УДК: 007. 51:629. 7. 05:159. 9. 072:004. 946:004. 5:004. 89:004. 82:614. 8

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ОСНАЩЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОИСКА И СПАСАНИЯ КОСМОНАВТОВ В УСЛОЖНЕННЫХ УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ [1] (*Часть 2*)

А.В. Поляков, Ю.А. Бубеев, В.М. Усов,
А.М. Кашевник, А.И. Мотиенко

Канд. мед. наук А.В. Поляков; докт. мед. наук, проф. Ю.А. Бубеев;
докт. мед. наук, проф. В.М. Усов (ГНЦ РФ – ИМБП РАН)
Канд. техн. наук А.М. Кашевник, канд. техн. наук А.И. Мотиенко
(СПб ФИЦ РАН)

Выполнение операций поиска и спасания космонавтов в случаях нештатного спуска космического аппарата составляет одно из наиболее значимых направлений обеспечения безопасности пилотируемых космических полетов. При поиске членов экипажа в усложненных условиях окружающей среды при высокой начальной неопределенности ситуации особое значение придается оперативности выполнения начального этапа, который включает разведку, обнаружение и уточнение местоположения членов экипажа с применением беспилотных аппаратов. Для улучшения ситуационной осведомленности и командного взаимодействия специалистов экстремального профиля деятельности актуально применение интерфейсных устройств, позволяющих обеспечить в режиме реального времени индикацию актуальной информации о возможном местоположении приземлившихся космонавтов, их текущем состоянии, условиях оказания первой помощи, фактическом наличии у космонавтов средств защиты и медикаментов и вновь возникших острых потребностях обеспечения выживания при действии экстремальных факторов окружающей среды и др. Одно из перспективных решений заключается в использовании в составе снаряжения спасателей носимых устройств по типу проекционных дисплеев, совместимых с конструкцией «умного шлема» и сопряженных с каналами данных, поступающих от бортовых систем беспилотных аппаратов, ресурсов навигационных систем, сенсоров носимого оборудования, средств связи и коммуникации спасателей и др. На основе анализа научной литературы выполнен поиск прототипов на базе носимых устройств дополненной реальности, имеющих высокий потенциал внедрения в области информационного обеспечения лиц экстремальных профессий при поиске и спасании космонавтов.

Ключевые слова: специалисты экстремального профиля деятельности, операции поиска и спасания, высокотехнологичное снаряжение, беспилотные аппараты, проекционный дисплей, дополненная реальность, «умный шлем»

[1] Работа выполнена в рамках базовой тематики РАН FMFR 2024-0034 и FMFR 2024-0039.

High-Tech Solutions for Equipping the Specialists of Extreme Activity Profile for Search and Rescue of Cosmonauts in the Complicated Arctic Environment (*Part 2*). A.V. Polyakov, Yu.A. Bubeev, V.M. Usov, A.M. Kashevnik, A.I. Motienko

The Search-and-Rescue (SAR) of cosmonauts in cases of abnormal descent of a landing module is one of the most important areas of ensuring the safety of manned space flights. When searching for crew members in the complicated environmental conditions with a high initial uncertainty of the situation, the special importance is given to the promptness of the initial stage of operations, which includes reconnaissance, finding and clarification of the location of crew members with help of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). In order to improve the situational awareness and teamwork of specialists of extreme activity profile it is relevant to use interface devices that allow providing real-time information about the possible location of landed cosmonauts, their actual condition, provision for making the first aid, actual availability of protective equipment and medicines and newly emerged acute needs to ensure survival under the impact of extreme environmental factors and others. One of the promising solutions is the use of wearable tech devices compatible with the Smart Helmet design as part of rescuers equipment and interfaced with the data channels coming from onboard systems of UAVs, resources of navigation systems, sensors of wearable equipment, and different communication facilities of rescuers. By analyzing the literature, the search for prototypes based on wearable augmented reality (AR) devices with high potential to use them in the field of information support for extreme professions during SAR of cosmonauts was carried out.

Keywords: specialists in extreme activities, search-and-rescue operations, high tech equipment, Unmanned Aerial Vehicle, projection display, augmented reality, Smart Helmet

2. Перспективные виды операторского интерфейса на базе виртуальной реальности для построения человеко-машинного интерфейса при поиске пострадавших в чрезвычайных ситуациях

2.1. Информационное обеспечение специалистов экстремального профиля деятельности на базе технологии дополненной реальности для обеспечения поисковых задач

В последние годы особое внимание привлекают решения по построению человеко-машинного взаимодействия с использованием виртуальной и дополненной реальности, в том числе при роботизированной поддержке командных действий при ведении разведки и рекогносцировки в неизученной среде. Необходимо подчеркнуть, что эта тема в психологическом аспекте особенно значима для решения вопросов оснащения человека экстремальной профессии (специалиста экстремального профиля деятельности), поскольку оснащение и экипировка таких лиц должны соответствовать новым вызовам

современной техногенной среды, а также новым рискам для человека при появлении новых перспективных областей деятельности, таких как освоение Луны.

Получение большого массива разнородных данных остро ставит вопрос о системах целенаправленного сбора из окружающей среды и их отображения в доступной для восприятия человеком форме.

В ряде ранее проведенных исследований для повышения качества взаимодействия при командной работе предлагается применение развитых информационных и инструментальных средств обеспечения, особенно для поддержки персонала, находящегося в зоне повышенного риска, в наиболее сложных условиях текущей обстановки [1–3]. Среди этих средств видное место занимают носимые средства операторского интерфейса на базе виртуальной и дополненной реальности (*англ.*: Virtual and Augmented Reality, VR/AR).

План дальнейшего анализа состоит в обосновании применения носимых устройств VR/AR при роботизированной поддержке командой специалистов экстремального профиля в неструктурированной среде. Их используют для улучшения коммуникации специалистов экстремального профиля в масштабе реального времени и формирования пространственно-ситуационной осведомленности по совокупности данных, получаемых от сенсоров и датчиков БА, систем навигации и устройств измерения различных излучений, которые могут представлять опасность для человека. Эти условия способствуют реализации опыта специалистов, когнитивных стратегий адаптации к экстремальной среде и готовности к экстренному адекватному реагированию на опасную ситуацию.

В качестве исходной посылки для поиска прототипов в области передовых решений в настоящем исследовании принимается положение о том, что сегодня с уверенностью можно говорить о достаточной зрелости ряда инновационных решений в областях: робототехники, человеко-машинного интерфейса, новых поколений сенсоров, датчиков и систем дистанционных измерений, приложений виртуальной и дополненной реальности. В частности, имеются тенденции масштабного внедрения устройств дополненной реальности в тех областях, где в контексте решаемых задач необходимо связать наблюдаемый объект с некоторой его графической репрезентацией и текстовым описанием свойств. Другая постановка применения – выявить наличие объекта по описанию его свойств и некоторых дополнительных характеристик о его связях с другими объектами, которые могут быть обнаружены в пространстве (например, в системе пространственных соотношений в некоторой локации).

Пересечение вопросов из смежных областей знаний заключается в том, что для реализации поведенческих установок на активное функционирование с высокой степенью адаптивности специалиста экстремального профиля деятельности к изменяющимся условиям необходимо предусматривать высокотехнологичные способы поддержки совместного функционирования

человека с роботами при выполнении операций, разведки, картографирования, дистанционного распознавания объектов в среде и др.

Проблемы построения операторского интерфейса на базе технологии AR принято рассматривать с учетом целевого контингента потребителей с обсуждением областей их применения [4–8]. В работе [9] выполнен анализ тенденций в области совершенствования интерфейсных средств, из которого следует, что поиск системных решений для обеспечения безопасности и эффективности решения разведывательных, картографических и поисковых задач сегодня неразрывно связан с вопросами применения носимых устройств на базе VR/AR-технологий. В работах [10, 11] представлены возможные варианты построения и потенциально возможные области применения AR-технологий.

Существует множество близких по содержанию определений AR-технологий для наиболее распространенных областей применения. Рассмотрим определение, которое дано в работе [12]. Под AR-решением этими авторами понимается результат введения в поле зрения человека дополнительных (вспомогательных) изображений с целью расширения сведений об актуальном реальном окружении и улучшения восприятия этой информации.

Другими словами, предназначение AR-технологии состоит в том, чтобы добавить к наблюдаемой визуальной картине новые сенсорные элементы (например, фото-, видео-, графические изображения, текстовые сообщения и др.) путем проецирования объектов AR-технологий в поле зрения человека. Существенно, что именно зрительная модальность является в данном случае ведущей для построения интерфейса, в то время как другие модальности (речевая продукция, жесты) в большей степени помогают управлять ходом презентации и поиском релевантной информации. Такие решения предоставляют пользователю мобильного устройства визуализации дополнительный контур обратной связи и управление виртуальными объектами при выборе адресата для сеанса коммуникации в группе, маяка маршрутизации, пояснительной информации на изображении объектов информационных кадров и др.

В литературе представлены разработки мобильных VR/AR-приложений для командного применения, позволяющие удаленно оказывать поддержку оператору путем демонстрации руководств и инструкций поведения, а также приемов выполнения работы в ответ на запросы пользователя [13]. Речь может идти о наглядном представлении циклограммы работ в контексте заданных условий, которые можно хранить в виде интерактивных фрагментов презентаций, предназначенных для коммуникации в команде.

Из выполненных обзоров последних лет можно привести публикацию [14], в которой освещены как концептуальные подходы, так и получившие распространение коммерческие продукты VR/AR-технологии.

К наиболее распространенным и коммерчески доступным носимым устройствам на базе VR/AR-технологий относятся нашлемные проекционные

дисплеи и очки виртуальной реальности. Основное их предназначение, как отмечалось ранее, состоит в формировании стереоскопического изображения на сетчатке глаз. Описание этапов развития этого направления, текущего состояния и коммерческих систем представлено в исследовании [15].

2.2. Применение технологий виртуальной и дополненной реальности в носимых устройствах с использованием многомодальных каналов взаимодействия человека с объектами виртуальной среды

В связи с необходимостью создания для специалиста реалистичного образа текущих событий выполняются многочисленные исследования, направленные на повышение безопасности и улучшение взаимодействия «человек – робот», опосредованного устройствами виртуальной и дополненной реальности для построения операторского интерфейса.

Далее по тексту используются общеупотребительные английские аббревиатуры VR/AR, получившие сегодня широкое распространение в зарубежных и отечественных публикациях.

В числе рассматриваемых образцов (прототипов) носимых VR/AR-гарнитур наибольший интерес представляет использование проекционных дисплеев для использования AR-интерфейса в составе «умного шлема» или шлема с элементами ИИ, конструктивно объединенного с системами дистанционного контроля внешней среды, что позволяет осуществить индикацию данных, получаемых в реальном времени от бортовых устройств для разведки и картографирования местности БА, от сенсоров для дистанционного контроля опасных источников внешней среды и от приемников данных от орбитальных навигационных систем позиционирования наземной инфраструктуры (в тех случаях, когда они доступны).

В свете проектов безопасного группового применения роботов изучаются вопросы [16]: каким образом смешанная команда людей и группы мобильных роботов могут сохранять в совместной деятельности согласованное функционирование; предупреждать коллизии при перемещении в неструктурированной среде; рационально расходовать ресурсы и осуществлять взаимную информационную поддержку в незапланированных ситуациях.

В ряде исследований отмечается, что человекоцентрированные решения при построении коллаборации человека с группой разнородных роботов могут быть достигнуты, в числе прочего, за счет виртуального окружения на базе ИИ. Так, например, в работе [17] описываются требования и современное состояние исследований и разработок в области робототехники, ориентированной на человека, включая вербальное и невербальное взаимодействие для понимания намерений друг друга, а также практические вопросы, которые необходимо решить, если роботы будут включены в повседневную среду. В исследовании [18] отмечается необходимость сочетания достижений высоких технологий и тесной взаимосвязи технологий

ИИ, виртуальных сред и сенсорных технологий для эволюции в сфере робототехники. В свете такого подхода приложения дополненной реальности (AR-интерфейса) дают решения для создания замкнутого контура обратной связи между человеком и роботом. Это создает прочную основу для повышения эффективности применения роботов и улучшения ситуационной осведомленности человека, его безопасности при использовании роботов с применением технологий ИИ.

В состав носимых устройств на базе VR/AR, совместимых с конструкцией защитных шлемов, используемых в реальных условиях опасной среды, обычно входят элементы, которые позволяют [19]:

1) проецировать изображения посредством оптической системы непосредственно в поле зрения пользователя;

2) выполнять пространственное картирование для построения 2D- или 3D-изображения;

3) распознавать команды многомодального интерфейса (жестовые, речевые, указания направлением взгляда и др.), чтобы обеспечивать взаимодействие пользователя с виртуальными элементами.

При разработке контента для реализации в составе VR/AR-интерфейса используются возможности комбинирования визуальной информации, получаемой из разных источников:

1) непосредственно из реальной физической среды (через оптические, оптоэлектронные приборы и т. п.);

2) синтезируемые с помощью компьютерной техники;

3) извлекаемые из хранилищ электронных данных.

В работе [20] предлагается принимать во внимание при реализации AR-интерфейса условия, непосредственно связанные с областью применения и целевым контингентом:

1) использовать современные технологии распознавания объектов, чтобы позволить системе накладывать графику и анимацию с соответствующими инструкциями непосредственно на целевой объект, что особенно важно в незнакомой среде, в ранее неизученных ситуациях и в плохих условиях видимости;

2) учитывать физические ограничения защитного снаряжения и в этой связи перспективно применение AR-интерфейса с реализацией речевого управления, что позволяет использовать его для выполнения отдельных задач;

3) использовать способ бесконтактного речевого ведения заметок, задания команд и комментариев, чтобы уменьшить необходимость в ручном вводе данных;

4) предусматривать применение автоматической системы мониторинга и оповещения, чтобы предупреждать операторов об аномалиях и серьезных проблемах в работе технических средств без постоянного отвлечения от решения текущей задачи;

5) использовать модели поиска данных, позволяющие эффективно передавать и связывать большие 3D-модели данных (необходимые для использования в графических инструкциях), в том числе в рамках ограничений скорости передачи информации между коммуникациями.

2.3. Применение многомодального интерфейса в составе проекционных дисплеев для управления цифровым контентом при командном взаимодействии участников в решении общей задачи

В современных разработках проекционных дисплеев информационно-коммуникационные фирмы уделяют особое внимание встроенным алгоритмам сбора информации, характеризующим двигательную активность пользователя, что находит отражение в распознавании голосовых команд, жестов, движения глаз. С этим связаны качественно новые расширенные возможности управления визуальным виртуальным контентом, что расширяет состав потенциальных пользователей и областей внедрения, включая игровые и обучающие приложения. Тем не менее в этой области остается немалое поле деятельности для сторонних разработчиков для адаптации проекционных дисплеев на базе AR-интерфейса к конкретным прикладным задачам.

При рассмотрении проблемы повышения эффективности применения AR-интерфейса и улучшения условий взаимодействия в системе «человек – робот», как это отмечалось ранее, выявляется возросшая потребность в создании и развитии алгоритмической основы, обеспечивающей это взаимодействие с использованием разных модальностей [21–24].

Бесконтактный способ управления отображением виртуального контента и задания командных предписаний при применении AR-интерфейса относится к его преимуществам в случае мобильных носимых устройств визуализации. При этом с точки зрения учета человеческого фактора необходимо принимать во внимание уровень зрительной и когнитивной нагрузки на специалистов, интенсивность мыслительной деятельности которых возрастает в зависимости от интенсивности потока перерабатываемой разнородной информации и сложности возникающих проблем принятия решений. Стоит также отметить, что когнитивные проблемы специалистов экстремального профиля сочетаются со стрессирующим действием опасной среды и высокой социальной нагрузкой (ответственностью) за результативность (исход) SAR-операций для такого контингента, как космонавты, летный состав и др.

В описываемой ситуации проявляется необходимость применения целого спектра технологий ИИ, включая использование искусственных нейросетей (ИНС) и новых поколений сенсоров, часто называемых в литературе «умными сенсорами» (то есть сенсорами с элементами ИИ), для получения данных от активно функционирующего работника в рабочей среде. Данное направление исследований имеет большое прикладное значение для построения средств бесконтактного управления при использовании «умного шлема».

При дальнейшем изложении принимается определение базового подхода на примере построения взаимодействия человека с роботом на основе многомодального интерфейса как решения, при котором коммуникация осуществляется с помощью различных каналов, включая голос, изображение, текст, движения глаз и др. Это обширная область, тесно связанная с когнитивными науками, эргономикой, мультимедийными технологиями и виртуальной реальностью.

В статье [25] представлен обзор публикаций, посвященный современному состоянию многомодального взаимодействия человека и робота, и анализируются тенденции в исследованиях с точки зрения расширения возможностей ввода и вывода сигналов, а также применения для этого различных модальностей для коммуникации. В частности, в этой статье рассматривается задача ввода сигналов при взаимодействии «человек – робот» в трех основных модальностях: ввод и распознавание жестов, ввод и распознавание речи, а также ввод данных для распознавания эмоций.

Многомодальный интерфейс можно также применять для поиска дополнительных данных о целевом распознанном объекте. При визуальном выборе объекта и применении многомодального интерфейса для формирования поискового запроса возможно получение о нем доступных навигационных данных из хранилищ, подготовленных в априорном режиме в виде контента электронных документов [26], что позволяет обеспечить участников взаимодействия этими данными в режиме дистанционного доступа из разных локаций.

Наибольший эффект внедрения этой технологии наблюдается в сфере коммуникаций. Принимая во внимание потребность в информационной поддержке участников командного взаимодействия, современные исследования в области построения операторского AR-интерфейса с использованием многомодального интерфейса «человек – роботы» акцентируют внимание на следующих актуальных вопросах:

– улучшение коммуникации между дистанционно удаленными друг от друга членами команды по вопросам сбора, анализа и визуального представления навигационной информации и данных локализации;

– более полное представление визуальных данных для обеспечения совместного доступа членов команды к результатам распознавания объектов внешней среды, навигационно-справочной информации, данных когнитивной карты о локализации целевых объектов и навигационных маяков в районе проведения работ;

– своевременная выдача предупреждающей информации о возможных незапланированных вариантах развития событий по результатам оценки рисков коллизий в зоне выполнения ручных операций, выявления сбоев в функционировании бортовых систем роботов;

– экстренная выдача сигналов аварийного оповещения членов команды при нарушениях состояния здоровья и/или критического снижения запасов системы жизнеобеспечения.

Обобщая вышеизложенное по данному направлению работ, можно констатировать следующее: при использовании средств AR-интерфейса в команде состав отображаемой информации должен быть достаточен для того, чтобы обеспечивать взаимодействие с использованием разных видов коммуникаций и посредством оперирования виртуальными объектами AR-интерфейса. Для этого необходимо применять расширенные средства многомодального интерфейса, интегрированные с конструкцией проекционного дисплея, набором датчиковых и сенсорных систем.

Вопросам конструктивного исполнения и расширения функционала защитного снаряжения специалистов экстремального профиля деятельности посвящено последующее изложение обзора.

3. Перспективы развития технологий комплексного оснащения специалистов экстремального профиля деятельности устройствами защиты и информационной поддержки в условиях неблагоприятной среды

3.1. Разработка «умного шлема» как варианта оснащения специалистов экстремального профиля деятельности для операций поиска и спасения

При определении состава оперативно-тактических задач, которые возникают в процессе командной деятельности специалистов экстремального профиля деятельности в условиях опасной среды, можно констатировать их прямую связь с лимитирующими факторами и задачами обеспечения безопасности работ. Исходя их этого положения, представляется целесообразным обеспечить применение AR-интерфейса для информационного обеспечения:

– безопасного преодоления видимых препятствий в зоне двигательной активности с предварительным распознаванием, идентификацией и измерением расстояний до объектов естественного происхождения на поверхности, что становится критически важным фактором в случае пониженной видимости;

– периодического кругового обзора окружающего ландшафта без изменения положения тела человека и выполнения им поворотов, что предполагается достичь посредством управления движениями головы и глаз, фиксацией направления взгляда с подтверждением речевой команды и др.;

– активного управления ходом диалога с группой поддержки командной работы посредством адресного указания абонента связи (коммуникации в группе), темы диалога и ключевых слов, срочности получения справки/инструкции, перемещение указателя на маркер для переадресации на источники (на руководства и иллюстрации), включая инструкции выполнения предписанных алгоритмов в мультимедийном представлении;

– формирования экстренных сообщений о внеплановом развитии событий, возникших неполадках в работе средств индивидуальной защиты, и предупреждений о риске негативных событий.

Применение проекционных дисплеев (*англ.*: Head Wearable Displays, HWDs), или головных дисплеев (*англ.*: Head-Up-Displays, HUDs; Head Mounted Displays), устанавливаемых на голову, сегодня тесно увязывается с решением эргономических проблем построения систем для ведения пространственной ориентировки, особенно в неблагоприятных условиях видимости. Так, в частности, при построении защитных шлемов, в которых предусматриваются инструменты VR/AR-интерфейса, необходимо принимать во внимание возможное повреждающее и вредное воздействие факторов среды (механические и радиационные воздействия, измененный атмосферный состав воздуха, экстремальные значения температуры, нарушения видимости и др.).

В работах [27–29] обсуждаются направления, в которых ведется поиск решений дистанционной поддержки специалистов экстремального профиля деятельности с применением AR-проекционных дисплеев для «умного шлема», или «шлема с элементами ИИ», в составе защитного снаряжения. Например, для улучшения ситуационной осведомленности сотрудников служб быстрого реагирования в работе [29] предлагается применять защитный шлем, оснащенный инфракрасной камерой, источником питания, вычислительным узлом и AR-дисплеем. В вычислительном узле этого комплекса могут быть реализованы алгоритмы ИИ для улучшения качества инфракрасного изображения, распознавания объектов, а AR-интерфейс дает возможность подключаться к другим компонентам, чтобы отображать получаемую с их помощью информацию.

Согласно работам [29–31] информационно-коммуникационные технологии цифровизации производства, построенные с применением VR/AR-интерфейса, играют возрастающую роль в области охраны труда специалистов экстремального профиля и способствуют повышению безопасности.

3.2. Разработка «умных сенсоров» в составе экипировки специалистов экстремального профиля деятельности для выявления факторов риска и патогенных источников в русле задач обеспечения безопасности выполнения операций поиска и спасения

Важное для области сложных и опасных профессий направление современных разработок связано с применением ИНС для детекции нарушений состояния и выявления аномалий поведения на основе биосигналов, таких как ЭЭГ, ЭКГ, электропроводимость кожи, параметры двигательной активности [32].

Для реализации этих возможностей необходимо понимать общие тенденции развития технологии, и в этой связи необходимо указать исследования,

посвященные систематизации наиболее распространенных областей и типов сенсорного оснащения «умных шлемов».

В обзорной статье [33] рассматриваются современные тенденции в области технологий «умных шлемов» и их применения в интересах обеспечения безопасности работающего индивида.

Согласно цитируемой работе «умный шлем», подключенный к Интернету вещей (Internet of Things, IoT), можно определить как защитный шлем, оснащенный электронными датчиками, устройствами оповещения и связи и используемый не только в качестве защитного головного убора, но и для расширения возможности пользователя по снижению риска травм и смертельных случаев.

Это высокотехничное решение может приносить пользу благодаря достижениям в области вычислительной мощности и микроэлектроники при мониторинге здоровья и безопасности труда с помощью возможностей физиологических измерений в масштабе реального времени и обработки данных на базе ИНС. Для этого авторами цитируемой работы описаны наиболее подходящие датчики, используемые для реализации ключевых функций.

В настоящее время, согласно выводам этого обзора, основное внимание исследователи уделяют применению «умного шлема» для промышленной безопасности, для мотоциклистов и для служб экстренного реагирования. В этих приложениях «умные шлемы» играют ключевую роль в обеспечении расширения сенсорных возможностей при сборе данных об инцидентах, что позволяет реализовать функцию оповещения при срабатывании соответствующих датчиков.

В целях обеспечения безопасности при использовании транспорта сенсоры шлема отслеживают движение головы или удар. Используемые датчики включают акселерометры, гироскопы или инерциальные измерительные блоки. Эти датчики могут измерять движения тела по 3–6 осям (например ускорение и ориентацию) и отслеживать любые аномальные события, такие как внезапные скачки сигнала (могут указывать на падение или удар от падающего предмета) или отсутствие сигнала (может указывать на отсутствие движения или потерю сознания после несчастного случая).

В связи с растущим спросом на мониторинг состояния здоровья в шлемы встраиваются биодатчики, которые позволяют отслеживать риски нарушения состояния работоспособности, в частности переутомления, перегрева, воздействия измененной газовой среды. В этой связи в литературе описаны подходы и решения, позволяющие вести мониторинг температуры для нарушений температурного гомеостаза организма с окружающей средой для предотвращения перегрева и/или переохлаждения. Для этого в шлемы должны быть встроены датчики для мониторинга температуры тела, частоты сердечных сокращений, уровня артериального давления и частоты дыхания.

Выводы

1. Роботизированная поддержка выполнения операции поиска и спасания космонавтов при нештатных медицинских ситуациях, возникающих при приземлении спускаемого космического аппарата, рассматривается в плане безопасности самого спасателя в экстремальной среде и создания благоприятных условий выживания пострадавших.

2. Проведенное исследование свидетельствует в пользу выбора интерфейсов на базе технологий дополненной реальности, которые дают возможность в режиме реального времени предоставлять специалистам экстремального профиля деятельности удаленный доступ к разнородной (многомодальной) информации из внешней среды и взаимодействовать в команде, не теряя возможности прямого зрительного контакта с окружающей средой.

3. Преимущества инновационных средств визуализации на базе проекционных дисплеев дополненной реальности (AR-гарнитур) наглядно проявляются для контингента пользователей, которому жизненно необходима поддержка пространственно-ситуационной осведомленности в неструктурированной среде, что составляет важное условие по своевременному выявлению опасных условий – предпосылок нарушения гомеостаза с внешней средой. Дополнительным аргументом для выбора целевого контингента пользователей выступает необходимость обеспечения видимости объектов в локации поиска, дополненной получением релевантной информации о их местоположении и связанных с ними особенностях поиска целевых объектов.

4. К числу существенных эксплуатационных требований к AR-гарнитурам относится достижение хорошей совместимости при комплексировании средств индивидуального снаряжения (включая «умный шлем») с инструментарием проведения роботизированной разведки и картографирования и их интеграцией со средствами управления коммуникацией при командном взаимодействии.

5. Анализ современного состояния развития AR-интерфейса позволяет сделать вывод о перспективности разработок на его базе интуитивно понятных и визуально наглядных многомодальных интерфейсов при роботизированной поддержке выполнения разведки и рекогносцировочных операций специалистами экстремального профиля деятельности, которые получают возможность управления визуализацией без задействования способов ручного ввода данных с помощью оконечных управляющих элементов.

6. В настоящее время представляется правомерным говорить о наличии технологических предпосылок и коммерчески доступных прототипов – реальных изделий ряда ведущих информационно-коммуникационных компаний – для улучшения условий взаимодействия «человек – робот» посредством внедрения AR-интерфейса на базе проекционного дисплея в состав оборудования, в числе которого можно особо выделить «умный шлем» (шлем с элементами ИИ).

7. Современные разработанные и описанные в литературе устройства типа «умный шлем» представляют собой высокотехнологичные изделия, которые помимо выполнения защитных функций организма человека от внешних повреждающих факторов могут быть сопряжены с большим числом инструментов сбора информации от источников о внешней среде, а также передаваемых извне данных по каналам связи, что позволяет пользователю получать информацию в конкретной локации о происходящих событиях, недоступных для его непосредственного контроля в силу факторов удаленности от локаций и других пространственных ограничений.

8. Из результатов исследования следует, что в настоящее время имеются объективные предпосылки для качественного улучшения всех видов информационной и медико-технической поддержки поисково-спасательных операций, включая внедрение инновационных технологий в состав средств оснащения специалистов экстремального профиля деятельности. Однако этому должны предшествовать дополнительные исследования и испытания с привлечением добровольцев – экспертов из числа специалистов экстремального профиля деятельности.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Abdalla, R. Status of Spatial Analysis for Urban Emergency Management / R. Abdalla. – DOI: 10.1007/978-3-319-51844-2_15 // Global Changes and Natural Disaster Management: Geo-information Technologies. – Springer International Publishing, 2017. – P. 191–209.
2. Sharma, S. Mobile augmented reality system for emergency response / S. Sharma. – DOI: 10.1109/SERA57763. 2023.10197820 // In: 2023 IEEE/ACIS 21st International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (SERA), Orlando, FL. – IEEE, 2023. – P. 402–406.
3. Truong-Allié, C. A study of the influence of AR on the perception, comprehension and projection levels of situation awareness / C. Truong-Allié, M. Herbeth, A. Paljic – DOI: 10.1109/VR55154.2023.00069 // In: 2023 IEEE Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR), Shanghai. – IEEE, 2023. – P. 541–551.
4. Кабанов, А.А.VR/AR в изучении, создании и эксплуатации аэрокосмической техники: из макромира в микромир, от наблюдения к действиям / А.А. Кабанов, М.В. Амосов. – DOI: 10.34759/trd-2023-128-21 // Труды МАИ. – 2023. – № 128.

   Kabanov, A.A. VR/AR in the study, creation and operation of aerospace technology: from macrolevel to microlevel, from observation to activity / A.A. Kabanov, M.V. Amosov. – DOI: 10.34759/trd-2023-128-21 // Trudy MAI. – 2023. – No 128.
5. Летков, В.В. Взаимодействие пользователя с дополненной реальностью / В.В. Летков, С.А. Ефремов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2020. – № 1. – С. 107–110.

   Letkov, V.V. Interaction between a user and augmented reality / V.V. Letkov, S.A. Efremov // Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. serija: Estestvennye i Tehnicheskie nauki. – 2020. – No 1. – P. 107–110.

6. Lei, Y. Virtual reality in human-robot interaction: Challenges and benefits / Y. Lei, Z. Su, C. Cheng. – DOI: 10.3934/era. 2023121 // Electronic Research Archive. – 2023. – Vol. 31, No 5. – P. 2374–2408.
7. Definitions and Applications of Augmented/Virtual Reality: A Survey / Z. Rebbani, D. Azougagh, L. Bahatti, O. Bouattane. – DOI: 10.30534/ijeter/2021/21932021 // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2021. – Vol. 9, No 3. – P. 279–285.
8. Augmented reality and virtual reality displays: perspectives and challenges / T. Zhan, K. Yin, J. Xiong, Z. He, S.T. Wu. – DOI: 10.1016/j.isci. 2020.101397 // Iscience. – 2020. – Vol. 23, No 8. – P. 101397.
9. Borgest, N. Using Virtual Reality Technology in the Design of Complex Systems / N. Borgest, S. Vlasov. – DOI: 10.17587/prin.13.286-290 // Programmnaya Ingeneria. – 2022. – Vol. 13, No 6. – P. 285–290.
10. Голубкин, А.А. Аналитический обзор систем дополненной и смешанной реальности в контексте индустрии 4.0 / А.А. Голубкин, Р.Я. Пирмагомедов. – DOI : 10.31854/2307-1303-2021-9-4-1-27 // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2021. – Т. 9, № 4. – С. 1–27.

    Golubkin, A.A. An analytical review of augmented and mixed reality systems in the context of the industry 4.0 / A.A. Golubkin, R.Ya. Pirgomedov. – DOI 10.31854/2307-1303-2021-9-4-1-27 // Telecom IT. – 2021. – Vol. 9, No 4. – P. 1–27.
11. Peddie, J. Types of augmented reality / J. Peddie. – DOI: 10.1007/978-3-319-54502-8_2 // Springer, Cham. – 2017. – P. 29–46.
12. Сквозные субтехнологии в кластере виртуальной и дополненной реальности / В.А. Жмудь, А.В. Ляпидевский, В.С. Аврамчук, Г. Рот // Автоматика и программная инженерия. – 2019. – № 2(28). – С. 86–97.

    End-to-end subtechnologies in a cluster of virtual and augmented Reality / V.A. Zhmud', A.V. Lyapidevsky, V.S. Avramchuk, G. Rot // Automation and Software Engineering. – 2019. – No 2(28). – P. 86–97.
13. Methodology for the field evaluation of the impact of augmented reality tools for maintenance workers in the aeronautic industry / Q. Loizeau, F. Danglade, F. Ababsa, F. Merienne. – DOI: 10.3389/frvir.2020.603189 // Frontiers in Virtual Reality. – 2021. – Vol. 1. – P. 603189.
14. Ларин, М.П. Обзор современных тенденций в сфере виртуальной реальности // Автоматика и программная инженерия. – 2021. – № 1(35) – С. 165–170.

    Larin, M.P. Review of modern trends in the sphere of virtual reality // Automatics & Software Engineering. – 2021. – No 1(35) – P.165–170.
15. Обзор систем виртуальной реальности / А.Ю. Тычков, К.Ю. Волкова, Д.В. Киселева, Е.А. Родионова. – DOI: 10.21685/2072-3059-2020-2-1 // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2020. – № 2(54). – С. 3–13.

    A review of virtual reality systems / A.Yu. Tychkov, K.Yu. Volkova, D.V. Kiseleva, E.A. Rodionova. – DOI: 10.21685/2072-3059-2020-2-1 // University proceedings. Volga Region. Technical Sciences. – 2020. – No 2(54). – P. 3–13.
16. Взаимодействие человека и робота в коллаборативных робототехнических системах / Р.Р. Галин, В.В. Серебренный, Г.К. Тевяшов, А.А. Широкий. – DOI:

10.21869/2223-1560-2020-24-4-180-199 // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2020. – № 24(4). – С. 180 – 199.

Human-robot interaction in collaborative robotic systems / R.R. Galin, V.V. Serebrenny, G.K. Tevyashov, A.A. Shiroky. – DOI: 10.21869/2223-1560-2020-24-4-180-199 // Proceedings of the Southwestern State University. – 2020. – No 24(4). – P. 180–199.

17. Human-centered AI and robotics / S. Doncieux, R. Chatila, S. Straube, F. Kirchner. – DOI: 10.1186/s42467-021-00014-x // AI Perspectives. – 2022. – Vol. 4, No 1. – P. 1.
18. Bassyouni, Z. Augmented reality meets artificial intelligence in robotics: A systematic review / Z. Bassyouni, I.H. Elhajj. – DOI: 10.3389/frobt.2021.724798 // Frontiers in Robotics and AI. – 2021. – Vol. 8. – P. 724798.
19. Решетникова, Е.С. Разработка метода визуализации производственных объектов с применением технологий дополненной реальности / Е.С. Решетникова, Т.В. Усатая, Л.В. Курзаева. – DOI: 10.7256/2454-0714.2021.1.32708 // Программные системы и вычислительные методы. – 2021. – № 1. – С. 10–21.

    Reshetnikova, E.S. Development of a method for the visualization of industrial facilities using augmented reality technologies / E.S. Reshetnikova, T.V. Usataya, L.V. Kurzaeva. – DOI: 10.7256/2454-0714.2021.1.32708 // Software Systems and Computational Methods. – 2021. – No 1. – P. 10–21.
20. Beyond LunAR: An augmented reality UI for deep-space exploration missions / S. Radway, A. Luo, C. Elvezio, J. Cha [et al.]. – DOI: 0.48550/arXiv.2011.14535 // arXiv: 2011.14535v1. – 2020. – P. 9.
21. Ryumin, D. Audio-visual speech and gesture recognition by sensors of mobile devices / D. Ryumin, D. Ivanko, E. Ryumina. – DOI: 10.3390/s23042284 // Sensors. – 2023. – Vol. 23, No 4. – P. 2284.
22. Карпов, А.А. Многомодальные интерфейсы человеко-машинного взаимодействия / А.А. Карпов, Р.М. Юсупов. – DOI: 10.1134/S1019331618010094 // Вестник Российской Академии наук. – 2018. – Т. 88, № 2. – С. 146–155.

    Karpov, A.A. Multimodal interfaces of human–computer interaction / A.A. Karpov, R.M. Yusupov. – DOI: 10.1134/S1019331618010094 // Herald of the Russian Academy of Sciences. – 2018. – Vol. 88, No 2. – P. 146–155.
23. Рюмин, Д.А. Подходы к автоматическому распознаванию жестовой информации: аппаратное обеспечение и методы / Д.А. Рюмин, И.А. Кагиров. – DOI: 10.34131/MSF.21.3.82-99 // Пилотируемые полеты в космос. – 2021. – № 3(40). – С. 82–99.

    Ryumin, D.A. Approaches to automatic gesture recognition: hardware and Methods / D.A. Ryumin, I.A. Kagirov. – DOI: 10.34131/MSF.21.3.82-99 // Manned Spaceflight. – 2021. – No 3(40). – P. 82–99.
24. Голосовое управление сервисными роботами в условиях возможных ограничений двигательных функций человека в космическом полете / М.В. Михайлюк, А.А. Карпов, Б.И. Крючков, В.М. Усов [и др.] // Материалы XII Всероссийской научно-технической конференции «Робототехника и искусственный интеллект» РИИ-2020. – 2020. – С. 197–201.

    Voice control of service robots under conditions of possible limitations of human motor functions during space flights / M.V. Mihailyuk, A.A. Karpov, B.I. Krjuchkov, V.M. Usov [et al.] // Proceedings of the XII All-Russian Scientific and Technical Conference “Robotics and Artificial Intelligence” RII-2020. – 2020. – P. 197–201.

25. Recent advancements in multimodal human-robot interaction / H. Su, W. Qi, J. Chen, C. Yang [et al.]. – DOI: 10.3389/fnbot.2023.1084000 // Frontiers in Neurorobotics. – 2023. – Vol. 17. – P. 1084000.
26. Когнитивные карты для управления беспилотным транспортным средством / М.М. Князьков, М.В. Михайлюк, Ю.А. Бубеев, В.М. Усов. – DOI: 10.38098/ipran.opwp2024_31_2_005 // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. – 2024. – Т. 9, № 2. – С. 112–136.

    Cognitive maps for unmanned vehicle control / M.M. Knyazkov, M.V. Mikhailyuk, Y.A. Bubeev, V.M. Usov. – DOI: 10.38098/ipran.opwp2024_31_2_005 // Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. – 2024. – Vol. 9, No 2. – P. 112–136.
27. Using Virtual Reality to Envision Deployment of Spacesuit-Compatible Augmented Reality Displays for Lunar Surface Operations / J. Keller, L. Ma, M. Miller, S. Ray [et al.]. // In: 52nd International Conference on Environmental Systems (ICES). – 2023. – No ICES-2023-236. – P. 14.
28. Teng, J. Exploring Enhancement of AR-HUD Visual Interaction Design Through Application of Intelligent Algorithms / J. Teng, F. Wan, Y. Kong. – DOI: 10.4018/IJITSA.326558 // International Journal of Information Technologies and Systems Approach (IJITSA). – 2022. – Vol. 16, No 2. – P. 1–24.
29. Smart Helmet: Combining Sensors, AI, Augmented Reality, and Personal Protection to Enhance First Responders' Situational Awareness / A.F. Garcia, X.O. Biain, K. Lingos, K. Konstantoudakis [et al.]. – DOI: 10.1109/MITP.2023.3335901 // IT Professional. – 2024. – Vol. 25, No 6. – P. 45–53.
30. Smart helmet 5.0 for industrial Internet of Things using Artificial Intelligence / I. Campero-Jurado, S. Márquez-Sánchez, J. Quintanar-Gómez, S. Rodríguezd [et al.]. – DOI: 10.3390/s20216241 // Sensors. – 2020. – Vol. 20, No 21. – P. 6241.
31. Пирогова, М.А. Платформы дополненной реальности для промышленного применения: Россия 2022 / М.А. Пирогова, И.Е. Лешихина, В.А. Краюшкин // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2022. – № 4. – С. 3–10. DOI: 10.52190/2073-2597_2022_4_3.

    Pirogova, M.A. Augmented reality platforms for industrial applications: Russia 2022 / M.A. Pirogova, I.E. Leshikhina, V.A. Krayushkin. – DOI: 10. 52190/2073-2597_2022_4_3 // Information technology of CAD/CAM/CAE (ITDP). – 2022. – No 4. – P. 3–10.
32. Системы детектирования утомления при моделировании операторской деятельности космонавтов / А.М. Кашевник, А.А. Карпов, Ю.А. Бубеев, В.М. Усов [и др.] // Пилотируемые полеты в космос. – 2023. – № 4(49). – С. 106–121.

    Systems for the detection of fatigue while simulating operator activity of cosmonauts / A.M. Kashevnik, A.A. Karpov, Yu.A. Bubeev, V.M. Usov [et al.]. // Manned Spaceflight. – 2023. – No 4(49). – P. 106–121.
33. Trends in Smart Helmets With Multimodal Sensing for Health and Safety: Scoping Review / P. Lee, H. Kim, M.S. Zitouni, A. Khandoker [et al.]. – DOI: 10.2196/40797 // JMIR mHealth and uHealth. – 2022. – Vol. 10, No 11. – P. e40797.