. Применение информационных технологий для подготовки специалистов нефтегазового комплекса к действиям в чрезвычайных ситуациях // Губкинский университет в решении вопросов нефтегазовой отрасли России: VII региональная научно-техническая конференция. М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2023. С. 267.
6. Психология экстремальных ситуаций для спасателей и пожарных / под общ. ред. Ю.С. Шойгу. М.: Смысл, 2007. 319 с.
7. Lazarus R.S., Folkman S. Stress, Appraisal, and Coping. New York: Springer Publishing Company, 1984.
8. Ng W.X., Cheng Z.Y., Peh L.C. Application of Virtual Reality (VR) in Facility Management Competency-based Training (CBT) in the Era of Industrie 5.0 // IgMin Research. 2024. Vol. 2. No. 4. P. 189–198.
9. Wilson C.J., Soranzo A. The use of virtual reality in psychology: a case study of visual perception // Computational and Mathematical Methods in Medicine. 2015. Article ID 151702.

Assessment of the Psychophysiological Response of Personnel to a Stress-Inducing Simulation Scenario of an Emergency Situation

Fariz F. Isaev

Postgraduate Student,
National University of Oil and Gas "Gubkin University",
119991, 65, Leninskiy ave., Moscow, Russian Federation;
e-mail: Farizisayev97@gmail.com

Sof'ya D. Kayushkina

Student,
National University of Oil and Gas "Gubkin University",
119991, 65, Leninskiy ave., Moscow, Russian Federation;
e-mail: sonya_kayushkina@mail.ru

Irina A. Minaeva

PhD in Technology, Associate Professor,
National University of Oil and Gas "Gubkin University",
119991, 65, Leninskiy ave., Moscow, Russian Federation;
e-mail: Isaev@mail.ru

Abstract

The article presents the results of a statistical assessment of the psychophysiological response of subjects to undergoing a stress-inducing simulation of an emergency situation in virtual reality, developed for training personnel of fuel and energy complex facilities. The relevance of the study is determined by the need to form psychological resilience in workers to the impact of emergency factors without creating a real threat to their life and health. Heart rate, measured before the start of the simulation and during the scenario, was used as an objective physiological indicator. The study sample comprised $n=1634$ subjects. Based on the results of the analysis, a statistically significant increase in heart rate from 77.34 ± 10.66 to 124.47 ± 15.51 bpm was established. The average increase was 47.12 ± 18.57 bpm. An increase in pulse was recorded in 98.29% of participants. The paired Student's t-test confirmed the statistical significance of the differences between the initial state and the state during the simulation: $t(1633) = -102.58$; $p < 0.001$. Cohen's d was 2.54, which corresponds to a very pronounced effect. The obtained results allow the simulation scenario to be considered as an effective tool for safely modeling the psychophysiological tension that arises in personnel when faced with conditions close to an emergency situation.

For citation

Isaev F.F., Kayushkina S.D., Minaeva I.A. (2026) Otsenka psikhofiziologicheskoy reaktsii personala na stressogennyi simulyatsionnyy stsensariy chrezvychaynoy situatsii [Assessment of the Psychophysiological Response of Personnel to a Stress-Inducing Simulation Scenario of an Emergency Situation]. *Psikhologiya. Istoriko-kriticheskie obzory i sovremennye issledovaniya* [Psychology. Historical-critical Reviews and Current Researches], 15 (6A), pp. 110-118. DOI: 10.34670/AR.2026.64.73.009

Keywords

Emergency situation, fuel and energy complex, simulation, virtual environment, psychophysiological response, heart rate, stress, personnel, statistical analysis, psychological resilience.

References

1. Druzhinin, V. F. (2001). Motivatsiya deyatelnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh [Motivation of activity in emergency situations]. MNEPU Publishing House.
2. Isaev, F. F. (2021). Razrabotka metodiki diagnostiki i povysheniya effektivnosti formirovaniya psikhologicheskoy gotovnosti spetsialistov toplivno-energeticheskogo kompleksa k deystviyam v chrezvychaynykh situatsiyakh [Development of a methodology for diagnosing and improving the effectiveness of forming psychological readiness of fuel and energy complex specialists for emergency response] (Master's thesis). Gubkin University of Oil and Gas.
3. Isaev, F. F. (2023). Primeneniye sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy dlya uluchsheniya urovnya psikhofiziologicheskoy podgotovki rabotnikov toplivno-energeticheskogo kompleksa k deystviyam v chrezvychaynykh situatsiyakh [Application of modern information technologies to improve the level of psychophysiological training of fuel and energy complex workers for emergency response] (Master's thesis). Gubkin University of Oil and Gas.

-
4. Isaev, F. F. (2025). Ispol'zovaniye tekhnologiy virtual'noy real'nosti dlya podgotovki sotrudnikov k deystviyam v chrezvychaynoy situatsii [The use of virtual reality technologies for training employees for emergency response]. In *Neft' i gaz – 2025: 79-ya Mezhdunarodnaya molodezhnaya nauchnaya konferentsiya* (pp. 523–524). Gubkin University of Oil and Gas.
 5. Isaev, F. F., & Minaeva, I. A. (2023). Primeneniye informatsionnykh tekhnologiy dlya podgotovki spetsialistov neftegazovogo kompleksa k deystviyam v chrezvychaynykh situatsiyakh [Application of information technologies for training specialists of the oil and gas complex for emergency response]. In *Gubkinskiy universitet v reshenii voprosov neftegazovoy otrasli Rossii: VII regional'naya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya* (p. 267). Gubkin University of Oil and Gas.
 6. Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*. Springer Publishing Company.
 7. Ng, W. X., Cheng, Z. Y., & Peh, L. C. (2024). Application of Virtual Reality (VR) in Facility Management Competency-based Training (CBT) in the Era of Industrie 5.0. *IgMin Research*, 2(4), 189–198.
 8. Shoigu, Iu. S. (Ed.). (2007). *Psikhologiya ekstremal'nykh situatsiy dlya spasateley i pozharnykh* [Psychology of extreme situations for rescuers and firefighters]. Smysl.
 9. Wilson, C. J., & Soranzo, A. (2015). The use of virtual reality in psychology: a case study of visual perception. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, Article ID 151702.