

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ И ТРЕНИРОВКИ ЛИЧНОГО СОСТАВА ПО ПРИМЕНЕНИЮ ИЗОЛИРУЮЩИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С КОНТРОЛЕМ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

¹В. С. Бабков^{ORCID}, ¹О. В. Крючин^{ORCID}, ^{1,2}С. Б. Путин^{ORCID*}, ¹Д. Ю. Тулупов^{ORCID}
¹ООО «Второе Дыхание», Тамбов, Россия
²ООО «Амбитекс», Липецк, Россия

THE NEW TRAINING TECHNOLOGY OF MARINE PERSONNEL IN USING SELF-CONTAINED BREATHING APPARATUS WITH SIMULTANEOUS CONTROL OF THE PHYSIOLOGICAL PARAMETERS

¹Viktor S. Babkov^{ORCID}, ¹Oleg V. Kryuchin^{ORCID}, ^{1,2}Sergey B. Putin^{ORCID*}, ¹Denis Yu. Tulupov^{ORCID}
¹«Second Breath» LLC, Tambov, Russia
²«Ambitex» LLC, Lipetsk, Russia

Для корреспонденции: Путин Сергей Борисович, e-mail: putins@mail.ru

For correspondence: Sergey B. Putin, e-mail: putins@mail.ru

Для цитирования: Бабков В.С., Крючин О.В., Путин С.Б., Тулупов Д.Ю. Новая технология обучения и тренировки личного состава по применению изолирующих дыхательных аппаратов с контролем физиологических параметров // *Морская медицина*. 2022. Т. 8, № 2. с. 102–111, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-2-102-111>

For citation: Babkov V.S., Kryuchin O.V., Putin S.B., Tulupov D.Yu. The new training technology of marine personnel in using self-contained breathing apparatus with simultaneous control of the physiological parameters // *Marine Medicine*. 2022. Vol. 8, No. 2. P. 102–111. DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2022-8-2-102-111>

Деятельность человека в различных сферах связана с рисками для его жизни и здоровья. Полное устранение этих рисков, как правило, невозможно, что приводит к необходимости применения специальных методов и средств защиты и самоспасения человека [1, с. 280; 2, с. 187].

При возникновении аварии или чрезвычайной ситуации (далее обобщенно — ЧС), которые могут привести к поражению органов дыхания или дефициту кислорода в окружающей среде, человеку необходимо сразу применить средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) изолирующего типа [2, с. 187; 3, с. 160] для обеспечения персональной защиты. Наличие необходимых СИЗОД, а также

знаний, умений, навыков и готовности (физической, психологической, технической) использования их человеком определяют возможность его выживания. Особенное значение это приобретает при ЧС на объекте (корабль, подводная лодка, бункер и т.п.), где невозможна эвакуация, а последующие действия связаны не с самоспасением, а с ликвидацией последствий ЧС и борьбой за живучесть объекта.

В настоящее время для экстренной защиты органов дыхания используются носимые изолирующие дыхательные аппараты на химически связанном кислороде (самоспасатели) с временем защитного действия от 15 до 90 минут. Также применяются самоспасатели на сжатом воздухе или кислороде, но не

так широко, из-за сложностей в их обслуживании и эксплуатационных особенностей.

Готовность человека эффективно применить СИЗОД в условиях стресса и существенной психоэмоциональной нагрузки, создаваемой факторами ЧС, является его главной способностью, имеющей значение для выживания и выполнения поставленной задачи. Обучение и подготовка человека необходимым для этого навыкам, доведенным до автоматизма возможно только путем проведения систематических тренировок. Автоматизм при этом является определяющим атрибутом человека действовать в условиях ЧС без ошибок [4, с. 2710–2722].

Тренировки применения СИЗОД, а также выполнения при этом заданных действий необходимы не только для выработки навыков надевания и включения в СИЗОД, но в большей мере для физической способности передвигаться и работать в СИЗОД, так как последние при использовании создают существенные неудобства и ограничения для пользователя. Кроме того, чем больше навыков работы в экстремальных ситуациях у персонала, тем эффективней осуществляется работа руководителей и командного состава.

Использование для систематических тренировок «боевых» СИЗОД или тренажеров с расходомерными элементами является крайне дорогостоящим мероприятием. Анализ процесса подготовки шахтеров показал, что именно из-за этого тренировки проводятся формально, а частота тренировок, указанная в нормативных документах¹ априори не может создать условия выработки устойчивого навыка использования СИЗОД. У авторов есть полная уверенность в том, что это характерно не только для горнодобывающей отрасли, но и для любой другой сферы, где используются изолирующие СИЗОД на химически связанном кислороде.

Именно для решения задач по обеспечению пользователей СИЗОД эффективным и относительно недорогим инструментом для обучения и тренировки, который одновременно обладает функциями мониторинга физиологи-

ческих параметров человека и выполнена данная работа.

Особенности поведения человека и коллектива людей при возникновении ЧС неоднократно обсуждались и анализировались исследователями [6, с. 32–37]. На основании этого можно сделать вывод, что привитие личному составу устойчивых навыков, которые обеспечат выполнение необходимых действий, требуемых в условиях ЧС и стрессовой ситуации, является актуальным.

Первое, что необходимо сделать человеку при возникновении ЧС, это обеспечить собственную безопасность, защитить себя и свое здоровье от опасных внешних факторов и только затем приступить к другим действиям. При этом самым «слабым» звеном у организма человека являются органы дыхания, особенно в условиях ограниченного или замкнутого (изолированного) пространства (внутренняя часть судна, подводной лодки). Для их защиты необходимо иметь устойчивый навык оперативного применения СИЗОД.

Выработка навыка — это процесс, который достигается путем выполнения тренировок и упражнений (целенаправленных, специально организованных повторяющихся действий). Благодаря упражнениям способ действия совершенствуется и закрепляется. Показателями наличия навыка является то, что человек, начиная выполнять действие, не обдумывает заранее, как он будет его осуществлять, не выделяет из него отдельных частных операций. Таким образом, существенная часть навыка представляет собой процедуру, требующую для своего выполнения минимальных усилий сознания и находящуюся в процедурной памяти.

Понятие навыка входит в триаду ЗУН — *знание–умение–навык* — одну из основных концепций, разработанную в рамках советской педагогики² [7, с. 608; 8, с. 45; 9, с. 287; 10, с. 488–491], остающуюся современной и в наши дни.

На формирование навыка влияют:

— мотивация, обучаемость, прогресс в усвоении, упражнения, подкрепление, формирование в целом или по частям;

¹ Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 8 декабря 2020 года № 507 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности „Правила безопасности в угольных шахтах“».

² Николай Александрович Бернштейн (5 ноября 1896, Москва — 16 января 1966 г.) — советский психофизиолог и физиолог, педагог, создатель нового направления исследований — физиологии активности. Лауреат Сталинской премии второй степени по биологии (за 1947 год, присуждена в 1948).

— для уяснения содержания операции — уровень личного развития, наличие знаний, умений, способ объяснения содержания операции, обратная связь;

— для овладения операцией — полнота уяснения её содержания, постепенность перехода от одного уровня овладения к другому по определенным показателям (автоматизированность, скорость и пр.).

При создании новой технологии, технических и программных средств для ее реализации был использован опыт создания СИЗОД [2, с. 280], испытательного оборудования для дыхательных аппаратов, в том числе авиационных, современные метрологические методы, методы контроля и управления, сбора и передачи данных, анализа информации.

Постановка задачи разработки тренажера-регистратора (далее — тренажер), имитирующего самоспасатель, и предназначенного для обучения и тренировки персонала была проведена совместно со специалистами угледобывающей промышленности, в которой наиболее широко применяются СИЗОД на химически связанном и сжатом кислороде, а совершенствование систем и методов подготовки и тренировки персонала применению средств самоспасения является приоритетным [11, с. 65–69].

С учетом последних достижений науки и техники, образовательных и IT-технологий, развития новых направлений «Умных СИЗ»^{1,2} [12, с. 36–41; 13, с. 37–44] были сформулированы основные требования к элементам новой технологии подготовки специалистов.

Тренажер-регистратор должен:

1) максимально точно имитировать массогабаритные параметры реального самоспасателя и его эргономику;

2) обеспечивать условия дыхания близкие к условиям дыхания в «боевом» самоспасателе (повышенная концентрация CO₂ на вдохе и сопротивление дыханию). Концентрация CO₂ на вдохе может быть задана искусственно в физиологически безопасных пределах, вызывая полезный гипоксический и стимулирующий дыхание эффект [14, с. 57–63];

3) позволять выполнять тренировки как в условиях спортивного комплекса (учебной шахты, лаборатории), так и в любых условиях,

где применяются самоспасатели (шахта, опасный промышленный объект, подводная лодка и т.п.);

4) обеспечивать контроль проведения тренировки в части наблюдения за выполнением физического упражнения и состоянием тренируемого, путем измерения и регистрации некоторых параметров его дыхания и частоты сердечных сокращений (пульса) [15, с. 80–98];

5) обеспечивать беспроводную работу без дополнительных физических коммуникаций с базовой станцией (ПК), скрывающих движения и возможность перемещения при обучении и тренировке человека;

6) потреблять при эксплуатации минимальное количество расходуемых элементов и материалов;

7) обеспечивать количество тренировок — не менее 100 раз, при условии соблюдения правил эксплуатации и обслуживания;

8) иметь стойкость к неоднократной (не менее 100 циклов) антисептической обработке составами, предназначенными для воздушных и кислородных респираторов.

Программный инструментальный и базовая станция тренажера должны обеспечивать:

1) ввод и хранение персональных данных тренируемого;

2) ввод и хранение режимов тренировки и видов нагрузки (работ);

3) регистрацию результатов и протокола тренировки в базе данных;

4) анализ и обработку полученных данных (состав функций обработки настраивается по требованиям Заказчика);

5) передачу данных в другие внешние IT-системы и функциональную интеграцию с ними;

6) одновременную работу с большим количеством тренажеров;

7) графическое представление получаемых результатов.

Для удовлетворения всех требований были разработаны уникальные программные решения, позволяющие управлять процессом тренировки, регистрировать и обрабатывать получаемые данные, а также созданы технические средства — тренажеры-регистраторы, имитаторы изолирующего дыхательного аппарата.

¹ Умные СИЗ. <https://biotexpo.ru/news/12246-prezentatsii-s-mezhdunarodnoy-konferentsii-smart-siz-sostoyanie-tendentsii-perspektivy> (дата обращения 10.08.2021).

² Умные СИЗ. Технология Industrial Internet of Things (IIoT). <https://consot.ru/smart-ppp/> (дата обращения 12.09.2021).

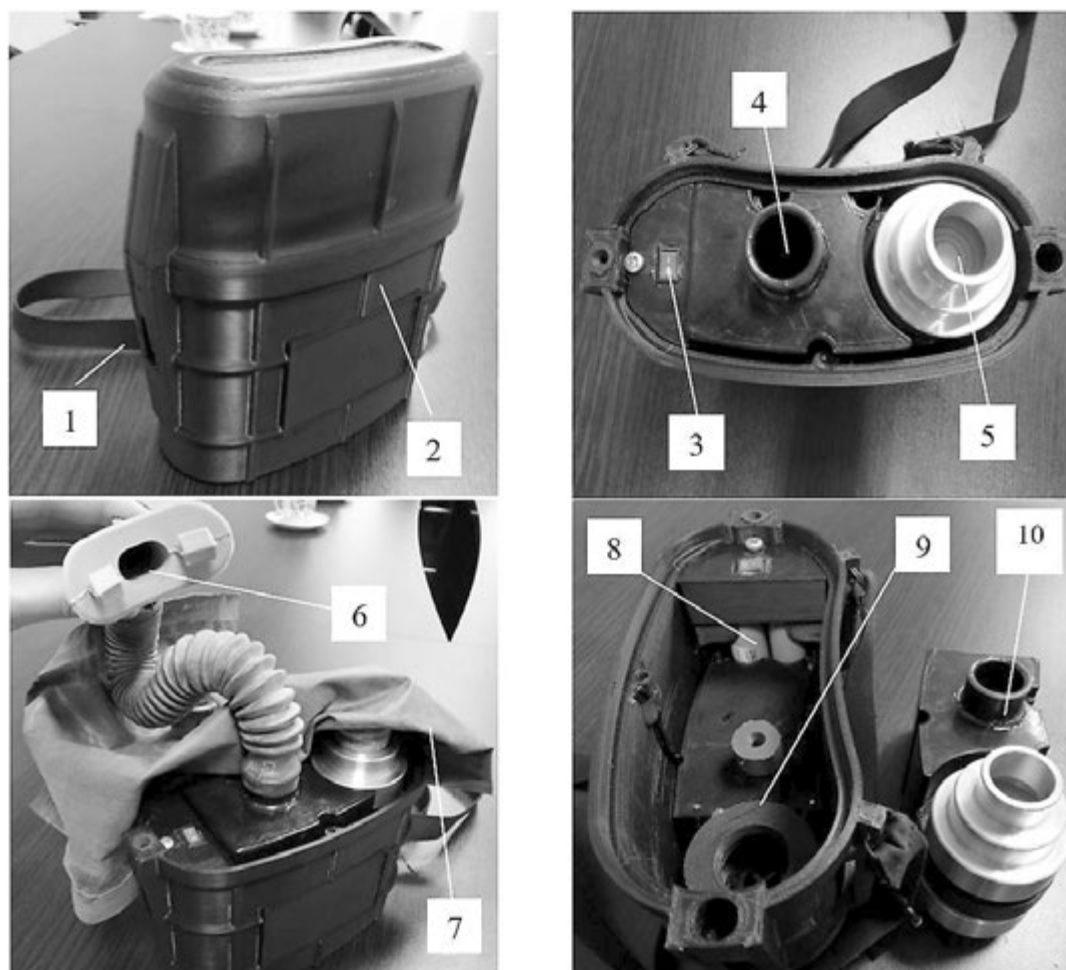


Рис. 1. Тренажер-регистратор в виде имитатора изолирующего шахтного самоспасателя: 1 — шейный ремень; 2 — корпус; 3 — выключатель; 4 — патрубок; 5 — клапан лепестковый; 6 — гофротрубка с загубником; 7 — дыхательный мешок; 8 — аккумуляторы; 9 — уплотнительная манжета; 10 — извлекаемая клапанная коробка

Fig. 1. Training apparatus — recorder in the mine self-rescuer simulator form: 1 — neck strap; 2 — case; 3 — switch; 4 — pipe; 5 — valve; 6 — corrugated tube with a mouthpiece; 7 — breathing bag; 8 — accumulators; 9 — sealing collar; 10 — removable valve box

На рис. 1 представлен тренажер, имитирующий шахтный самоспасатель на химически связанном кислороде. В своем составе шахтный самоспасатель имеет загубник, но при необходимости, для имитации других дыхательных аппаратов тренажер может быть оснащен полумаской, маской, колпаком, а его фактор может быть определен Заказчиком и соответствовать тем СИЗОД, которые им используются. Кроме того, в состав тренажера-регистратора входит отдельный модуль, регистрирующий частоту сердечных сокращений человека (ЧСС). Основные параметры представленного тренажера-регистратора являются варьируемыми и зависят от имитируемых характеристик конкретного типа оригинального самоспасателя, они могут быть изменены с целью утяжеления или облегчения работы человека в тренажере.

Управление процессом обучения и тренировки осуществляется посредством смартфона, связанного по радио каналу с базовой станцией рис. 2, закрепленного на наручном держателе тренируемого, на рис. 3 представлены примеры отображения информации на нем. Задания и их параметры, которые необходимо выполнить обучаемому, отображаются на экране. Во время тренировки на экране отображаются основные параметры дыхания и пульса человека для самоконтроля.

На рис. 4, 5 и 6 приведены примеры данных, полученных с помощью тренажера при проведении натурных испытаний. Легко заметить, что параметры испытателей № 1 и № 2 существенно различаются при одних и тех же нагрузках, что дает возможность использовать получаемую информацию для решения различных прикладных задач, например, для отбора

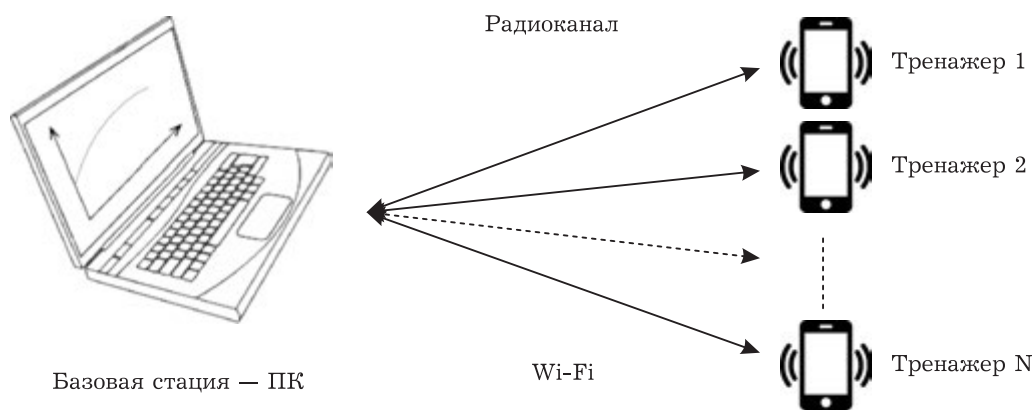


Рис. 2. Схема связи базовой станции и тренажеров-регистраторов
Fig. 2. Scheme of communication between the base station and training apparatus — recorders

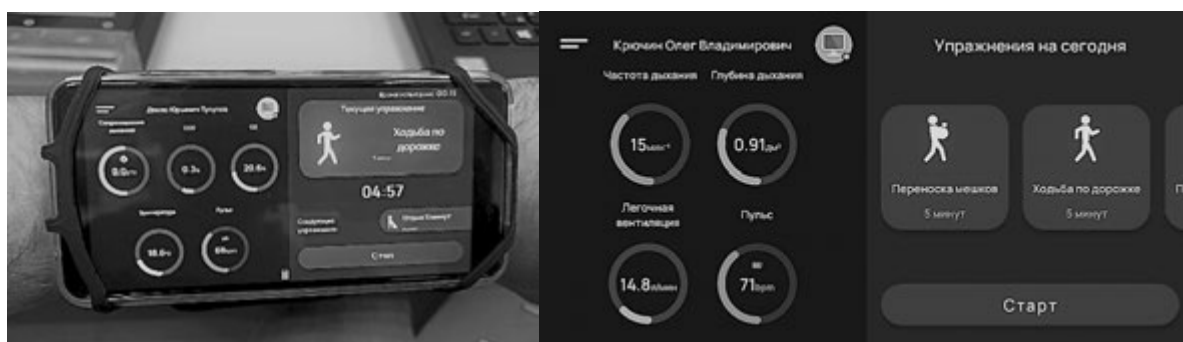


Рис. 3. Интерфейс смартфона тренажера-регистратора
Fig. 3. Smartphone interface of the training apparatus — recorder

персонала, для составления индивидуальных планов тренировок, для подбора групп людей с близкими физическими возможностями и т.п.

мации может быть использован и для проведения специальных исследований. Применяя имитатор внешнего дыхания человека (искус-

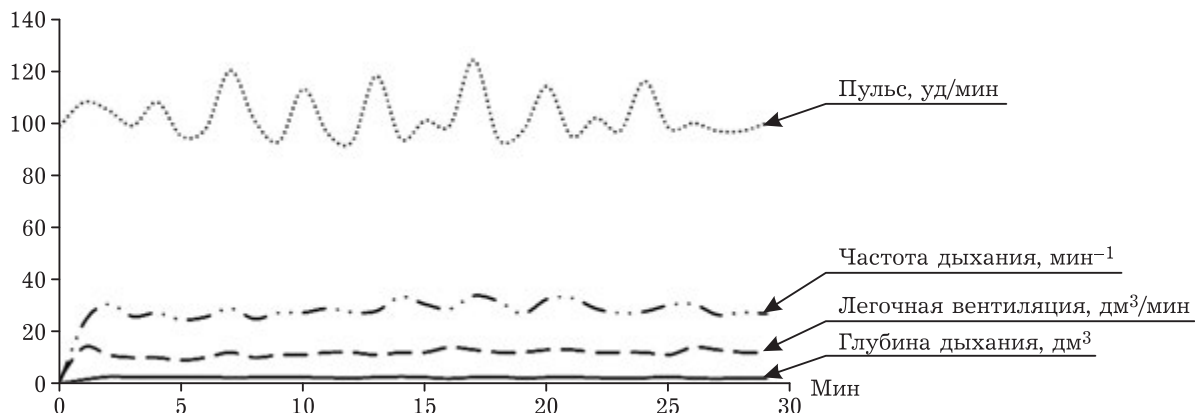


Рис. 4. Параметры испытуемого при прохождении полосы препятствий в тренажере
Fig. 4. Tester parameters when passing the obstacle course in the training apparatus

Получаемые данные позволяют применять математические модели [3, с. 160] для расчета потребления кислорода, энергетических затрат человека, коэффициентов выносливости и других физиологических параметров, требуемых для оценки физической подготовленности человека и динамики ее изменения во времени [15, с. 80–98; 16, с. 459]. Анализ такой инфор-

мации может быть использован и для проведения специальных исследований. Применяя имитатор внешнего дыхания человека (искусственные легкие) типа ОксиРобот 4.0 [17, с. 29–35] можно повторить кривые дыхания реальных людей, полученных тренажером, для проверки возможностей и характеристик СИЗОД и для решения исследовательских задач [18, с. 17–22].

Центральным информационным ядром технологии является индивидуальный «Паспорт

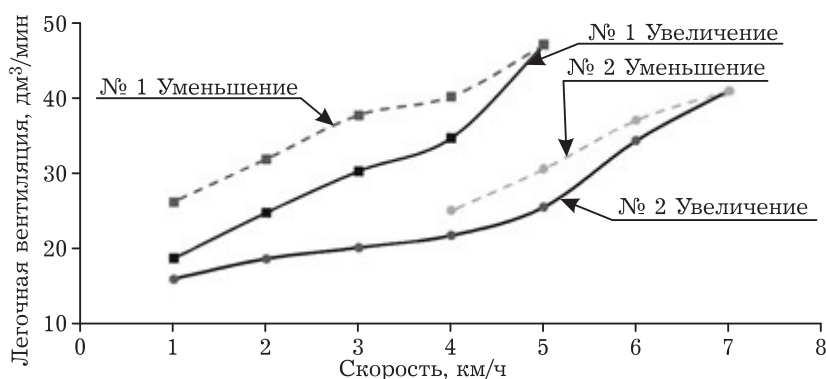


Рис. 5. Зависимость легочной вентиляции испытуемых № 1 и № 2 при различных скоростях движения на беговой дорожке

Fig. 5. Dependence of pulmonary ventilation of testers No. 1 and No. 2 at different speeds on the treadmill

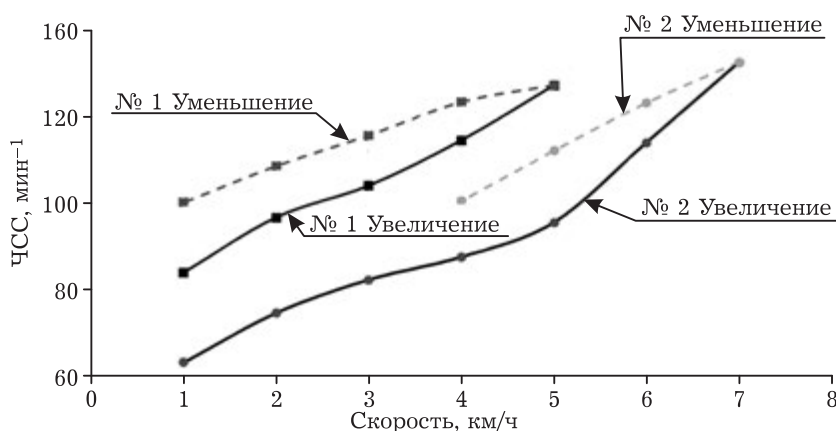


Рис. 6. Зависимость пульса испытуемых № 1 и № 2 при различных скоростях движения на беговой дорожке

Fig. 6. Dependence of the pulse of testers No. 1 and No. 2 at different speeds on the treadmill

дыхания», который постоянно пополняется при использовании тренажера в процессе выполнения человеком заданных работ в СИЗОД (обучение, тренировка, прохождение маршрута, эвакуация и др.). «Паспорт дыхания» содержит:

- идентификатор человека (вводится в БД оператором);
- необходимые антропометрические и физиологические параметры человека (вводятся в БД оператором);
- состояние человека до начала тренировки (пульс, давление);
- данные по каждому использованию тренажера, а именно изменение пульса, глубины и частоты дыхания при выполнении работ (вводятся в БД автоматически);
- параметры тренировки, нагрузки или выполняемой работы (задаются или вводятся в БД как автоматически, так и в ручном режиме);
- другие данные, замечания и комментарии, необходимые для описания и идентификации человека, его состояния или истории выполнения конкретной работы или тренировки.

Анализ и обработка информации БД «Паспорт дыхания» могут позволить:

- оценить физическую подготовку человека и ее изменение во времени [16, с. 459];
- оценить возможности человека выполнить заданную работу/нагрузку, пройти маршрут или путь эвакуации;
- определить факт и качество выполнения тренировки, сравнить с лучшими или нормативными результатами;
- сформировать и объективно контролировать индивидуальный план тренировок;
- сравнить данные различных людей и обеспечить возможность формирования рабочих групп (звеньев, отрядов), с близкими физическими параметрами, для максимально эффективного выполнения «боевых задач»;
- оценить/сравнить работу человека в различных дыхательных аппаратах;
- обеспечить информативный процесс обучения и тренировок человека с учетом индивидуальных физиологических параметров и с минимумом затрат;

— оценить объект с позиции удобства и правильности расположения путей эвакуации, выявить места, где человек подвергается избыточным нагрузкам для оптимизации и внесения необходимых конструктивных изменений;

— выявлять некоторые особенности респираторных показателей у тренируемых [19, с. 1197–2206].

Использование предлагаемой технологии с применением тренажера позволяет обучать и тренировать людей на новом качественном уровне, обеспечивая при этом максимальный контроль, повышая объективность оценки физических возможностей персонала для его отбора и выработки управленческих и организационных решений руководством. Информация, получаемая с помощью предлагаемой технологии, позволит заранее проводить оценку и анализ различных вариантов выполнения задач, планов и маршрутов эвакуации и ликвидации потенциально возможных аварий.

Полная автоматизация тренажеров позволяет записывать, накапливать и передавать данные в любую централизованную информационно-управляющую систему для дальнейшей обработки и анализа, что позволяет интегрировать все данные в существующие корпоративные или антикризисные ИТ решения¹ [20, с. 33–41], следуя положениям Государственных инициатив социально-экономического развития².

При внедрении и использовании новейших технологий немаловажным является вопрос их экономической эффективности. Приведем упрощенный экспресс-анализ стоимости одного применения тренажера-регистратора по сравнению со стоимостью применения одного «боевого» самоспасателя.

Затраты на приобретение и обслуживание тренажера выше затрат на самоспасатель от 2 до 10 раз, в зависимости от модели имитируемых самоспасателей. Тренажер позволяет проводить не менее 100 тренировок, соответствующих номинальному времени защитного действия самоспасателей. Таким образом, стоимость одной тренировки в тренажере будет ниже от 10 до 50 раз, чем при использовании самоспасателя, и до 10 раз ниже, чем при использовании тренажера со сменными регенеративными патронами (оценка проведена с изделием типа РТ-ШС³). Кроме того, приобретение дополнительных тренажеров-регистраторов без базовой станции и программного обеспечения еще больше снизит стоимость эксплуатации.

Заключение. Возможности представленной новой технологии, ее характеристики, особенности, функционал, обеспечиваемый экономический эффект, возможности интеграции в современные ИТ-системы различного уровня позволяют рассматривать и использовать ее как современную альтернативу традиционным технологиям обучения и тренировки пользователей СИЗОД. Низкая стоимость эксплуатации тренажеров-регистраторов дает возможность решить проблему регулярности тренировок для выработки у личного состава необходимых навыков, жизненно важных в условиях чрезвычайных и аварийных ситуаций. Обработка и анализ данных, которые регистрируются автоматически при проведении обучения и тренировок, помогут принимать объективные решения руководством, обеспечат основу для проведения различных научных исследований и совершенствования системы подготовки персонала.

Сведения об авторах:

Бабков Виктор Сергеевич — старший эксперт ООО «Второе Дыхание», 392030, г. Тамбов, ул. Урожайная, д. 2Д; тел.: +7 (4752) 55-99-81; e-mail: babkov@zavkomepc.com;

Путин Сергей Борисович — кандидат технических наук, доктор экономических наук, Почетный химик Российской Федерации, лауреат Государственной премии и премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, генеральный директор ООО «Амбитекс», директор по развитию ООО «Второе Дыхание», 392030, г. Тамбов, ул. Урожайная,

¹ Концепция развития морской медицины в Российской Федерации на период до 2030 года. Одобрена Морской коллегией при Правительстве Российской Федерации 28 апреля 2018 года (протокол № 1 (29)).

² Перечень инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года. Утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 6 октября 2021 г. № 2816-р.

³ Тренажер РТ-ШС. <http://krhz.ru/produkcija/sredstva-individualnoj-zawity/rabochij-trenazher-shahtnogo-samospasatelya-n-rt-shs/> (дата обращения 07.10.2021).

д. 2Д; тел.: +7 (4752) 55-99-81; e-mail: putins@mail.ru; ORCID 0000-0002-2912-6796; SPIN 6180-3749; ScopusAuthorID: 55246875100;

Крючин Олег Владимирович — кандидат технических наук, ведущий программист ООО «Второе дыхание»; 392030, г. Тамбов, ул. Урожайная, д. 2Д; тел.: +7 (920) 49-62-556; e-mail: kryuchov@gmail.com;

Тулупов Денис Юрьевич — ведущий программист ООО «Второе дыхание»; 392030, г. Тамбов, ул. Урожайная, д. 2Д; тел.: +7 (4752) 55-99-81; e-mail: tulupovden@yandex.ru.

Information about the authors:

Viktor S. Babkov — senior expert of LLC «Second Wind»; 392030, Tambov, Urozhnaya str., 2D; +7 (4752) 55-99-81; e-mail: babkov@zavkomepc.com;

Sergey B. Putin — Cand. of Sci. (Techn.), Dr. of Sci. (Econ.), Honorary Chemist of the Russian Federation, Laureate of the State Prize and the Prize of the Government of the Russian Federation in the field of science and technology, General Director of Ambitex LLC, Director of Development of Second Wind LLC; 392030, Tambov, Urozhnaya str., 2D; +7 (4752) 55-99-81; e-mail: putins@mail.ru; ORCID 0000-0002-2912-6796; SPIN code: 6180-3749, Scopus Author ID: 55246875100;

Oleg V. Kryuchin — Cand. of Sci. (Techn.), Lead programmer of LLC «Second Wind»; 392030, Tambov, Urozhnaya str., 2D; +7 (920) 49-62-556; e-mail: kryuchov@gmail.com;

Denis Yu. Tulupov — lead programmer of LLC «Second Wind»; 392030, Tambov, Urozhnaya str., 2D; +7 (4752) 55-99-81; e-mail: tulupovden@yandex.ru.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Authors' contributions. All authors met the ICMJE authorship criteria.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы статьи являются изобретателями описанного устройства, а также работниками предприятия, выпускающего описанное устройство. Никто из авторов не получал никаких вознаграждений за подготовку данной статьи.

Disclosure. The authors of the article are the inventors of the described device, as well as employees of the enterprise that produces the described device. None of the authors received any remuneration for the preparation of this article.

Поступила /Received: 25.10.2021

Принята к печати/ Accepted: 13.03.2022

Опубликована/ Published: 25.06.2022

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Самарин В.Д., Путин С.Б. *Комплексная система химической безопасности России: теоретические основы и принципы построения*. Москва: Научно-техническое издательство «Машиностроение», 2010. 280 с. Samarin V.D., Putin S.B. *Kompleksnaya sistema khimicheskoy bezopasnosti Rossii: teoreticheskiye osnovy i printsipy postroyeniya*. Moskva: Nauchno-tekhnicheskoye izdatel'stvo «Mashinostroyeniye», 2010. 280 s. [Samarin V.D., Putin S.B. *Complex system of chemical safety of Russia: theoretical foundations and principles of construction*. Moscow: Scientific and Technical Publishing house «Mashinostroyeniye», 2010. 280 p. (In Russ.)]. ISBN 978-5-94275-539-3.
2. Гудков С.В., Дворецкий С.И., Путин С.Б., Таров В.П. *Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования*. М.: Машиностроение, 2008. 187 с. Gudkov S.V., Dvoretzky S.I., Putin S.B., Tarov V.P. *Isolating breathing apparatus and the basics of their design*. М.: Mashinostroyeniye, 2008. 187 p. [Gudkov S.V., Dvoretzky S.I., Putin S.B., Tarov V.P. *Insulating breathing apparatus and the basics of their design*. Moscow: Publishing house Mechanical Engineering, 2008. 187 p. (In Russ.)].
3. Диденко Н.С. Регенеративные респираторы для горноспасательных работ. М.: Недра, 1990. 160 с. Didenko N.S. *Regenerative respirators for mine rescue*. М.: Nedra, 1990. 160 p. [Didenko N.S. *Regenerative respirators for mine rescue work*. Moscow: Publishing house Nedra, 1990. 160 p. (In Russ.)].
4. Marcel-Millet Ph., Ravier G., Grospretre S., Gimenez Ph., Freidig S., Gros Lambert A. Physiological responses and parasympathetic reactivation in rescue interventions: The effect of the breathing apparatus // *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2018 Dec; Vol. 28, No. 12. P. 2710–2722. doi: 10.1111/sms.13291.
5. Андрийченко А.М., Емущинцев П.А., Микулич В.В. Рекомендации командному составу по поддержанию устойчивого психологического состояния экипажа аварийной подводной лодки // *Морская медицина*. 2021. Т. 7, № 2. с. 24–32. Andriychenko A.M., Emushintsev P.A., Mikulich V.V. Recommendations to command staff on maintaining a stable psychological state of the crew of an emergency submarine // *Morskaya meditsina*. 2021. T. 7, No. 2. S. 24–32. [An-

- driychenko A.M., Emushintsev P.A., Mikulich V.V. Recommendations to the command staff on maintaining a stable psychological state of the crew of an emergency submarine. *Marine medicine*, 2021, Vol. 7. No. 2. pp. 24–32 (In Russ.]. doi: 10.22328/2413-5747-2021-7-2-24-32.
6. Котовская С.В., Мосягин И.Г., Бойко И.М. Определение жизнеспособности в сфере экстремальной деятельности // *Морская медицина*. 2018. Т. 4, № 2. с. 32–37. Kotovskaya S.V., Mosyagin I.G., Boyko I.M. Opredeleniye zhiznesposobnosti v sfere ekstremal'noy deyatelnosti // *Morskaya meditsina*. 2018. T. 4, No. 2. S. 32–37. [Kotovskaya S.V., Mosyagin I.G., Boyko I.M. Determination of viability in the field of extreme activity. *Marine medicine*, 2018, Vol. 4. No. 2. pp. 32–37. (In Russ.)]. doi: 10.22328/2413-5747-2018-4-2-32-37.
 7. Бернштейн Н.А. *Биомеханика и физиология движений: избр. психол. тр.* / под ред. В. П. Зинченко; сост. А. И. Назаров; Академия педагогических и социальных наук, Московский психолого-социальный институт. М.: Изд-во «Институт практической психологии»; Воронеж: НПО «МОДЭК», 1997. 608 с. (Психологи Отечества: Избранные психологические труды: в 70 т. / гл. ред. Д. И. Фельдштейн). Bernshteyn N.A. *Biomekhanika i fiziologiya dvizheniy: izbr. psikhol. tr.* / pod red. V. P. Zinchenko; sost. A. I. Nazarov; Akademiya pedagogicheskikh i sotsial'nykh nauk, Moskovskiy psikhologo-sotsial'nyy institut. M.: Izd-vo «Institut prakticheskoy psikhologii»; Voronezh: NPO «MODEK», 1997. 608 s. (Psikhologi Otechestva: Izbrannyye psikhologicheskiye trudy: v 70 t. / gl. red. D. I. Feldshteyn). [Bernstein N.A. *Biomechanics and physiology of movements: ed. psychology. tr.* / edited by V. P. Zinchenko; comp. A. I. Nazarov; Academy of Pedagogical and Social Sciences, Moscow Psychological and Social Institute. Moscow: Publishing house «Institute of Practical Psychology»; Voronezh: NGO «MODEK», 1997. 608 p. (Psychologists of the Fatherland: Selected psychological works: in 70 t. / Editor-in-Chief D. I. Feldstein) (In Russ.)].
 8. Бернштейн Н.А. *Новые линии развития в физиологии и их соотношение с кибернетикой* / Ин-т философии АН СССР. М., 1962. 45 с. (Материалы к совещанию по философским вопросам высшей нервной деятельности и психологии). На правах рукописи. Ротапринт. Bernshteyn N.A. *Novyye linii razvitiya v fiziologii i ikh sootnosheniye s kibernetikoy* / In-t filosofii AN SSSR. M., 1962. 45 s. (Materialy k soveshchaniyu po filosofskim voprosam vysshey nervnoy deyatelnosti i psikhologii). Na pravakh rukopisi. Rotaprint. [Bernstein N.A. *New lines of development in physiology and their correlation with cybernetics* / Institute of Philosophy of the USSR Academy of Sciences. Moscow, 1962. 45 p. (Materials for the meeting on philosophical issues of higher nervous activity and psychology). On the rights of the manuscript. Rotaprint (In Russ.)].
 9. Бернштейн Н.А. *О ловкости и ее развитии* / публикация подготовлена И. М. Фейгенбергом; [вступ. статьи В. М. Зациорского, И. М. Фейгенберга]. М.: Физкультура и спорт, 1991. 287, [1] с.: ил. Bernshteyn N.A. *O lovkosti i yeye razvitiya* / publikatsiya podgotovlena I. M. Feygenbergom; [vstup. stat'i V. M. Zatsiorskogo, I. M. Feygenberga]. M.: Fizkul'tura i sport, 1991. 287, [1] s.: il. [Bernstein N.A. *On dexterity and its development* / the publication was prepared by I. M. Feigenberg; [intro. articles by V. M. Zatsiorsky, I. M. Feigenberg]. Moscow: Publishing house Physical culture and Sport, 1991. 287, [1] p.: il. (In Russ.)].
 10. Бернштейн Н.А. *Физиология движений и активность* / под ред. О. Г. Газенко; издание подготовил И. М. Фейгенберг; редколлегия: А. А. Баев (пред.) и др.; АН СССР. М.: Наука, 1990. 494, [1] с.: 1 л. портр., ил. (Классики науки). Библиогр.: с. 480–487. Имен. указ.: с. 488–491. Bernshteyn N.A. *Fiziologiya dvizheniy i aktivnost'* / pod red. O. G. Gazenko; izdaniye podgotovil I. M. Feygenberg; redkollegiya: A. A. Bayev (pred.) i dr.; AN SSSR. M.: Nauka, 1990. 494, [1] s.: 1 l. portr., il. (Klassiki nauki). Bibliogr.: s. 480–487. Imen. ukaz.: s. 488–491. [Bernstein N.A. *Physiology of movements and activity* / edited by O. G. Gazenko; the publication was prepared by I. M. Feigenberg; editorial board: A. A. Baev (pred.) et al.; USSR Academy of Sciences. Moscow: Publishing house Nauka, 1990. 494, [1] p.: 1 L. portr., ill. (Classics of Science). Bibliogr.: pp. 480–487. Names'. decree: pp. 488–491 (In Russ.)].
 11. Бабков В.С., Костеренко В.Н., Путин С.Б., Романов А.Д. Новая технология обучения и тренировки человека навыкам применения изолирующего дыхательного аппарата // *Горный журнал*. 2021. Т. 2021, № 8. с. 65–69. Babkov V.S., Kosterenko V.N., Putin S.B., Romanov A.D. Novaya tekhnologiya obucheniya i trenirovki cheloveka navykam primeneniya izoliruyushchego dykhatel'nogo apparata // *Gornyy zhurnal*. 2021. T. 2021, No. 8. S. 65–69. [Babkov V.S., Kosterenko V.N., Putin S.B., Romanov A.D. New technology of teaching and training a person the skills of using an insulating breathing apparatus. *Gorny zhurnal*, 2021, Vol. 2021, No. 8, pp. 65–69 (In Russ.)]. doi: 10.17580/gzh.2021.08.12.
 12. Зубкова Е.В., Самарина В.П. Совершенствование управления охраной труда на основе внедрения «умных» средств индивидуальной защиты // *Фундаментальные исследования*. 2020. № 7. с. 36–41. Zubkova Ye.V., Samarina V.P. Sovershenstvovaniye upravleniya okhranoy truda na osnove vnedreniya «umnykh» sredstv individual'noy zashchity // *Fundamental'nyye issledovaniya*. 2020. No. 7. S. 36–41. [Zubkova E.V., Samarina V.P. Improvement of labor protection management based on the introduction of «smart» personal protective equipment. *Fundamental Research*, 2020, No. 7, pp. 36–41 (In Russ.)]. doi: 10.17513/fr.42802.

13. Adjiski V. System architecture to bring smart personal protective equipment wearables and sensors to transform safety at work in the underground mining industry / Z. Despodov, D. Mirakovski, D. Serafimovski // *The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin and the authors*, 2019. P. 37–44. doi: 10.17794/rgn.2019.1.4.
14. Ханкевич Ю.Р., Сапожников К.В., Парфенов С.А., Седов А.В. Оценка эффективности гипоксических тренировок в качестве психофизиологической подготовки подводников // *Морская медицина*. 2016. Т. 2, № 1. с. 57–63. Khankevich Yu.R., Sapozhnikov K.V., Parfenov S.A., Sedov A.V. Otsenka effektivnosti gipoksicheskikh trenirovok v kachestve psikhofiziologicheskoy podgotovki podvodnikov // *Morskaya meditsina*. 2016. T. 2, No. 1. S. 57–63. [Khankevich Yu.R., Sapozhnikov K.V., Parfenov S.A., Sedov A.V. Evaluation of the effectiveness of hypoxic training as a psychophysiological training of submariners. *Marine medicine*, 2016, Vol. 2, No. 1, pp. 57–63 (In Russ.)].
15. Bruce-Low S.S., Cotterrel I.D., Jones G.E. Effect of wearing personal protective clothing and self-contained breathing apparatus on heart rate, temperature and oxygen consumption during stepping exercise and live fire training exercises // *Ergonomics*. 2007. Jan 15. Vol. 50, No. 1. P. 80–98. doi: 10.1080/00140130600980912.
16. Уилмор Дж.Х., Костилл Д.Л. *Физиология спорта и двигательной активности*. К.: Олимпийская литература, 1997. 459 с. Uilmor Dzh.Kh., Kostill D.L. *Fiziologiya sporta i dvigatel'noy aktivnosti*. K.: Olimpiyskaya literatura, 1997. 459 s. [Wilmore J.H., Costill D.L. *Physiology of sports and motor activity*. Kiev: Publishing house Olympic literature, 1997, 459 p. (In Russ.)].
17. Бабков В.С., Костеренко В.Н., Путин С.Б. Применение новейшего имитатора внешнего дыхания человека для повышения безопасности промышленного персонала // *Уголь*. 2020. № 11. с. 29–35. Babkov V.S., Kosterenko V.N., Putin S.B. Primeneniye noveyshego imitatora vneshnego dykhaniya cheloveka dlya povysheniya bezopasnosti promyshlennogo personala // *Ugol'*. 2020. No. 11. S. 29–35. [Wilmore J.H., Costill D.L. *Physiology of sports and motor activity*. Kiev: Publishing house Olympic literature, 1997. 459 p. (In Russ.)]. doi: 10.18796/0041-5790-2020-11-29-35.
18. Бабков В.С., Костеренко В.Н., Путин С.Б. Исследования дыхания в шахтном самоспасателе с неоднократными перерывами // *Уголь*. 2020. № 12. с. 17–22. Babkov V.S., Kosterenko V.N., Putin S.B. Issledovaniya dykhaniya v shakhtnom samospasatele s neodnokratnymi pereryvami // *Ugol'*. 2020. No. 12. S. 17–22. [Babkov V.S., Kosterenko V.N., Putin S.B. Studies of respiration in a mine self-rescuer with repeated interruptions. *Coal*, 2020, No. 12, pp. 17–22 (In Russ.)]. doi: 10.18796/0041-5790-2020-12-17-22.
19. Coca A., Kim Jung-Hyun, Duffy R., Williams W. J. Field evaluation of a new prototype self-contained breathing apparatus // *Ergonomics*. 2011. Dec; Vol. 54, No. 12. P. 1197–2206. doi: 10.1080/00140139.2011.622797.
20. Мосягин И.Г., Куприянов М.С., Шаповалов В.В., Шичкина Ю.А. Создание универсальной платформы интеллектуального анализа данных с использованием масштабируемых вычислительных ресурсов для управления здравоохранением на морском флоте // *Морская медицина*. 2016. Т. 2, № 1. с. 33–41. Mosyagin I.G., Kupriyanov M.S., Shapovalov V.V., Shichkina Yu.A. Sozdaniye universal'noy platformy intellektual'nogo analiza dannykh s ispol'zovaniyem masshtabiruyemykh vychislitel'nykh resursov dlya upravleniya zdravookhraneniym na morskoy flote // *Morskaya meditsina*. 2016. T. 2, No. 1. S. 33–41 [Mosyagin I.G., Kupriyanov M.S., Shapovalov V.V., Shichkina Yu.A. Creation of a universal data mining platform using scalable computing resources for healthcare management in the navy. *Marine Medicine*, 2016, Vol. 2, No. 1, pp. 33–41 (In Russ.)].