

### Разработка портативной системы для дифференцированной оценки стрессоустойчивости военнослужащих

Е. С. Щелканова<sup>1</sup>✉, Е. А. Журбин<sup>1</sup>, И. В. Маркин<sup>1</sup>,  
Г. М. Письменный<sup>1</sup>, М. Р. Назарова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Военный инновационный технополис «ЭРА»  
Пионерский пр-т, д. 41, г. Анапа 353456, Российская Федерация

✉ e-mail: era\_otd6@mil.ru

#### Резюме

**Цель исследования.** Профессиональная деятельность военнослужащих напрямую связана с высоким уровнем психического и физического стресса. Негативными последствиями стресса у военнослужащих являются не только проблемы со здоровьем, но и риск срыва выполнения задач. Поэтому актуальной задачей становится разработка инструментов для оценки стрессоустойчивости у военнослужащих, в том числе в полевых условиях. Существующие комплексы для оценки стрессоустойчивости у военнослужащих, как правило, обладают следующими недостатками: крупногабаритность, недостаточная мобильность, обязательное подключение к компьютеру, установка специализированного программного обеспечения, относительно высокая стоимость, субъективный характер оценки, отсутствие дифференцированной оценки на страх и тревогу, имеющие различный морфофункциональный базис. Поэтому целью исследования является разработка прототипа портативной системы для дифференцированной оценки уровня стрессоустойчивости военнослужащих.

**Методы.** Модель оценки стрессоустойчивости – «предсказуемая – непредсказуемая угроза». Разработку электронной платы проводили с использованием современных систем автоматизированного проектирования: NI Multisim v 14.3, Micro-Cap v 12.2.0.5, KiCad v 8.0.6, Компас-График v 23, Mathcad v 15. Программная составляющая системы реализована при помощи Python v 3.10 и библиотек: PySide6 v 6.7.2, docx v 0.2.4, Docxcompose v 1.4.0, Cryptography v 43.0.0, SQLite v 3.47.0, Pyinstaller v 6.11.0. Корпус портативной системы смоделирован в программе Solidworks 2018. Программа IDEA Maker использована для преобразования трехмерной модели в управляющие команды 3D-принтера.

**Результаты.** Представлена концептуальная модель портативной системы для оценки стрессоустойчивости военнослужащих на основе модели оценки «предсказуемая – непредсказуемая угроза». На базе концептуальной модели реализован прототип данной системы.

**Заключение.** Внедрение в повседневную практику медицинской и психологической службы Вооруженных сил РФ портативной системы для дифференцированной оценки уровня стрессоустойчивости будет способствовать своевременному принятию мер по сохранению и укреплению здоровья личного состава, а также повышению эффективности военно-профессиональной деятельности, сохранению профессионального здоровья военнослужащих.

**Ключевые слова:** аверсивные реакции; военнослужащие; оценка; портативная система; стресс-тестирование; стрессоустойчивость; физиологические показатели.

**Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

**Для цитирования:** Разработка портативной системы для дифференцированной оценки стрессоустойчивости военнослужащих / Е. С. Щелканова, Е. А. Журбин, И. В. Маркин, Г. М. Письменный, М. Р. Назарова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2025. Т. 15, № 2. С. 90–107. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2025-15-2-90-107>

Поступила в редакцию 06.04.2025

Подписана в печать 04.05.2025

Опубликована 30.06.2025

## Development of a portable system for differentiated assessment of stress resistance of military personnel

Elena S. Shchelkanova<sup>1</sup>✉, Evgeniy A. Zhurbin<sup>1</sup>, Ilya V. Markin<sup>1</sup>,  
Grigory M. Pismennyi<sup>1</sup>, Marina R. Nazarova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Military Innovative Technopolis "ERA"  
41 Pionerskiy Ave., Anapa 353456, Russian Federation

✉ e-mail: era\_otd6@mil.ru

### Abstract

**Purpose of research.** Professional activity of servicemen is directly related to high levels of mental and physical stress. Negative consequences of stress in servicemen are not only health problems, but also the risk of task failure. Therefore, the development of tools for assessing stress tolerance in military personnel, including in field conditions, becomes an urgent task. Existing complexes for assessing stress tolerance in servicemen, as a rule, have the following disadvantages: large size, insufficient mobility, mandatory connection to a computer, installation of specialised software, relatively high cost, subjective nature of assessment, lack of differentiated assessment for fear and anxiety, having different morphofunctional basis. Therefore, the aim of the study is to develop a prototype of a portable system for differentiated assessment of the level of stress tolerance of military personnel.

**Methods.** The stress tolerance assessment model is 'predictable-unpredictable threat'. The development of the electronic board was carried out using modern computer-aided design systems: NI Multisim v 14.3, Micro-Cap v 12.2.0.5, KiCad v 8.0.6, Compass-Graphic v 23, Mathcad v 15. The software component of the system is implemented using Python v 3.10 and libraries: PySide6 v 6.7.2, docx v 0.2.4, Docxcompose v 1.4.0, Cryptography v 43.0.0, SQLite v 3.47.0, Pyinstaller v 6.11.0. The housing of the portable system was modelled in Solidworks 2018 software. IDEA Maker software was used to convert the 3D model into 3D printer control commands.

**Results.** A conceptual model of a portable system for assessing stress tolerance of military personnel based on the predictable-unpredictable threat assessment model is presented. A prototype of this system was implemented based on the conceptual model.

**Conclusion.** The introduction of a portable system for differentiated assessment of stress tolerance into the daily practice of medical and psychological service of the Armed Forces of the Russian Federation will contribute to the timely adoption of measures to preserve and improve the health of personnel, as well as to improve the efficiency of military-professional activity, and to preserve the professional health of servicemen.

**Keywords:** *aversive reactions; military personnel; assessment; portable system; stress testing; stress tolerance; physiological indicators.*

**Conflict of interest:** *The authors declares no conflict of interest related to the publication of this article.*

**For citation:** Shchelkanova E.S., Zhurbin E.A., Markin I.V., Pismennyi G.M., Nazarova M.R. Development of a portable system for differentiated assessment of stress resistance of military personnel. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering.* 2025;15(2):90–107. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2025-15-2-90-107>

Received 06.04.2025

Accepted 04.05.2025

Published 30.06.2025

\*\*\*

## Введение

Профессиональная деятельность военнослужащих характеризуется чрезвычайно высокой ответственностью за принятие и реализацию решений, наличием угроз жизни и здоровью. Поэтому при комплектовании каждой воинской учетной специальности предъявляются специальные требования как к физическому и психическому здоровью кандидатов, так и к их знаниям, навыкам, умениям и профессионально важным качествам (ПВК).

Ввиду того, что стрессоустойчивость (СУ) является одним из важнейших ПВК военнослужащих моторно-волевого класса воинских должностей, динамическую оценку СУ необходимо осуществлять на всех этапах мониторинга профессиональной надежности военнослужащих: на этапе подготовки к выполнению боевой задачи; в ходе выполнения боевой задачи; в процессе медико-психологической реабилитации [1]. Поэтому актуальным становится разработка средств оценки уровня СУ в полевых условиях. Такие средства должны быть мобильными, иметь относительно небольшие массогабаритные параметры, иметь пылевлагозащиту,

работать автономно от аккумулятора и быть простыми в использовании.

Несмотря на достаточно жесткий в ряде случаев профессиональный психологический отбор и внимание к профессиональной подготовке, военнослужащие зачастую подвержены труднопредсказуемым срывам в физиологической и психоэмоциональной сферах [2], их игнорирование способно привести к долгосрочным проблемам с психическим здоровьем, иммунитетом и работоспособностью [3]. Своевременная профилактика острых форм боевой психической травмы напротив способна повысить адаптивность организма к воздействию экстремальных патогенных факторов [4], тем самым укрепив здоровье и боеспособность военнослужащего [5]. Следствием срывов военнослужащих являются критические ошибки [6], имеющие порой негативные последствия, как для жизни военнослужащего [7], так и для жизней окружающих его людей [8]. В современных условиях с учетом увеличения ударной мощи вооружения и затрат на подготовку высококвалифицированных кадров [9] цена таких ошибок многократно возрастает. Результаты практических исследований дают

возможность утверждать, что качественная психологическая подготовка и серьезная внутриличностная работа военнослужащего над собой позволят добиться морально-психологического превосходства над противником [10]. Поэтому актуальной является задача по разработке и внедрению новых технологий, методов и средств для дифференцированной оценки уровня СУ военнослужащих.

На сегодняшний день в Вооруженных силах РФ с целью определения уровня СУ и близких к ней характеристик военнослужащих используются, как правило, личностные опросники: «Адаптивность» А. Г. Маклакова и С. В. Чермянина, «Прогноз» Ю. А. Баранова и «Прогноз-2» В. Ю. Рыбникова, «Готовность к риску» А. М. Шуберта и др. Однако они не лишены недостатков: субъективность вводимых данных, риск возникновения случайных ошибок, отсутствие возможности дифференцированно оценивать реакцию на острую и потенциальную угрозы, имеющие различный морфофункциональный базис.

С целью объективизации оценки СУ военнослужащих следует применять комплекс не однокритериальных методик, ориентированных только на выбор обследуемого, а основываться на нескольких объективных физиологических показателях человека.

**Целью исследования** явилась разработка прототипа портативной системы для дифференцированной оценки уровня стрессоустойчивости военнослужащих.

## Материалы и методы

Модель дифференцированной оценки СУ – «предсказуемая – непредсказуемая угроза» [11].

Программные обеспечения (ПО) для разработки электронной платы: NI Multisim v 14.3, Micro-Cap v 12.2.0.5, KiCad v 8.0.6, Компас-График v 23, Mathcad v 15.

ПО для реализации метода оценки СУ: Python v3.10 (использованные библиотеки: PySide6 v 6.7.2, docx v 0.2.4, docxcompose v 1.4.0, cryptography v 43.0.0, SQLite v3.47.0, pyinstaller v 6.11.0).

ПО для проектирования и печати прототипа корпуса: Solidworks 2018 и IDEA Maker. Модель 3D-принтера: Raise3DPro2Plus. Технология печати: FDM. Материал печати: нить из ABS диаметром 1,75 мм (Bestfilament). Тип постобработки: механическая.

## Результаты и их обсуждение

На сегодняшний день существуют аппаратно-программные комплексы (АПК), реализующие мониторинг и оценку психофизиологических сигналов, такие как, например, «Здоровье-экспресс» [12], «Реакор» [13], программа автоматической речевой аналитики для цифровой оценки стрессовой нагрузки и психосоциального здоровья [14]. Каждый из этих комплексов имеет свои преимущества при решении задач по оценке уровня СУ. Сравнение основных характеристик данных АПК приведено ниже (табл. 1).

**Таблица 1.** Сравнение характеристик АПК для оценки уровня СУ**Table 1.** Comparison of stress tolerance assessment systems

Название / Appellation	АПК «Здоровье-экспресс» исполнение / Hardware and software complex "Zdorov'e-Ekspress"	АПК «Реакор» / HSC "Reakor"	Программа автоматической речевой аналитики / Automatic speech analytics program	АПК «Портативная система для дифференцированной оценки стрессоустойчивости» / HSC "portable system for assessing the stress resistance"
Стоимость, руб.	Исходя из коммерческого предложения	Исходя из коммерческого предложения	Исходя из коммерческого предложения	Около 70 тыс. руб.
Габариты основного модуля, мм	150×100×35	170×100×40	322,5×214,8×15,9	206×160×55
Масса основного модуля, кг	0,3	0,5	отсутствует	1,2
Масса АПК, кг	2,8	3,0	2,5	1,2
Дополнительные технические средства	ПК	ПК	ПК	Не требуются
Стандарт пыле-влажностозащиты	Не указан	Не указан	Не указан	IP44
Регистрируемые физиологические параметры	Вариабельность сердечного ритма (ВСР)	Кожно-гальваническая реакция (КГР)	Параметры голоса	КГР, электромиограмма (ЭМГ), частота сердечных сокращений (ЧСС)
Характер оценки	Недифференцированный	Недифференцированный	Недифференцированный	Дифференцированный

Как видно из таблицы 1, применение стационарных АПК в полевых условиях весьма затруднительно, где невозможно оборудовать место для постоянного проведения тестирования, отсутствует прямой доступ к электрической сети, отсутствует высококвалифицированный персонал.

Исходя из результатов сравнительного анализа, наиболее близких по характеристикам АПК, одним из преимуществ

портативной системы является получение информации от нескольких физиологических сигналов организма человека, интегральная оценка которых позволяет оценивать уровень СУ по показателям различных систем организма. Как правило, для оценки СУ используют следующую физиологическую информацию: ВСР, ЧСС, частота дыхания, электропроводность кожи, уровень кортизола в телесных жидкостях и

динамика изменения биоэлектрической активности мышц. Рассмотрим взаимо-

связь данных показателей с механизмом развития стресса (табл. 2).

**Таблица 2.** Связь физиологических параметров со стрессом

**Table 2.** The relationship of physiological parameters with stress

Физиологический параметр / The physiological parameter	Метод съема / The method of removal	Единицы измерения / Units of measurement	Связь со стрессом / Connection with stress
ВСП	Электрокардиограмма	мВ	Тест ВСП – количественный метод измерения активности вегетативной системы сердца для оценки её адаптивных возможностей (в том числе к стрессовым событиям)
ЧСС	Фотоплетизмограмма	мм рт. ст.	Мониторинг различия ЧСС между состояниями покоя и возбуждения служит для определения функциональности вегетативной нервной системы
Частота дыхания	Датчик дыхания	Циклы дыхания / мин	Стресс провоцирует выброс адреналина, гормона, который приводит к потере контроля над дыхательным центром, а также к увеличению частоты дыхания и глубины вдохов-выдохов
Электропроводность кожи	Датчик кожно-гальванической реакции	Ом	Электропроводность кожи изменяется вследствие стрессового потоотделения
Уровень кортизола	Электрохемилюминесцентный иммуноанализ слюны	нмоль/л	Кортизол продуцируется организмом в ответ на стрессовое событие
Динамика изменения биоэлектрической активности мышц	Электромиограмма	мВ	Стрессогенные события вызывают неосознанные мышечные сокращения, при которых изменяется характер биоэлектрической активности мышц

При выборе ключевых физиологических параметров, тесно связанных со стрессом, учитывались возможности средств их съёма, к которым предъявлялись такие требования, как: точность, эксплуатационное удобство, стоимость,

неинвазивность, наличие обратной связи в режиме реального времени. В таблице 3 представлена сравнительная характеристика методов съёма физиологической информации.

**Таблица 3.** Сравнение методов съема физиологической информации**Table 3.** Comparison of methods for capturing physiological information

Метод съёма / The method of removal	Точность / Accuracy	Удобство эксплуата- ции / Ease of use	Стои- мость / Cost	Неинвазив- ность / Non- invasiveness	Наличие обратной связи / Availability of feedback
Электрокардиограмма	+	–	+	+	+
Фотоплетизмограмма	+	+	+	+	+
Датчик дыхания	–	–	+	+	+
Датчик кожно-гальва- нической реакции	+	+	+	+	+
Электрохемилюми- несцентный иммуно- анализ слюны	+	–	–	+	–
Электромиограмма	+	+	+	+	+

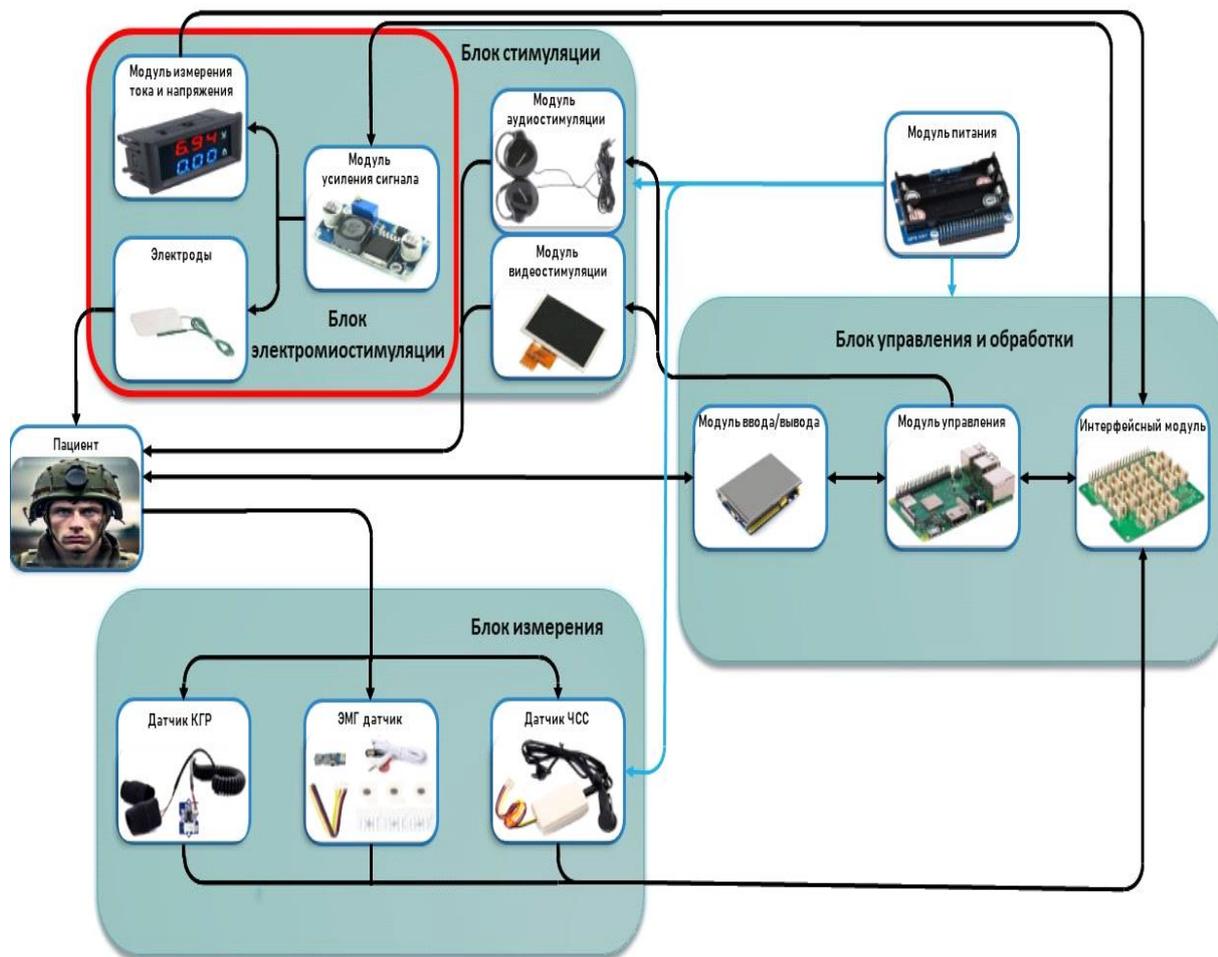
Использование электрокардиограммы (нелинейных параметров вариабельности сердечного ритма) является достаточно перспективным направлением оценки СУ, но, к сожалению, данный метод не подходит для быстрой оценки СУ в полевых условиях из-за требований к позе испытуемого и схемы размещения датчиков [15].

Поэтому, как видно из таблицы 3, наилучшей регистрируемой комбинацией физиологических параметров обследуемого является сочетание ЧСС [16], электропроводности кожи [17] и динамики изменения биоэлектрической активности мышц [18].

Рассмотрим концептуальную схему разработанной системы для оценки СУ военнослужащих (рис. 1).

Центральное звено в данной системе занимает блок управления и обработки сигналов (БУиО). БУиО осуществляет контроль за работой всей системы, а также выполняет анализ входных данных, приходящих с блока стимуляции (БС) и блока измерения (БИ).

Основной элемент БУиО – это модуль управления (МУ). МУ связан с БИ посредством аналоговой и цифровой передачи данных, реализация которых осуществляется с помощью интерфейсного модуля (ИМ). Взаимодействие пользователя с системой происходит с помощью модуля ввода / вывода (МВВ). Питание элементов всех блоков осуществляется с помощью автономного модуля питания.



**Рис. 1.** Концептуальная схема портативной системы для оценки стрессоустойчивости военнослужащих

**Fig. 1.** A conceptual diagram of a portable system for assessing the stress resistance of military personnel

БИ осуществляет сбор информации о физиологических показателях испытуемого при помощи датчиков: ЧСС, ЭМГ и КГР. Кроме того, БИ выполняет оцифровку и передачу сигнала в ИМ по экранированным каналам связи для последующего преобразования в цифровой вид. Преобразованные данные передаются в МУ для фильтрации и анализа.

Блок стимуляции выполняет функцию стрессогенного события. Он воздействует на испытуемого посредством визуальных, звуковых и электрических

раздражителей. Генерация данных видов воздействия осуществляется при помощи модуля видеостимуляции, модуля аудиостимуляции и блока электростимуляции (БЭ).

БЭ необходим для передачи электрических сигналов с заданными параметрами на тело испытуемого с помощью накожных неинвазивных электродов. Усилитель постоянного тока, являющийся основным блоком БЭ, обеспечивает повышение напряжения сигнала, поступающего от МУ. Для управления

выходным сигналом усилителя БЭ используется обратная связь, реализуемая посредством использования модуля измерения тока и напряжения.

Таким образом, портативная система состоит из детерминированных модулей, работающих взаимосвязано с целью получения данных о физиологических параметрах организма испытуемого в течение воздействия на него череды стрессогенных событий.

### **Программная реализация модели для дифференцированной оценки стрессоустойчивости**

Модель «предсказуемая – непредсказуемая угроза» (ПНУ) обеспечивает дифференцированную оценку СУ.

Предсказуемая угроза моделирует ситуацию, при которой человек может предсказать угрозу, а также оценить риск негативного события на его психическое и физическое состояния, основываясь на ранее полученном опыте или внешних раздражителях (реакция страха). Предсказуемая угроза активизирует такие области мозга, как вентральная префронтальная кора и лимбические структуры. Вентральная префронтальная кора отвечает за планирование и прогноз реакции на события, происходящие вне текущего фокуса времени. Лимбические структуры связаны с формированием эмоций и поведенческих реакций.

Непредсказуемая угроза моделирует ситуацию, при которой человек не

способен предугадать надвигающуюся на него угрозу / негативное событие (реакция тревоги). Подобная угроза возбуждает область мозга, называемую миндалиной, отвечающую за реакцию на тревожные события. В процессе формирования ответной реакции на событие происходит возбуждение передней части островковой коры и дорсальной передней поясной извилины.

Основным различием острой и потенциальной угроз является задействование более примитивных областей мозга и реакций в ответ на непредсказуемый раздражитель [19].

Событием-раздражителем в разрабатываемой системе является электрическое воздействие. Модель предсказуемой и непредсказуемой угрозы реализуется посредством наличия аудиосигнала, предшествующего предсказуемой угрозе. При непредсказуемой угрозе аудиосигнал не подается.

Длительность фаз модели ПНУ составляет 45 секунд. Между фазами присутствует период релаксации длительностью 45 секунд, необходимый для возвращения нервной системы обследуемого к исходному (спокойному) состоянию.

Перед стресс-тестированием обследуемый проходит фазу адаптации, заключающуюся в подаче аудиосигнала, состоящего из равномерного немзыкального звукового фона в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц, с громкостью звука 103

Дб, длительностью 40 мс и мгновенным подъемом мощности.

Номинал напряжения в модуле электрической стимуляции подбирается исходя из физиологических параметров устойчивости нервной системы в индивидуальном порядке для каждого военнослужащего непосредственно перед прохождением стресс-тестирования. Для тестовой проверки реакции нервной системы на раздражитель в системе реализована возможность подачи пробного электрического заряда. Рекомендованным напряжением на выходе электростимулятора является значение до 50 В. Напряжение, используемое в ходе стресс-тестирования, подбирается исходя из значения электрического воздействия, приносящего болевые ощущения (на 10% ниже этого значения). В процессе исследования для электростимуляции используется ток с частотой 50 Гц с возможностью повышения этого значения до 250 Гц. Коэффициент заполнения также является регулируемым параметром со значением от 1 до 100% с шагом выбора в 1%.

В ходе тестирования информативными физиологическими параметрами являются:

- кожно-гальваническая реакция с пальцев рук, Ом;
- электромиограмма круговой мышцы глаза, мВ;
- частота сердечных сокращений, снимаемая с мочки уха, уд/мин.

Заключение об уровне СУ формируется автоматически на основании решающих правил, полученных эмпирическим путём.

Основными предъявляемыми требованиями к портативной системе являются: малогабаритность, эргономичность, низкое время развертывания системы, удобство эксплуатации и обслуживания, автономность работы.

Создание корпуса портативной системы для оценки СУ являлась 3D-печатать из ABS-пластика на основе технологии моделирования методом послойного наплавления.

Выбор метода изготовления обусловлен тем, что использование аддитивных технологий при производстве малых партий пластмассовых изделий является менее ресурсозатратным по сравнению с промышленными методами, такими как: литье под давлением, выдувное формование, ротационное формование и вакуумное литье [20].

Кроме того, использование 3D-печати даёт возможность производить изделия сложной формы без обращения к сторонним инструментальным приспособлениям.

Корпус прототипа портативной системы моделировался в программе «SOLIDWORKS 2018». Далее файл с трехмерной моделью загружался в программное обеспечение «IDEA Maker», где производилась генерация управляющих команд для 3D-принтера.



Для печати корпуса использовался принтер Raise3DPro2Plus (Китай), основанный на технологии печати FDM (англ. fused deposition modeling – моделирование методом послойного наплавления). В качестве материала для печати применялась нить из акрилонитрил-бутадиен-стирола (ABS) диаметром 1,75 мм (*Bestfilament*, Россия).

Условия печати: температура экструдера – 230°C; температура стола – 100°C; скорость печати – 60 мм/с; толщина слоя – 0,2 мм; заполнение 85%.

Постобработка выполнялась механическим методом – отделение деталей от подложек и поддерживающих конструкций, обрезка и шлифование мелких дефектов печати.

Основными преимуществами такого корпуса являются защищенность датчиков в специальном отсеке, сенсорный дисплей, удобная транспортировочная ручка.

## Выводы

1. На сегодняшний день на рынке отсутствуют технические средства,

которые могут использоваться для дифференцированной оценки уровня стрессоустойчивости военнослужащих на всех этапах мониторинга профессиональной надежности.

2. Концептуальная схема портативной системы для дифференцированной оценки СУ военнослужащих может послужить основой для разработки технических средств для нужд ВС РФ.

3. Разработанный прототип портативной системы для дифференцированной оценки СУ военнослужащих демонстрирует осуществимость и практическую реализуемость разрабатываемой системы.

4. Внедрение в практическую деятельность портативной системы для дифференцированной оценки уровня стрессоустойчивости и аналогичных средств позволит осуществлять динамическую оценку важнейшей ПВК военнослужащих на всех этапах мониторинга профессиональной надежности, что позволит своевременно принять решение и снизить число критических ошибок при выполнении должностных обязанностей.

## Список литературы

1. Дорофеев И. И. Профессионально важные качества военнослужащих в различных группах специальностей // Известия Российской военно-медицинской академии. 2020. № S3–4. С. 60–67.

2. Современные подходы к оценке стрессоустойчивости у военнослужащих / Е. В. Крюков, Е. В. Ивченко, В. К. Шамрей, А. А. Марченко, А. В. Лобачев,

О. С. Виноградова, Е. А. Журбин, Е. С. Щелканова // Военно-медицинский журнал. 2023. Т. 344, № 7. С. 4–15. [https://doi.org/10.52424/00269050\\_2023\\_344\\_7\\_4](https://doi.org/10.52424/00269050_2023_344_7_4)

3. Stress Resilience Assessment Based on Physiological Features in Selection of Air Traffic Controllers / K. Cosic, M. Šarlija, V. Ivkovic, Q. Zhang, G. Strangman, S. Popovic // IEEE Access. 2019. Vol. 7. P. 41989–42005. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2907479>

4. Евдокимов В. И., Шамрей В. К., Плужник М. С. Развитие направлений научных исследований по боевому стрессу в отечественных статьях с использованием программы VOSviewer (2005–2021 гг.) // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2023. № 2. С. 99–116. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2023-0-2-99-116>

5. Концепция стрессоустойчивости в контексте мониторинга психического здоровья военнослужащих – современный взгляд на проблему / А. А. Марченко, А. В. Лобачев, О. С. Виноградова, Д. В. Моисеев // Психическое здоровье военнослужащих и специалистов экстремальных видов профессиональной деятельности: материалы Всероссийской научно-практической конференции, г. Санкт-Петербург, 28 октября 2022 года / под ред. В. К. Шамрея. СПб.: Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, 2022. С. 23–28.

6. Психофизиологические маркеры стрессоустойчивости у военнослужащих моторно-волевого класса воинских должностей / А. А. Марченко, А. В. Лобачев, В. Д. Пронин, В. Н. Ищук, Е. А. Чернявский, О. С. Виноградова // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Биотехнические системы и технологии»: сборник статей III Всероссийской научно-технической конференции, г. Анапа, 27–28 мая 2021 года. Анапа: Военный инновационный технополис «ЭРА», 2021. С. 169–174.

7. Neurocognitive Function and Suicidal Behavior in U.S. Army Soldiers / J. A. Naifeh, M. K. Nock, R. J. Ursano [et al.] // Suicide and Life-Threatening behavior. 2017. N 47(5). P. 589–602. <https://doi.org/10.1111/sltb.12307>

8. Cognitive function, stress hormones, heart rate and nutritional status during simulated captivity in military survival training / H. R. Lieberman, E. K. Farina, J. Caldwell [et al.] // Physiology & Behavior. 2016. N 165. P. 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.06.037>

9. Training Success for U.S. Air Force Special Operations and Combat Support Specialties: An Analysis of Recruiting, Screening, and Development Processes / M. C. Lytell, S. Robson, D. Schulker [et al.]. Santa Monica, Cal.: RAND Corporation, 2018. P. 29–31. <https://doi.org/10.7249/RR2002>

10. Сахаров А. Ф., Сабыбин А. В. Влияние экстремальных ситуаций на психику и поведение военнослужащих в условиях воинской деятельности // Научные революции:

сущность и роль в развитии науки и техники: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. Уфа: Агентство международных исследований, 2018. С. 35–42.

11. Schmitz A., Grillon C. The NPU-threat test: assessing fear and anxiety in humans using threat of predictable and unpredictable aversive events // *Nature Protocols*. 2012. N 7(3). P. 527–532. <https://doi.org/10.1038/nprot.2012.001>

12. Особенности формирования нервной системы кадетов в период адаптации к образовательному процессу / Г. А. Яманова, В. Г. Сердюков, А. А. Антонова, Л. А. Милоченкова // *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2020. № 1(73). С. 137–140.

13. Повышение эффективности системы психофизиологической подготовки высококвалифицированных боксеров / Э. Ш. Шаяхметова, Э. Р. Хакимов, А. Ф. Гайнуллина, А. Л. Линтварев // *Теория и практика физической культуры*. 2017. № 12. С. 56–58.

14. An automatic speech analytics program for digital assessment of stress burden and psychosocial health / A. M. Y. Chu, B. S. Y. Lam, J. T. Y. Tsang [et al.] // *npj Mental Health Research*. 2023. N 2. P. 15.

15. Использование нелинейных параметров вариабельности сердечного ритма для выявления стресса / Д. А. Димитриев, Е. В. Саперова, А. Д. Димитриев, Э. Р. Салимов // *Журнал медико-биологических исследований*. 2021. № 3. С. 265–274. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z064>

16. A wearable heart rate measurement device for children with autism spectrum disorder / F. Fioriello, A. Maugeri, L. D’Alvia [et al.] // *Sci. Rep.* 2020. N 10(1). P. 18659. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75768-1>

17. Chen J., Abbod M., Shieh J.-S. Pain and Stress Detection Using Wearable Sensors and Devices – A Review // *Sensors*. 2021. N 21. P. 1030. <https://doi.org/10.3390/s21041030>

18. Jegan R., Nimi W. S. On the development of low power wearable devices for assessment of physiological vital parameters: a systematic review // *J. Public Health*. 2024. Vol. 32. P. 1093–1108. <https://doi.org/10.1007/s10389-023-01893-6>

19. Radoman M., Phan K. L., Gorka S. Neural correlates of predictable and unpredictable threat in internalizing psychopathology // *Neuroscience Letters*. 2019. N 701. P. 193–201. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2019.02.031>

20. Шимохин А. В. Экономическое обоснование внедрения аддитивной технологии в технологические процессы производства продукции предприятия // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент*. 2019. № 4. С. 13–19. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2019-12-4-13-19>

## References

1. Dorofeev I.I. Professionally important qualities of military personnel in various groups of specialties. *Izvestiya Rossiiskoi voenno-meditsinskoi akademii = Proceedings of the Russian Military Medical Academy*. 2020;S3–4:60–67. (In Russ.)
2. Kryukov E.V., Ivchenko E.V., Shamrey V.K., Marchenko A.A., Lobachev A.V., Vinogradova O.S., Zhurbin E.A., Shchelkanova E.S. Modern approaches to assessing stress resistance in military personnel. *Voенno-meditsinskii zhurnal = Military Medical Journal*. 2023;344(7):4–15. (In Russ.) [https://doi.org/10.52424/00269050\\_2023\\_344\\_7\\_4](https://doi.org/10.52424/00269050_2023_344_7_4)
3. Cosic K., Šarlija M., Ivkovic V., Zhang Q., Strangman G., Popovic S. Stress Resilience Assessment Based on Physiological Features in Selection of Air Traffic Controllers. *IEEE Access*. 2019;7:41989–42005. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2907479>
4. Evdokimov V.I., Shamrey V.K., Pluzhnik M.S. Development of scientific research directions on combat stress in domestic articles using the VOSviewer program (2005–2021). *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh = Biomedical and Socio-Psychological Safety Problems in Emergency Situations*. 2023;(2):99–116. (In Russ.) <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2023-0-2-99-116>
5. Marchenko A.A., Lobachev A.V., Vinogradova O.S., Moiseev D.V. The concept of stress tolerance in the context of monitoring the mental health of military personnel – a modern view of the problem. In: Shamrey V.K. (ed.) *Mental health of military personnel and specialists in extreme professional activities: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, 28 October 2022, St. Petersburg*. Saint Petersburg: Voенno-meditsinskaya akademiya imeni S. M. Kirova, 2022. P. 23–28. (In Russ.)
6. Marchenko A.A., Lobachev A.V., Pronin V.D., Ishchuk V.N., Chernyavsky E.A., Vinogradova O.S. Psychophysiological markers of stress tolerance in military personnel of the motor-volitional class of military positions. In: *Sostoyanie i perspektivy razvitiya sovremennoi nauki po napravleniyu «Biotekhnicheskie sistemy i tekhnologii»: sbornik statei III Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, g. Anapa, 27–28 maya 2021 goda = The state and prospects of the development of modern science in the field of "Biotechnical systems and technologies": Collection of articles of the III All-Russian Scientific and Technical Conference, 27–28 May 2021, Anapa*. Anapa: Voенnyi innovatsionnyi tekhnopolis "ERA"; 2021. P. 169–174. (In Russ.)
7. Naifeh J.A., Nock M.K., Ursano R.J., et al. Neurocognitive Function and Suicidal Behavior in U.S. Army Soldiers. *Suicide and Life-Threatening behavior*. 2017;(47):589–602. <https://doi.org/10.1111/sltb.12307>

8. Lieberman H.R., Farina E.K., Cald-well J., et al. Cognitive function, stress hormones, heart rate and nutritional status during simulated captivity in military survival training. *Physiology & Behavior*. 2016;(165):86–97. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.06.037>
9. Lytell M.C., Robson S., Schulker D., et al. Training Success for U.S. Air Force Special Operations and Combat Support Specialties: An Analysis of Recruiting, Screening, and Development Processes. Santa Monika, Cal.: RAND Corporation; 2018. P. 29–31. <https://doi.org/10.7249/RR2002>
10. Sakharov A.F., Sabybin A.V. The influence of extreme situations on the psyche and behavior of military personnel in conditions of military activity. In: *Nauchnye revoljutsii: sushchnost' i rol' v razvitii nauki i tekhniki: sbornik statei po itogam Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Scientific revolutions: the essence and role in the development of science and technology: A collection of articles based on the results of the International Scientific and Practical Conference*. Ufa: Agentstvo mezhdunarodnykh issledovaniy; 2018. P. 35–42. (In Russ.)
11. Schmitz A., Grillon C. The NPU-threat test: assessing fear and anxiety in humans using threat of predictable and unpredictable aversive events. *Nature Protocols*. 2012;(7):527–532. <https://doi.org/10.1038/nprot.2012.001>
12. Yamanova G.A., Serdyukov V.G., Antonova A.A., Milyuchenkova L.A. Features of the formation of the nervous system of cadets during the period of adaptation to the educational process. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta = Bulletin of the Volgograd State Medical University*. 2020;(1):137–140. (In Russ.)
13. Shayakhmetova E.Sh., Khakimov E.R., Gayullina A.F., Lintvarev A.L. Improving the effectiveness of the system of psychophysiological training of highly qualified boxers. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2017;(12):56–58. (In Russ.)
14. Chu A. M. Y., Lam B. S. Y., Tsang J. T. Y., et al. An automatic speech analytics program for digital assessment of stress burden and psychosocial health. *npj Mental Health Research*. 2023;(2):15.
15. Dimitriev D.A., Saperova E.V., Dimitriev A.D., Salimov E.R. Using nonlinear parameters of heart rate variability for Stress detection. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy = Journal of Biomedical Research*. 2021;(3):265–274. (In Russ.) <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z064>
16. Fioriello F., Maugeri A., D'Alvia L., et al. A wearable heart rate measurement device for children with autism spectrum disorder. *Sci. Rep.* 2020;(10):18659. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75768-1>
17. Chen J., Abbod M., Shieh J.-S. Pain and Stress Detection Using Wearable Sen-sors and Devices – A Review. *Sensors*. 2021;(21):1030. <https://doi.org/10.3390/s21041030>

18. Jegan R., Nimi W.S. On the development of low power wearable devices for assessment of physiological vital parameters: a systematic review. *J. Public Health*. 2024;32:1093–1108. <https://doi.org/10.1007/s10389-023-01893-6>
19. Radoman M., Phan K.L., Gorka S. Neural correlates of predictable and unpredictable threat in internalizing psychopathology. *Neuroscience Letters*. 2019;701:193–201. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2019.02.031>
20. Shimokhin A.V. Economic justification for the introduction of additive technology into the technological processes of the enterprise's production. *Scientific Journal of the National Research University of ITMO. Series: Economics and Environmental Management*. 2019;(4):13–19. (In Russ.) <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2019-12-4-13-19>

### Информация об авторах / Information about the Authors

**Щелканова Елена Сергеевна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела медико-биологических исследований, Военный инновационный технополис «ЭРА», г. Анапа, Российская Федерация, e-mail: era\_otd6@mil.ru, ORCID: 0000-0003-0672-8820

**Elena S. Shchelkanova**, Candidate of Sciences (Biology), Senior Researcher of the Research Department of Medical and Biological Research, Military Innovative Technopolis "ERA", Anapa, Russian Federation, e-mail: era\_otd6@mil.ru, ORCID: 0000-0003-0672-8820

**Журбин Евгений Александрович**, кандидат медицинских наук, начальник научно-исследовательского отдела медико-биологических исследований, Военный инновационный технополис «ЭРА», г. Анапа, Российская Федерация, e-mail: era\_otd6@mil.ru, ORCID: 0000-0002-0867-3838

**Evgeniy A. Zhurbin**, Candidate of Sciences (Medical), Head of the Research Department of Medical and Biological Research, Military Innovative Technopolis "ERA", Anapa, Russian Federation, e-mail: era\_otd6@mil.ru, ORCID: 0000-0002-0867-3838

**Маркин Илья Владимирович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела медико-биологических исследований, Военный инновационный технополис «ЭРА», г. Анапа, Российская Федерация, e-mail: era\_otd6@mil.ru, ORCID: 0009-0006-2874-4177

**Ilya V. Markin**, Candidate of Sciences (Engineering), Senior Researcher of the Research Department of Medical and Biological Research, Military Innovative Technopolis "ERA", Anapa, Russian Federation, e-mail: era\_otd6@mil.ru, ORCID: 0009-0006-2874-4177

**Письменный Григорий Михайлович**,  
старший оператор роты (научной)  
научно-исследовательского отдела  
медико-биологических исследований,  
Военный инновационный технополис «ЭРА»,  
г. Анапа, Российская Федерация,  
e-mail: era\_otd6@mil.ru

**Grigory M. Pismennyi**, Senior Operator  
of the Company (Scientific) of the Research  
Department of Medical and Biological Research,  
Military Innovative Technopolis "ERA",  
Anapa, Russian Federation,  
e-mail: era\_otd6@mil.ru

**Назарова Марина Ризаевна**, младший  
научный сотрудник научно-исследовательского  
отдела медико-биологических исследований,  
Военный инновационный технополис «ЭРА»,  
г. Анапа, Российская Федерация,  
e-mail: era\_otd6@mil.ru,  
ORCID: 0009-0000-7368-9222

**Marina R. Nazarova**, Research Assistant  
of the Research Department of Medical  
and Biological Research, Military Innovative  
Technopolis "ERA", Anapa, Russian Federation,  
e-mail: era\_otd6@mil.ru,  
ORCID: 0009-0000-7368-9222