

УДК 616.77: 616.78

Е.А. Солдатов, А.Б. Юдин, А.А. Жигалов, С.М. Стариков**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ
МЕДИЦИНСКОЙ РОБОТОТЕХНИКИ В ИНТЕРЕСАХ МЕДИЦИНСКОЙ
СЛУЖБЫ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Проанализирован опыт и перспективы создания военно-медицинской робототехники в нашей стране и за рубежом, предложены основные направления фундаментальных и прикладных исследований с учетом имеющегося научно-технического задела в отечественном военно-промышленном комплексе, а также возможные роль и место Национального центра развития технологий и базовых элементов робототехники в данной области. В последнее время в мире особую актуальность приобретает создание перспективной системы вооружения общевойсковых формирований, которая предусматривает наличие в ее составе интегрированной системы дистанционно-управляемых машин. Для военной медицины не менее актуальной является задача по оснащению ВС РФ современными образцами медицинской техники, особенно в звене «рота – батальон – бригада», что является важнейшей задачей на ближайшее время и обязательным условием перехода к качественно новой системе вооружения, в нашем случае системе медицинского обеспечения. Одним из возможных направлений решения данной задачи может стать использование медицинских робототехнических средств. Разработка медицинской робототехники в интересах медицинской службы ВС РФ должна носить системный характер и предполагать создание медицинских робототехнических средств военного назначения для войскового звена, специализированных медицинских робототехнических комплексов для этапов медицинской эвакуации, а также опережающее (параллельное) развитие медико-технического оснащения военнослужащих и технических средств медицинской службы. Представляется, что формирование научно-технического задела, способного дать значительный толчок в области создания и развития военно-медицинской робототехники, может стать приоритетным направлением исследований недавно созданного Национального центра развития технологий и базовых элементов робототехники.

Медицинский робототехнический комплекс военного назначения; модули военно-медицинской нагрузки; роботизированный хирургический комплекс.

Е.А. Soldatov, A.B. Yudin, A.A. Zhigalov, S.M. Starikov**THE MAIN WAYS OF CREATION AND DEVELOPMENT OF MEDICAL
ROBOTICS FOR THE MEDICAL SERVICE OF THE RUSSIAN ARMY**

The article has analyzed the experience and opportunities of creation of military-medical robotics in our country and abroad. The basic directions of fundamental and applied research have suggested according to modern scientific and technical potential of military-technical complex of Russian Federation. Possible destination of National center of development of the technology and the elemental basic of robotics in the medicine has given. Recently in the world of particular urgency is the creation of advanced weapons systems combined arms formations, which provides for the presence in its structure of an integrated system of remotely controlled machines. For military medicine is no less urgent task of equipping the armed forces with modern models of medical equipment, especially in the link of "company – battalion – brigade" that is the most important task for the near future and a prerequisite for the transition to a qualitatively new weapon system, in our case, the medical support system. One possible solution to this problem may be the use of medical robotic tools. The development of medical robotics in the interests of the medical service of the armed forces must be systemic in nature and require the establishment of medical robotic tools for military purposes for military-level specialized medical robotic systems for stages of medical evacuation, as well as advanced (parallel) development of medical and technical equipment

military and technical means of medical service. The technological advances that can give a significant boost in the creation and development military medical robotics, may become the priority research of the newly created National center of development of the technology and the elemental basic of robotics.

Military-medical robotic system; creation of military-medical modules for robotic system; robotic surgery system.

Введение. В последнее время в мире особую актуальность приобретает создание перспективной системы вооружения общевойсковых формирований, которая предусматривает наличие в ее составе интегрированной системы дистанционно-управляемых машин.

В частности, Управлением перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (Defense Advanced Research Projects Agency – DARPA) предусматривается разработка более 170 типов наземных роботов. Их создание осуществляется в рамках программы «Модернизация боевых бригадных групп» (Army Brigade Combat Team Modernization). Основным предназначением робототехнических комплексов рассматривается преодоление хорошо укрепленной обороны противника и систем противовоздушной обороны, ведение разведки и радиоэлектронной борьбы, выполнение специальных боевых и обеспечивающих задач с минимальными потерями личного состава [1].

Во время торжественного открытия Международный военно-технический форум «АРМИЯ-2015» 16 июня 2015 г. Президент Российской Федерации В.В. Путин отметил что «оборонная отрасль должна задавать планку по многим технологическим и производственным параметрам и впредь оставаться одним из локомотивов развития инноваций, в том числе двойного и гражданского назначения, ...роботы и системы управления будут во многом определять не только сегодняшний, но и завтрашний день наших Вооруженных Сил» [2].

Для военной медицины чрезвычайно актуальным является оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации современными образцами медицинской техники, особенно в звене «рота – батальон - бригада», что является важнейшей задачей на ближайшее время и обязательным условием перехода к качественно новой системе вооружения, в нашем случае системе медицинского обеспечения [2, 3].

В современных условиях создание именно медицинских робототехнических комплексов становится очередным этапом перспективного развития военно-медицинской техники. Данное направление уже приобретает большое значение в медицинском обеспечении войск и при оказании помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях в армиях иностранных государств [4].

В пилотных исследованиях показано, что применение медицинской робототехники позволяет повысить уровень безопасности для военно-медицинского состава и других военнослужащих при оказании помощи и эвакуации, в том числе в условиях воздействия различных видов оружия, в очагах заражения и катастроф, при неблагоприятных условиях внешней среды. Кроме того, появляются новые возможности диагностики, мониторинга состояния, лечения военнослужащих на этапах медицинской эвакуации и в эвакуационной технике, где трудно или дорого обеспечивать сопровождение раненых и пострадавших медицинским персоналом.

Возможное использование роботов телеприсутствия, диагностических и хирургических роботов на этапах медицинской эвакуации может обеспечить передачу высококвалифицированных знаний и опыта на расстоянии, в те места, куда нельзя доставить соответствующего специалиста. А это прямой путь к сокращению трудозатрат, кадровой емкости передовых подразделений медицинской служ-

бы и госпитального звена. Также снижаются риски и недостатки, связанные с человеческим фактором, увеличивается доступность объектов воздействия для лечебных и диагностических инструментов [5].

Опыт практического применения медицинских робототехнических комплексов в гражданских госпиталях, стационарных и мобильных военных госпиталях, которыми располагают США и отчасти другие союзники по НАТО, а также Япония, Израиль, Китай, показывает, что определенный эффект от этих технологий есть.

Цель исследования. Обосновать современные подходы к созданию и развитию медицинской робототехники в интересах медицинской службы ВС РФ.

Материалы и методы. Теоритическую и методологическую базу исследования составили научные труды в области организации здравоохранения, медицинского обеспечения войск (сил), а также законодательные и нормативные правовые акты РФ, нормативные правовые акты федеральных органов исполнительной власти, нормативные правовые акты и служебные документы Министерства обороны РФ, регламентирующие функционирование государственного здравоохранения и деятельность медицинской службы ВС РФ.

При проведении исследований использовались методы латентно-семантического, исторического, структурно-логического и контент-анализа.

Результаты и обсуждение. В настоящее время военно-полевая медицинская робототехника – исключительно дорогостоящая область прикладных исследований. С поправкой на надежность в экстремальных условиях поля боя цена одного такого робота может быть сопоставима с ценой роботизированной хирургической операционной платформы «да Винчи» [2, 4, 6]. В сложившихся в нашей стране экономических условиях при определении возможных направлений создания и развития медицинской робототехники в Вооруженных Силах Российской Федерации необходимо определить приоритетность развития отдельных видов медицинской робототехники в зависимости от их экономической целесообразности и уровень возможного финансирования [2].

Развитие военной робототехники в целом регламентируется концепциями и комплексными целевыми программами, определяющими роль и место робототехнических комплексов в системе вооружений, их классификацию, цели и задачи, приоритетные направления развития и оснащения ВС РФ образцами военной робототехники [7].

В ходе концептуальной проработки проблемы развития робототехники в интересах военной медицины были выделены две, принципиально отличающиеся группы медицинских робототехнических средств (рис. 1). Это робототехнические средства, входящие в состав медицинских робототехнических комплексов военного назначения (МедРТК ВН) и предназначенные для выполнения мероприятий медицинского обеспечения личного состава в ходе боевых действий и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. То есть, комплексы, действующие в тактическом звене на базовых войсковых платформах в общевойсковой системе управления и связи.

Вторая группа – специализированные медицинские робототехнические комплексы (СМедРТК), предназначенные для выполнения лечебно-диагностических мероприятий в системе военно-медицинских частей и учреждений, как в мирное, так и военное время. Эти комплексы по предъявляемым требованиям и функциям лежат ближе к медицинским робототехническим системам гражданского здравоохранения [5, 8, 9].

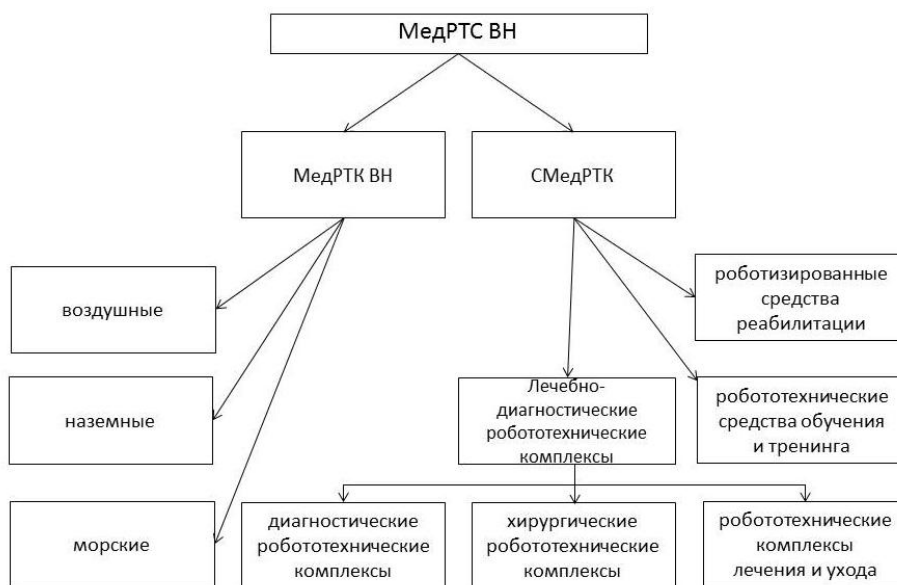


Рис. 1. Классификация медицинских робототехнических средств военного назначения

Разработка и внедрение в систему поиска и эвакуации раненых и пораженных, поисково-спасательных операций специализированных робототехнических комплексов несомненна. В этом случае решается двуединая задача. Первое, это максимально быстрая (в соответствии с обстановкой) доставка раненых и пострадавших к месту оказания медицинской помощи, что позволит, по нашему мнению, значительно уменьшить количество безвозвратных потерь. Второе, использование РТК в таких чрезвычайных условиях позволит снизить риск утраты работоспособности, гибели самих военно-медицинских специалистов.

Возможный облик и задачи медицинских робототехнических комплексов военного назначения обсуждаются военными и гражданскими специалистами на протяжении многих лет. Еще в период с 2004 года по 2009 год по инициативе Главного военно-медицинского управления Минобороны России были проведены соответствующие научно-исследовательская и опытно-конструкторская работы [2, 10, 11]. И несмотря на то, что полученные опытные образцы РТК военно-медицинского назначения в настоящее время не используются в практике, выполненные работы позволили получить необходимый сегодня научно-технический задел.

Полученный опыт в области создания МедРТК ВН и анализ проблем медицинского обеспечения личного состава подразделений при выполнении боевых задач позволил сформулировать следующие первоочередные задачи медицинского робота тактического звена. Это осуществление поиска раненых и пострадавших в сложных условиях боевой обстановки, извлечение (экстракция) раненых и пораженных и их защита от прямого воздействия огневых средств поражения противника, маркировка раненых и пострадавших на поле боя, обеспечение съема параметров с системы биомониторинга военнослужащего, доставка полезной военно-медицинской нагрузки до военно-медицинских полевых подразделений, выполнение элементов первой помощи на месте ранения.

Создание многофункциональных МедРТК ВН на основе наземных, воздушных и морских базовых (универсальных) робототехнических платформ должно быть принципиально направлено на создание медицинской роботизированной системы военного назначения для медицинского обеспечения группировки войск (сил) на любых театрах военных действий. Данные разработки независимо от среды функционирования робототехнического средства, в первую очередь, должны предполагать создание модулей военно-медицинской нагрузки и их всестороннее изучение на существующих образцах робототехнических комплексов [5, 8]. Постепенная интеграция апробированных таким образом модулей в принимающиеся на снабжение ВС РФ робототехнические комплексы обеспечит их модернизацию и создаст условия для расширения спектра задач медицинского обеспечения.

Подобное решение позволит оценить уже имеющиеся в нашем распоряжении технологии для решения конкретной задачи медицинского обеспечения, не дожидаясь создания всего набора модулей военно-медицинской нагрузки для того или иного многофункционального МедРТС ВН [5].

С учетом выполняемых медицинской службой войскового звена задач на поле боя (при ликвидации последствий катастроф) можно определить следующие возможные модули военно-медицинской нагрузки для МедРТС ВН:

- ◆ поиска и идентификации раненых и пострадавших;
- ◆ определения тяжести состояния и характера ранения (повреждения, поражения) раненых и пострадавших;
- ◆ маркировки раненых и пострадавших на поле боя;
- ◆ ретрансляции сигналов основных показателей жизнедеятельности раненых и пострадавших;
- ◆ оказания помощи раненым и пораженным на поле боя;
- ◆ извлечения (экстракции) раненых и пораженных и их защиты от прямого воздействия огневых средств поражения противника, очагов заражения;
- ◆ оказания помощи раненым и пораженным во внутреннем пространстве робота;
- ◆ доставки специализированных комплектов медицинского имущества.

Представляется, что в области создания военно-медицинской робототехники именно проекты по разработке модулей полезной военно-медицинской нагрузки для МедРТС ВН могут стать приоритетными направлениями исследований для Национального центра развития технологий и базовых элементов робототехники, созданного Указом Президента Российской Федерации от 16 декабря 2015 г. № 623.

Модули полезной военно-медицинской нагрузки для МедРТС ВН, предназначенных для работы в различных средах, должны создаваться на основании единых технологических решений, что приведет к оптимизации разработок робототехнических средств, а также унификации их узлов и программного обеспечения, однако, с несомненным учетом условий функционирования на земле и в воздухе. По результатам проведения испытаний модернизированных робототехнических комплексов с одним или несколькими модулями полезной военно-медицинской нагрузки в различных сочетаниях должен быть проведен отбор наиболее оптимальных технологических решений для их реализации на следующем этапе, т.е. при создании многофункциональных МедРТС ВН, а также принято решение об их принципиальной необходимости.

В результате планирования должно быть сформировано семейство многофункциональных МедРТК ВН в составе медицинской роботизированной системы военного назначения, состоящее из робототехнических средств различной типаж-

ности, различных масса-габаритных характеристик, каждый из которых обладает определенным набором качеств в выполнении какой-либо конкретной задачи медицинского обеспечения группировки войск (сил) в различных условиях ведения боевых действий [2, 12, 13].

Примером разработки подобных робототехнических комплексов может служить создание Исследовательским центром телемедицины и передовых технологий (TATRC, США) полевого прототипа роботизированной системы сбора и эвакуации раненых с поля боя (A Robotic System for Wounded Patient Extraction and Evacuation from Hostile Environments), состоящей из робота-сборщика (Robotic Extraction Vehicle – REX) и робота-эвакуатора (Robotic Evacuation Vehicle – REV) [2, 4, 12].

Специализированные медицинские РТК предназначены для решения ряда медицинских задач, таких как лечение раненых и пострадавших в удаленном или автоматизированном режимах путем управления устройствами интенсивной терапии и мониторинга, проведение диагностических исследований в удаленном режиме, проведение хирургических вмешательств или ассистирование при них в удаленном режиме, автоматизация стандартных простых манипуляций, требующих участия среднего медицинского персонала, проведение реабилитационных мероприятий с использованием технологий биологической обратной связи.

В этой группе комплексов можно выделить диагностические робототехнические системы медицинских подразделений кораблей, полевых и стационарных госпиталей, системы для проведения хирургических вмешательств, системы лечения и ухода за ранеными и больными, роботизированные системы (типа экзоскелет) медицинского назначения, роботизированные реабилитационные системы, робототехнические средства обучения, в том числе с применением симуляционных технологий для нужд военной медицины [14, 15, 16].

Актуальность создания роботизированных хирургических комплексов, в частности, обусловлена, с одной стороны, повышением требований к качеству выполняемых хирургических манипуляций а, с другой стороны, появлением в робототехнике и мехатронике новых технологий, позволяющих эти требования реализовать [17, 18].

Основная идея развития дистанционной военной хирургии заключается в доставке тяжелораненого сразу после оказания первой помощи в мобильный медицинский комплекс, оснащенный (в идеале) устройствами для выполнения необходимых диагностических процедур (осмотр, УЗИ, рентгеноскопия, анализ крови) и оказания медицинской помощи (от инъекции необходимых препаратов до выполнения хирургических вмешательств под наркозом). Мобильный медицинский комплекс в данном случае должен быть максимально приближен к месту боестолкновения, в то время как хирург с управляющим компьютерным комплексом находится в тыловом районе. Однако применение роботохирургических комплексов для оказания медицинской помощи раненым на этапах эвакуации имеет значительную специфику и при всей актуальности остается малоизученным [19].

Развитие роботохирургии зачастую идет параллельно с совершенствованием телемедицинских технологий, что обусловлено объективным стремлением достичь возможности проводить оперативное лечение, управляя роботизированным комплексом на определенном (иногда весьма значительном) удалении хирурга-оператора от пациента. К примеру, в развитие данного направления исследований NASA организовало несколько подводных экспедиций, в ходе которых в условиях батискафа проведены испытания телеуправляемых хирургических роботов, ориентируясь на дальнейшее использование полученных результатов в космической и военной медицине [20].

При рассмотрении перспектив создания, развития и применения военно-медицинской робототехники считается крайне необходимым учитывать вопросы опережающего (параллельного) развития технологий и средств медико-технического оснащения военнослужащих, а также технических средств медицинской службы. Таким образом, в сферу компетенции Национального центра развития технологий и базовых элементов робототехники могут войти, в том числе, и исследования по разработке и созданию следующих технологий и средств:

- ◆ единой универсальной медицинской роботизированной (автоматизированной) платформы с открытой модульной архитектурой для обеспечения эвакуации раненых, пострадавших, больных и пораженных различной степени тяжести с системой дистанционного мониторинга и лечения на этапах эвакуации;
- ◆ подсистемы управления медицинским обеспечением в единой системе управления тактического звена;
- ◆ технологии дистанционного мониторинга функционального состояния организма;
- ◆ технология интеллектуальной контейнеризации для доставки военно-медицинских грузов техническими средствами медицинской службы.

Представляется чрезвычайно важной создание многофункциональной роботизированной медицинской системы для проведения медицинской эвакуации раненых, больных и пораженных в тяжелом состоянии на наземных, морских и воздушных носителях. Зарубежный и отечественный опыт показывает, что по современным требованиям дополнительно к оборудованию стандартных эвакуационных платформ такая перевозка требует большого количества вспомогательного навесного оборудования, что значительно усложняет отслеживание всех параметров, задействуя до девяти медицинских специалистов на одного раненого.

Автоматизация поддержания витальных функций раненого в ходе эвакуации, базирующаяся на объединении медицинских и робототехнических технологий, является весьма перспективным научным направлением. Создание такого комплекса актуально не только в интересах военной медицины, но и в равной степени медицины катастроф и гражданского здравоохранения.

Выводы. В сложившихся военно-политических и социально-экономических условиях задача поиска и применения новых эффективных организационных форм медицинского обеспечения частей и подразделений в бою становится все более актуальной.

Одним из возможных направлений решения данной задачи может стать использование медицинских робототехнических средств. Разработка медицинской робототехники в интересах медицинской службы ВС РФ должна носить системный характер и предполагать создание медицинских робототехнических средств военного назначения для войскового звена, специализированных медицинских робототехнических комплексов для этапов медицинской эвакуации, а также опережающее (параллельное) развитие медико-технического оснащения военнослужащих и технических средств медицинской службы.

Представляется, что формирование научно-технического задела, способного дать значительный толчок в области создания и развития военно-медицинской робототехники, может стать приоритетным направлением исследований недавно созданного Национального центра развития технологий и базовых элементов робототехники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чиркин В.В.* Состояние и перспективы развития наземных средств военной робототехники Сухопутных войск // Федеральный справочник. Оборонно-промышленный комплекс: информационно-аналитическое издание; Т.9. – М.: НП «Центр стратегического партнерства», 2013. – С. 161-164.
2. *Жигалов А.А., Юдин А.Б.* Перспективный облик медицинского робототехнического комплекса военного назначения для эвакуации раненых и пострадавших с поля боя // Актуальные проблемы развития технических средств медицинской службы: Материалы Юбилейной Всеармейской научно-практической конференции / под общей ред. профессора С.В. Чепура и профессора И.А. Шперлинга. Т. 1. – СПб.: Изд-во «СК-Вектор», 2015. – С. 179-181.
3. *Фисун А.Я.* Медицинское обеспечение Вооруженных Сил Российской Федерации: состояние и пути совершенствования // Военно-медицинский журнал. – 2014. – № 1 (335). – С. 4-16.
4. *Голота А.С., Ивченко Е.В., Крассий А.Б., Кувакин В.И., Солдатов Е.А.* Разработка медицинских роботов поля боя в вооруженных силах США // Военно-медицинский журнал. – 2014. – № 4. – С. 65-67.
5. *Жигалов А.А.* Основные направления развития медицинской робототехники в Вооруженных Силах Российской Федерации // Сборник докладов и выступлений научно-деловой программы Международного военно-технического форума «АРМИЯ-2015» и международной выставки «День инноваций Министерства обороны Российской Федерации 2015». – М., 2015. – С. 161-165.
6. Surgical robot da Vinci scrutinized by FDA after deaths, other surgical nightmares // The NY Daily News. 9 April 2013. URL: <http://www.nydailynews.com/life-style/health/surgical-robot-scrutinized-fda-deaths-nightmares-article-1.1311447>.
7. Робототехнические средства, комплексы и системы военного назначения: Методические рекомендации. – М.: ГНИИЦ РТ МО РФ, 2014. – 36 с.
8. *Старииков С.М., Жигалов А.А.* Робототехнические технологии оказания медицинской помощи // Военно-медицинский журнал. – 2015. – № 9 (336). – С. 93-95.
9. *Юдин А.Б., Чепур С.В., Шестаков С.В.* Использование робототехники в интересах медицинской службы Вооруженных сил // Военно-медицинский журнал. – 2013. – № 6 (334). – С. 49-53.
10. Робототехнические комплексы военного и двойного назначения: Справочные материалы. – 2-е изд., перераб. и доп. / под общей ред. Донченко А.А. – М.: ГНИИЦ РТ, 2015. – 298 с.
11. *Яковлев С.В.* Повышение эффективности лечебно-эвакуационных мероприятий с использованием робототехнических комплексов в войсковом звене медицинской службы: дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 2009. – 250 с.
12. A Robotic System for Wounded Patient Extraction and Evacuation from Hostile Environments // Telemedicine and Advanced Technology Research Center. URL: http://www.tatrc.org/ports/robotics/docs/AUVSI_RPR.pdf (дата обращения: 24.02.2014).
13. Nightingale. Feasibility of UAV Technology for Casualty Evacuation and Related Missions // Telemedicine and Advanced Technology Research Center. – 6 p. URL: http://www.tatrc.org/ports/robotics/docs/Nightingale_UAS.pdf (дата обращения: 24.02.2014).
14. *Архипов М.В., Головин В.Ф., Журавлев В.В.* Обзор состояния робототехники в восстановительной медицине // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2011. – № 8. – С. 42-50.
15. *Краевский С.В., Рогаткин Д.А.* Медицинская робототехника: первые шаги медицинских роботов // Технологии живых систем. – 2010. – Т. 7, № 4. – С. 3-14.
16. *Кубышкин В.А., Гориков М.Д.* Российское общество симуляционного обучения в медицине: Доклад на первом съезде Российского общества симуляционного обучения в медицине. Москва, 27–28 сентября 2012 г. URL: <http://www.nacmedpalata.ru/?action=show&id=10138>.
17. Соповещения по вопросам развития медицинской промышленности под председательством Председателя Правительства Д.А. Медведева от 12 сентября 2012 г.: Стенограмма. <http://archive.government.ru/special/docs/20702/>.
18. *Шевченко Ю.Л.* От Леонардо Да Винчи к роботу «Да Винчи» // Вестн. Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. – 2012. – Т. 7, № 1. – С. 15-20.

19. Самохвалов И.М., Головки К.П., Сохранов М.В., Пичугин А.А. Перспективы реализации концепции дистанционной роботохирургии в современной военной медицине // Материалы VII-го Международного симпозиума «Экстремальная робототехника – робототехника для работы в условиях опасной окружающей среды» (7th IARP RISE-ER'2013) 2-3 октября 2013. – СПб., 2013. – С. 187.
20. Doarn CR. Evaluation of teleoperated surgical robots in an enclosed undersea environment / Doarn CR, Anvari M, Low T, Broderick TJ // *Telemed J E Health* – 2009. – Vol. 15 (4). – P. 325-335.

REFERENCES

1. Chirkin V.V. Sostoyanie i perspektivy razvitiya nazemnykh sredstv voennoy robototekhniki Sukhoputnykh voysk [The state and prospects of development of ground facilities, military robotics Heer], *Federal'nyy spravochnik. Oboronno-promyshlennyy kompleks: informatsionno-analiticheskoe izdanie* [Federal reference book. The military-industrial complex: information and analytical edition]; Vol. 9. Moscow: NP «Tsentr strategicheskogo partnerstva», 2013, pp. 161-164.
2. Zhigalov A.A., Yudin A.B. Perspektivnyy oblik meditsinskogo robototekhnicheskogo kompleksa voennogo naznacheniya dlya evakuatsii ranenyykh i postradavshikh s polya boya [A promising form of medical robotic systems for military purposes for the evacuation of wounded and injured from the battlefield], *Aktual'nye problemy razvitiya tekhnicheskikh sredstv meditsinskoy sluzhby: Materialy Yubileynoy Vsearmeyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Actual problems of development of technical means of medical service: Materials of the Jubilee all-Army scientific-practical conference], Ed. by prof. S.V. Chepura and prof. I.A. Shperlinga. Vol. 1. St. Petersburg: Izd-vo «SK-Vektor», 2015. pp. 179-181.
3. Fisun A.Ya. Meditsinskoe obespechenie Vooruzhennykh Sil Rossiyskoy Federatsii: sostoyanie i puti sovershenstvovaniya [Medical support of the Armed Forces of the Russian Federation: state and ways of improvement], *Voенно-медитсинский журнал* [Military medical journal], 2014, No. 1 (335), pp. 4-16.
4. Golota A.S., Ivchenko E.V., Krassiy A.B., Kuvakin V.I., Soldatov E.A. Razrabotka meditsinskikh robotov polya boya v vooruzhennykh silakh SShA [The development of medical robots of the battlefield, the U.S. armed forces], *Voенно-медитсинский журнал* [Military medical journal], 2014, No. 4, pp. 65-67.
5. Zhigalov A.A. Osnovnye napravleniya razvitiya meditsinskoy robototekhniki v Vooruzhennykh Silakh Rossiyskoy Federatsii [The main directions of development of medical robotics in the Armed Forces by the Russian Federation], *Sbornik dokladov i vystupleniy nauchno-delovoy programmy Mezhdunarodnogo voенно-tekhnicheskogo foruma «ARMY-2015» i mezhdunarodnoy vystavki «Den' innovatsiy Ministerstva oborony Rossiyskoy Federatsii 2015»* [the Collection of reports and presentations of scientific and business program of the International military-technical forum "ARMY-2015" and the international exhibition "innovation Day of the Ministry of defence of the Russian Federation in 2015"]. Moscow, 2015, pp. 161-165.
6. Surgical robot da Vinci scrutinized by FDA after deaths, other surgical nightmares, *The NY Daily News*. 9 April 2013. Available at: <http://www.nydailynews.com/life-style/health/surgical-robot-scrutinized-fda-deaths-nightmares-article-1.1311447>.
7. Robototekhnicheskie sredstva, komplekсы i sistemy voennogo naznacheniya: Metodicheskie rekomendatsii [Robotic tools, systems and complexes for military purposes: Methodological recommendations]. Moscow: GNIITs RT MO RF, 2014, 36 p.
8. Starikov S.M., Zhigalov A.A. Robototekhnicheskie tekhnologii okazaniya meditsinskoy pomoshchi [Robotic technologies of rendering of medical aid], *Voенно-медитсинский журнал* [Military medical journal], 2015, No. 9 (336), pp. 93-95.
9. Yudin A.B., Chepur S.V., Shestakov S.V. Ispol'zovanie robototekhniki v interesakh meditsinskoy sluzhby Vooruzhennykh sil [The use of robotics in the interests of the medical service of the Armed forces], *Voенно-медитсинский журнал* [Military medical journal], 2013, No. 6 (334), pp. 49-53.
10. Robototekhnicheskie komplekсы voennogo i dvoynogo naznacheniya: Spravochnye materialy [Rbotic systems for military and dual-purpose: Reference]. 2nd ed. Ed. By Donchenko A.A. Moscow: GNIITs RT, 2015, 298 p.

11. *Yakovlev S.V.* Povyshenie effektivnosti lechebno-evakuatsionnykh meropriyatiy s ispol'zovaniem robototekhnicheskikh kompleksov v voyskovom zvene meditsinskoj sluzhby: dis. ... kand. med. nauk [Improving the efficiency of medical-evacuation actions with the use of robotic systems in military medical link service: cand. of med. sc. diss.]. St. Petersburg, 2009, 250 p.
12. A Robotic System for Wounded Patient Extraction and Evacuation from Hostile Environments, *Telemedicine and Advanced Technology Research Center*. Available at: http://www.tatrc.org/ports/robotics/docs/AUVSI_RPR.pdf (accessed: 24 February 2014).
13. Nightingale. Feasibility of UAV Technology for Casualty Evacuation and Related Missions, *Telemedicine and Advanced Technology Research Center*, 6 p. Available at: http://www.tatrc.org/ports/robotics/docs/Nightingale_UAS.pdf (accessed: 24 February 2014).
14. *Arhipov M.V., Golovin V.F., Zhuravlev V.V.* Obzor sostoyaniya robototekhniki v vosstanovitel'noy meditsine [An overview of the status of robotics in restorative medicine], *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie* [Mechatronics, Automation, Control], 2011, No. 8, pp. 42-50.
15. *Kraevskiy S.V., Rogatkin D.A.* Meditsinskaya robototekhnika: pervye shagi meditsinskikh robotov [Medical robotics, medical robots], *Tekhnologii zhivyykh sistem* [Technology of living systems], 2010, Vol. 7, No. 4, pp. 3-14.
16. *Kubyshev V.A., Gorshkov M.D.* Rossiyskoe obshchestvo simulyatsionnogo obucheniya v meditsine: Doklad na pervom s"ezde Rossiyskogo obshchestva simulyatsionnogo obucheniya v meditsine. Moskva, 27-28 sentyabrya 2012 g [Russian society for simulation education in medicine: Report on the first Congress of Russian society of simulation education in medicine. Moscow, 27-28 September 2012]. Available at: <http://www.nacmedpalata.ru/?action=show&id=10138>.
17. Soveshchaniya po voprosam razvitiya meditsinskoj promyshlennosti pod predsedatel'stvom Predsedatelya Pravitel'stva D.A. Medvedeva ot 12 sentyabrya 2012 g.: Stenogramma [Meeting on the development of medical industry, under the chairmanship of Prime Minister D.A. Medvedev on September 12, 2012: Transcript]. Available at: <http://archive.government.ru/special/docs/20702/>.
18. *Shevchenko Yu.L.* Ot Leonardo Da Vinchi k robotu «Da Vinchi» [From Leonardo Da Vinci to the robot "Da Vinci"], *Vestn. Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo tsentra im. N.I. Pirogova* [Proceedings of the National medico-surgical center N.I. Pirogov], 2012, Vol. 7, No. 1, pp. 15-20.
19. *Samokhvalov I.M., Golovko K.P., Sokhranov M.V., Pichugin A.A.* Perspektivy realizatsii kontseptsii distantsionnoy robotokhirurgii v sovremennoy voennoy meditsine [The prospects of implementing the concept of remote robotic surgery in modern military medicine], *Materialy VII-go Mezhdunarodnogo simpoziuma «Ekstremalnaya robototekhnika – robototekhnika dlya raboty v usloviyakh opasnoy okruzhayushchey sredy» (7th IARP RISE-ER'2013) 2-3 oktyabrya 2013* [Materials of VII-th International Symposium "Extreme robotics – robotics for work in the conditions dangerous for the environment" (7th IARP RISE-ER'2013) October 2-3, 2013]. St. Petersburg, 2013, pp. 187.
20. *Doarn CR.* Evaluation of teleoperated surgical robots in an enclosed undersea environment / Doarn CR, Anvari M, Low T, Broderick TJ, *Telemed J E Health*, 2009, Vol. 15 (4), pp. 325-335.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор М.Ю. Медведев.

Солдатов Евгений Александрович – Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова; e-mail: gunid@mil.ru; 194044, г. Санкт-Петербург ул. Лебедева, 6; тел.: 88122923448; д. мед. н.; доцент; полковник медицинской службы; профессор кафедры организации и тактики медицинской службы.

Юдин Андрей Борисович – Научно-исследовательский испытательный центр Государственного научно-исследовательского испытательного института военной медицины Министерства обороны Российской Федерации; e-mail: gunid@mil.ru; 195043, г. Санкт-Петербург ул. Лесопарковая, 4; тел.: 88125273961; к. мед. н.; полковник медицинской службы; начальник.

Жигалов Александр Анатольевич – Главное управление научно-исследовательской деятельности и технологического сопровождения передовых технологий (инновационных исследований) Министерства обороны Российской Федерации; e-mail: gunid@mil.ru; 119160, г. Москва; тел.: 84953335469; подполковник медицинской службы; главный эксперт отдела.

Стариков Сергей Михайлович – канд. мед. наук, полковник медицинской службы; начальник отдела.

Soldatov Yevgeniy Aleksandrovich – Military-Medical Academy named after S.M. Kirov; e-mail: gunid@mil.ru; 194044, St. Petersburg, Lebedeva 6; phone: +78122923448; honored doctor of Russian Federation, assistant professor; colonel of medical corps; professor.

Yudin Andrey Borisovich – State scientific-research experimental institute of military medicine of Ministry of Defense of Russian Federation; e-mail: gunid@mil.ru; 195043, St. Petersburg, Lesoparkovaya, 4; phone: +78125273961; cand. of med. sc.; colonel of medical corps; center head.

Zhigalov Aleksandr Anatolevich – Headquarters of scientific-research activity and technological accompaniment of advanced technologies (innovation researches) of Ministry of Defense of Russian Federation; e-mail: gunid@mil.ru; 119160, Moscow; phone: +74953335469; lieutenant colonel of medical corps; chief expert.

Starikov Sergey Mikhaylovich – cand. of med. sc.; colonel of medical corps, head of department.

УДК 621.371

А.В. Шевырев, Ю.В. Невзоров, П.Н. Пименов, И.А. Фомина, С.А. Пронин

**АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ
В УСЛОВИЯХ ПРЕДНАМЕРЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЕРХКОРОТКИХ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ**

Приведен краткий обзор достижений в области робототехники национального и мирового уровня. Указаны основные сферы применения робототехнических комплексов и перспективы развития. Приведены примеры робототехнических комплексов некоторых видов, как воздушных, так и наземного базирования, предназначенных для выполнения широкого спектра задач двойного назначения. Раскрыта проблема необходимости обеспечения устойчивого функционирования комплексов в условиях преднамеренного электромагнитного воздействия. Отдельным видом электромагнитного воздействия выделено сверхкороткоимпульсное электромагнитное излучение. Указаны его отличительные поражающие способности. Указаны механизм воздействия такого импульса на средства обработки информации. Приведена сравнительная оценка влияния на средства узкополосной, широкополосной и сверхширокополосной радиосвязи. Приведен обзор нормативных документов, регламентирующих требования к устойчивости, методам испытаний, положения по защите средств автоматизированных систем, а также требования к средствам обнаружения и средствам защиты от преднамеренного электромагнитного воздействия. Раскрыта необходимость проведения испытаний робототехнических комплексов на воздействие сверхкороткоимпульсного электромагнитного излучения. Представлено описание, разработанного в АО «МНИРТИ», комплекса воздействия сверхкороткоимпульсного электромагнитного излучения, который предназначен для проведения испытаний на преднамеренное электромагнитное воздействие такого вида. Указаны характеристики и особенности построения комплекса воздействия. Комплекс воздействия позволяет определять критичные параметры поля при блокировании и искажении обрабатываемой информации, а также при физическом повреждении элементов в устройствах обработки данных и информационно-командных системах, за счет возможности гибкого изменения амплитуды воздействующего поля и частоты следования импульсов при одновременном измерении поля в точке воздействия.

Робототехнические комплексы; сверхкороткий электромагнитный импульс; устойчивость функционирования; защита