

На правах рукописи



ШЕРСТНЕВ Владислав Вадимович

**ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА
ГЕТЕРОГЕННОЙ ГРУППЫ БЕСПИЛОТНЫХ
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ
ДЛЯ МЕДИЦИНЫ КАТАСТРОФ**

Специальности:

**2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы
(технические науки)**

**2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения
(технические науки)**

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ПЕНЗА – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пензенский государственный университет» на кафедре «Информационно-измерительная техника и метрология».

- Научный руководитель –** доктор технических наук, профессор
Бодин Олег Николаевич
- Научный консультант –** кандидат технических наук, доцент
Безбородова Оксана Евгеньевна
- Официальные оппоненты:** **Львов Алексей Арленович,**
доктор технических наук, профессор,
Саратовский государственный технический
университет им. Гагарина Ю. А.
(г. Саратов), профессор кафедры
«Радиоэлектроника и телекоммуникации»;
Мельник Ольга Владимировна,
доктор технических наук, доцент,
Рязанский государственный
радиотехнический университет
им. В. Ф. Уткина (г. Рязань), профессор
кафедры «Информационно-измерительная
и биомедицинская техника»
- Ведущая организация –** федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего обра-
зования «Ковровская государственная техно-
логическая академия им. В. А. Дегтярева»
(ФГБОУ ВО «КГТА им. Дегтярева»),
г. Ковров, Владимирская обл.

Защита состоится 18 мая 2023 г., в ____ часов, на заседании диссертационного совета 24.2.357.01 в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пензенский государственный университет» по адресу: 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет» и на сайте http://dissov.pnzgu.ru/ecspertiza/Tehnicheskie_nauki/sherstnev

Автореферат разослан «____» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Светлов Анатолий Вильевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из важнейших научно-практических направлений, ориентированных на минимизацию последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), является медицина катастроф. Основным аспектом при проведении спасательных работ является спасение пострадавших и оказание им медицинской помощи в кратчайшие сроки: это помогает избежать критичных последствий для их здоровья и повышает шансы на благоприятный исход.

Анализ ликвидации последствий ЧС в мире нередко показывает недостатки в организации оказания медицинской помощи: неготовность учреждений к массовым потокам пострадавших, невыполнение принципов медицинской сортировки пострадавших как при оказании им медицинской помощи, так и при их эвакуации и, как следствие, недостаток соответствующего действительности учета пострадавших и неупорядоченное оказание медицинской помощи. До появления медицинского персонала не доживает 48 % пострадавших, из которых 35 % погибают в течение первых трех часов с момента получения травмы. Вероятность спасения жизни человека, находящегося в состоянии клинической смерти до трех минут, составляет около 75 %; при увеличении данного промежутка времени до пяти минут вероятность спасения снижается втрое.

Кроме того, при локализации и ликвидации ЧС должна обеспечиваться безопасность личного состава спасательного формирования (СФ) настолько, насколько это возможно. Большинство операций на местности выполняются спасателями непосредственно, что сопряжено с риском попадания спасателей и врачей под воздействие поражающих факторов источников ЧС.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в развитие принципов медицинской сортировки, а также в методологию оценки тяжести травмы внесли D. J. Larrey, Н. И. Пирогов, Т. J. Hodgetts, М. В. Казначеев, П. Г. Брюсов, Е. Г. Григорьев, Е. К. Гуманенко, И. М. Панасюк и др.; исследованием зависимости последствий получения травмы от времени начала оказания медицинской помощи (в том числе исследованием концепции «золотого часа») занимались R. Adams Cowley, С. М. Горбачева, Ю. В. Толмосов, Л. В. Писаренко и др. Вопросы, касающиеся медицины катастроф и медицинской эвакуации, исследовали Н. Н. Баранова, В. И. Потопов и др.

В тех условиях, когда расстояние является критическим фактором (в частности, при локализации и ликвидации последствий ЧС), применяются мобильные телемедицинские комплексы (МТМК), такие как зарубежный Tele-Clinic компании AMD Global Telemedicine, отечественные ICLMed, «Арнелан», МТМК, монтируемые на автомобильные шасси и др. Однако современные МТМК помимо оборудования для организации обмена медицинской информацией включают лишь минимальный набор инструментов для оказания медицинской помощи, что является критически важным в условиях ЧС.

При выполнении наиболее опасных операций спасательных работ используются робототехнические средства. Так, известны роботы Battlefield Extraction Assist Robot, Bloodhound, SAVER, предназначенные для поиска и спасения

пострадавших. Тем не менее, все они являются наземными, их проходимость и скорость перемещения ограничены по сравнению с воздушными судами. В свою очередь, для эвакуации могут использоваться беспилотные Cormorant (Израиль), DP-14 Hawk (США), однако их функционал в отслеживании состояния пострадавшего и оказания ему помощи непосредственно в полете существенно ограничены. Такие беспилотные воздушные суда (БВС), как Autel Evo II Dual, DJI Mavic 2 Enterprise Dual, Yuneec H520 оснащены тепловизионными камерами, однако не имеющие оборудования, позволяющего обнаружить человека за оптически непрозрачными преградами.

Для оказания медицинской помощи представляется целесообразным оснастить БВС манипулятором. Так, известно PD6B-AW-ARM, оснащенное двумя манипуляторами. При этом судно должно нести на борту набор средств, позволяющих провести хотя бы элементарные операции по оказанию медицинской помощи, а PD6B-AW-ARM, в свою очередь, может выполнять лишь однотипные операции по перемещению предметов.

Известен также аппаратно-программный комплекс (АПК) управления силами и средствами при ликвидации ЧС «Спасатель», используемый в большинстве своем в качестве средства координации действий спасателей и обеспечивающий поиск пострадавших, при этом, однако, не имеющий в своем составе средств оказания медицинской помощи.

Таким образом, с учетом обозначенной проблематики актуальность темы заключается в необходимости совершенствования существующих МТМК, робототехнических средств и АПК управления проведением спасательных работ, выражающегося в повышении оперативности оказания медицинской помощи пострадавшим и обеспечения безопасности личного состава СФ за счет разработки новых технических средств и информационно-управляющих систем.

Цель и задачи работы. Целью работы является разработка информационно-управляющей системы гетерогенной группы беспилотных воздушных судов для обеспечения практической сферы деятельности медицины катастроф.

В соответствии с поставленной целью определены следующие основные задачи диссертации:

1. Проведение *анализа* существующих способов и средств проведения спасательных работ с оказанием медицинской помощи и определение путей их совершенствования.
2. Разработка *структуры* информационно-управляющей системы гетерогенной группы беспилотных воздушных судов для обеспечения практической сферы деятельности медицины катастроф.
3. Разработка *алгоритма* управления движением беспилотных воздушных судов с учетом навигационных данных и данных о пострадавших.
4. Разработка *средств* удаленного оказания медицинской помощи пострадавшим непосредственно в зоне чрезвычайной ситуации.
5. Проведение *оценки* сердечной деятельности пострадавшего с возможностью выявления и определения вида нарушения сердечного ритма.

6. Имитационное *моделирование* информационно-управляющей системы гетерогенной группы беспилотных воздушных судов для обеспечения практической сферы деятельности медицины катастроф.

Объектом исследования является информационно-управляющая система гетерогенной группы беспилотных воздушных судов для обеспечения практической сферы деятельности медицины катастроф.

Предметом исследования являются элементы структуры, математическое, алгоритмическое, программное и аппаратное обеспечение информационно-управляющей системы гетерогенной группы беспилотных воздушных судов для оценки и коррекции текущего состояния здоровья.

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовались методы теории информационных систем и баз данных; медицины катастроф; методы цифровой обработки сигналов; электрокардиографии; а также теории алгоритмов, прикладного программирования, компьютерного моделирования.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Предложена оригинальная структура информационно-управляющей системы группы беспилотных воздушных судов для оказания медицинской помощи в условиях чрезвычайной ситуации, отличающаяся гетерогенным составом группы и позволяющая сократить время ожидания медицинской помощи, а также освободить личный состав спасательных формирований от непосредственного присутствия в месте проведения спасательных работ (специальность 2.2.11, п. 2).

2. Разработан алгоритм управления движением беспилотных воздушных судов в зоне чрезвычайной ситуации на основе измерения параметров движения, отличающийся использованием данных о пострадавших и позволяющий обеспечить своевременность оказания медицинской помощи и безопасность движения гетерогенной группы беспилотных воздушных судов (специальность 2.2.11, п. 3).

3. Предложена медицинская система удаленной коррекции состояния здоровья пострадавшего, отличающаяся наличием манипулятора и набора средств медицинского назначения на борту беспилотного воздушного судна и позволяющая оказать медицинскую помощь пострадавшему по результатам оценки текущего состояния органов и систем его организма (специальность 2.2.12, пп. 9, 12).

4. Предложен новый способ выявления жизнеугрожающего состояния пострадавшего, отличающийся определением вида нарушения сердечного ритма и позволяющий определить средства оказания медицинской помощи в ходе эвакуации пострадавшего (специальность 2.2.12, п. 16).

Положения, выносимые на защиту:

1. Информационно-управляющая система гетерогенной группы беспилотных воздушных судов обеспечивает сокращение времени ожидания медицинской помощи и обеспечивает минимальное задействование личного состава спасательных формирований при проведении спасательных работ (патент РФ № 2694528, патент РФ № 2756032) (специальность 2.2.11, п. 2).

2. Алгоритм управления движением беспилотных воздушных судов в зоне чрезвычайной ситуации обеспечивает своевременное оказание медицинской помощи пострадавшим и безопасность движения гетерогенной группы беспилотных воздушных судов (патент РФ № 2756032, свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019665492) (специальность 2.2.11, п. 3).

3. Медицинская система удаленной коррекции состояния здоровья позволяет посредством манипулятора и набора средств медицинского назначения на борту беспилотного воздушного судна оказать пострадавшему медицинскую помощь (патент РФ № 2762052) (специальность 2.2.12 пп. 9, 12).

4. Способ выявления жизнеугрожающего состояния пострадавшего позволяет определить средства оказания ему медицинской помощи на основании определенного вида нарушения сердечного ритма (патент РФ № 2775688) (специальность 2.2.12, п. 16).

Практическая значимость работы:

Предложенная информационно-управляющая система гетерогенной группы беспилотных воздушных судов обеспечивает:

- оперативное выполнение работ по спасению без риска для жизней спасателей;
- навигацию, управление силами и средствами спасательных формирований, учет и отслеживание местоположения объектов, обнаруживаемых в ходе проведения спасательных работ и влияющих на работу спасательных формирований;
- мониторинг состояния здоровья пострадавших в зоне чрезвычайной ситуации и оказание медицинской помощи.

Достоверность результатов подтверждается использованием современных методов исследования, сопоставлением результатов с ранее опубликованными, а также обеспечивается корректным использованием математического аппарата, имитационным моделированием и экспериментальными исследованиями разработанной информационно-управляющей системы, подтверждающими основные теоретические положения работы и не противоречащими известным знаниям в данной области исследований.

Апробация работы. Результаты работы апробировались на Международной научно-технической конференции «Шляндинские чтения» (Пенза, 2018, 2019); XV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки» (Пенза, 2019); XI Всероссийской научно-технической конференции (Метрологическое обеспечение измерительных систем) (Пенза, 2019); Международной научно-практической конференции «Science and technology innovations» (Петрозаводск, 2019); Международном симпозиуме «Надежность и качество» (Пенза, 2019, 2020); XVI Международной научно-практической конференции (Актуальные проблемы науки) (Пенза, 2020); XXXIII Всероссийской научно-технической конференции «Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические

комплексы» (Рязань, 2020); 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM) (Ижевск, 2022); 23-м конгрессе Российского общества холтеровского мониторирования и неинвазивной электрофизиологии, 15-м Всероссийском конгрессе «Клиническая электрокардиология», VIII Всероссийской конференции детских кардиологов ФМБА России (Саранск, 2022); V Международном конгрессе, посвященном А. Ф. Самойлову, «Фундаментальная и клиническая электрофизиология. Актуальные вопросы аритмологии» (Казань, 2022).

Внедрение результатов работы. Результаты работы используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»; проходят апробацию в ГБУЗ «Клиническая больница № 6 им. Г. А. Захарьина» г. Пензы, ГБУ Пензенской области «Пензенский пожарно-спасательный центр».

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 32 работы, в том числе 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ по группе научных специальностей диссертации, 1 статья в издании, рекомендованном ВАК Минобрнауки по другим группам научных специальностей, 2 статьи, индексируемые SCOPUS, 1 монография, 10 патентов РФ на изобретения, 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Личный вклад заключается в выборе методов решения основных задач исследования, разработке предлагаемой информационно-управляющей системы, состава гетерогенной группы беспилотных воздушных судов, способа навигации, управления движением беспилотных воздушных судов и учета информации об обстановке в зоне чрезвычайной ситуации в зоне проведения спасательных работ, способа удаленного оказания медицинской помощи посредством манипулятора, конструкции манипулятора, способа проведения сердечно-легочной реанимации в ходе эвакуации пострадавшего, планировании и проведении экспериментальных исследований, анализе и интерпретации полученных результатов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных результатов, списка использованной литературы и двух приложений. Объем диссертации без учета приложений составляет 165 страниц, включая 64 рисунка, 8 таблиц, 2 приложения и списка литературы из 118 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель и задачи исследования, приведены общая характеристика и краткий обзор работы, показаны научная новизна и практическая ценность работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе проанализированы существующие средства проведения спасательных работ с оказанием медицинской помощи. Установлено, что они

не обеспечивают в полной мере своевременность и оперативность оказания медицинской помощи в ходе проведения спасательных работ. Большинство спасательных мероприятий требует непосредственного участия личного состава СФ, что влечет за собой риски для их жизней.

В рамках соблюдения основных принципов медицины катастроф требуется применение информационно-управляющей системы (ИУС), обеспечивающей управление средствами проведения спасательных работ, в том числе, оказания медицинской помощи пострадавшим с соблюдением следующих важнейших условий:

1. Медицинская помощь должна оказываться в кратчайшие сроки.
2. Оказание медицинской помощи должно осуществляться с минимальным задействованием личного состава СФ, по возможности – удаленно, но не в ущерб соблюдению первого условия.

Таким образом, настоящая работа сводится к достижению основной цели – разработке информационно-управляющей системы гетерогенной группы беспилотных воздушных судов вертикальных взлета и посадки. В ходе исследования автор предлагает решение задач, обеспечивающее функционирование разработанной ИУС (рисунок 1).

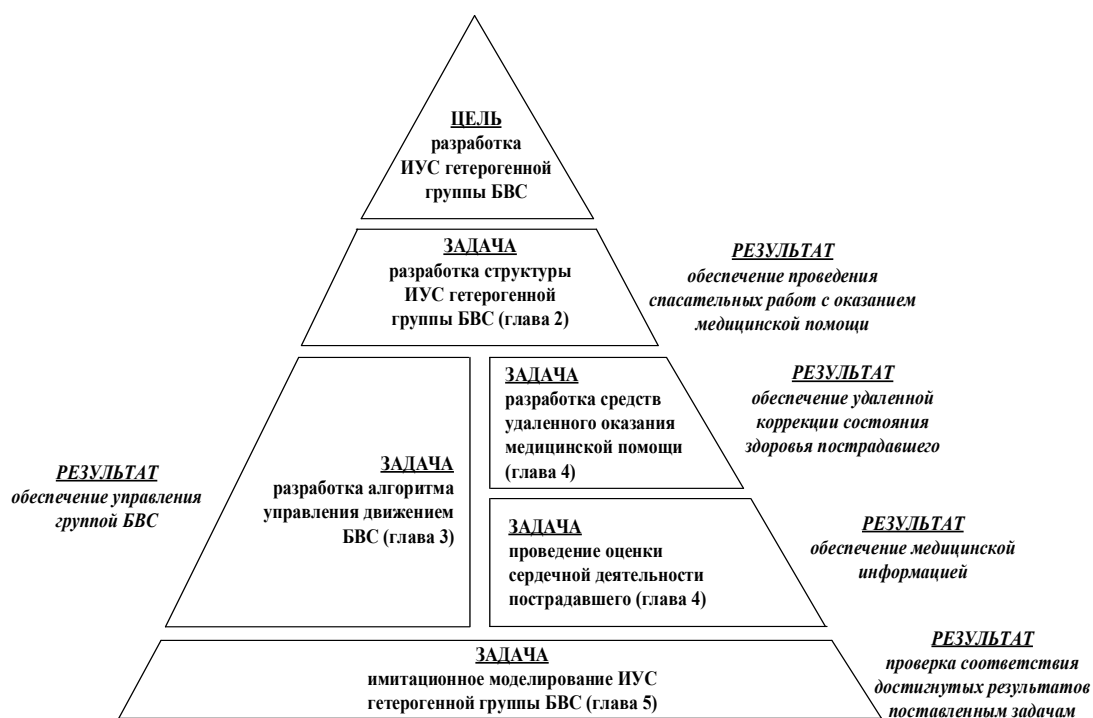


Рисунок 1 – Задачи исследования

Это разработка подсистемы навигации, управления движением и учета информации об обстановке в зоне ЧС как основного органа управления гетерогенной группой и, в частности, разработка алгоритма управления движением БВС (глава 3), разработка средств удаленного оказания медицинской помощи и получения информации о состоянии здоровья и оценки состояния здоровья

пострадавших, представленных в виде оборудования, размещаемого на БВС, и собственно, медицинской системы удаленной коррекции состояния здоровья (глава 4). Имитационное моделирование ИУС гетерогенной группы БВС направлено на подтверждение соответствия достигнутых результатов исследования поставленным задачам (глава 5).

Вторая глава посвящена обоснованию научной и структурной реализации информационно-управляющей системы гетерогенной группы беспилотных воздушных судов для проведения спасательных работ с оказанием медицинской помощи.

В ходе исследования разработана оригинальная, защищенная патентами РФ ИУС гетерогенной группы БВС, направленная на сохранение жизни и здоровья как пострадавших (путем своевременного оказания медицинской помощи), так и личного состава СФ путем минимального его задействования при проведении спасательных работ за счет его замены беспилотными устройствами, предлагаемыми БВС. Данные устройства представляют собой мультироторные суда вертолетного типа, что обеспечивает их высокую маневренность, возможность приближаться непосредственно к месту проведения той или иной операции спасательных работ, а также «неприхотливость» в поиске подходящей посадочной площадки.

Функционирование ИУС обеспечивается входящими в ее состав компонентами-подсистемами, приведенными на рисунке 2.

Состав гетерогенной группы подобран таким образом, чтобы обеспечить все наиболее важные этапы проведения спасательных работ: поиск и деблокирование пострадавших, минимизацию воздействия на них поражающих факторов ЧС, оказание им медицинской помощи и эвакуацию. Таким образом, группа включает следующие виды БВС:

БВС координационного назначения (БВС КН) представляет собой судно, оснащенное манипулятором, схват которого является зажимом, и перевозящее набор навигационных маяков, химических источников света для разметки путей движения, а также трекеры и средства связи (push-to-talk).

БВС поискового назначения (БВС ПН) – легкое судно, осуществляющее поиск и оценку состояния пострадавших, жизненно важных функций (ЖВФ). Для этого оно оснащено сверхширокополосным радаром, способным обнаружить человека за оптически непрозрачной преградой.

БВС медицинского назначения (БВС МН) – судно, конструкция и способ применения которого разработаны в рамках данного исследования и защищены патентом РФ. БВС оказывает медицинскую помощь посредством установленного на его борту манипулятора и набора подключаемых к манипулятору медицинских средств. Оператор-врач, или группа врачей, управляя пространственным положением манипулятора, а также подключенным к его схвату медицинского средства, выполняет ту или иную операцию по оказанию помощи (подача воды, медикаментов перорального приема, проведение инъ-

екций, остановка кровотечения быстросохнувшей пеной и др.). Предусматривается возможность отсоединения врачом, спасателем, пострадавшим (после отключения оператором БВС блокировки данной функции) вышеупомянутого оборудования от схвата манипулятора и самостоятельного его (оборудования) применения.

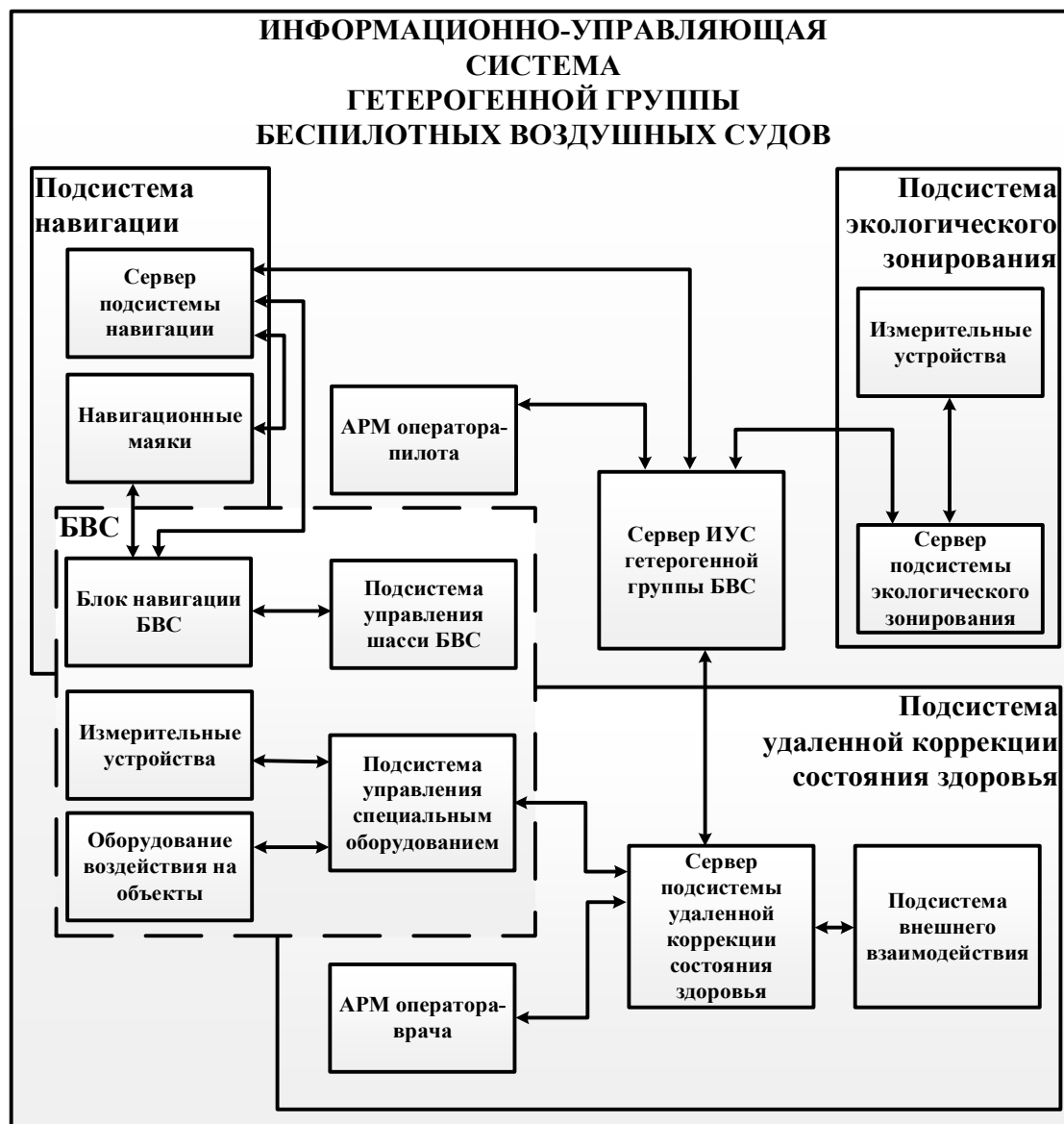


Рисунок 2 – Структура ИУС гетерогенной группы БВС

БВС эвакуационного назначения (БВС ЭвН) представляет собой судно с большой грузоподъемностью, оснащенное капсулой реанимации и жизнеобеспечения и осуществляющее вывоз транспортабельных пострадавших из зоны ЧС. В ходе эвакуации БВС ЭвН осуществляет мониторинг состояния пострадавшего (в том числе выявление и определение вида нарушения сердечного ритма), поддержание жизненно важных функций пострадавшего (с проведением при необходимости сердечно-легочной реанимации).

БВС экологического назначения (БВС ЭН) по своей конструкции идентично БВС медицинского назначения: оно оснащено манипулятором и кассетой, ячейки которой вмещают подсоединяемое к схвату манипулятора оборудование минимизации опасных для здоровья факторов источников ЧС – аварийно-спасательный инструмент, пожарно-технические средства, специальные приборы (радиационной и химической разведки и мониторинга окружающей среды). Кроме того, на борту данного БВС также имеются датчики-газоанализаторы, а грузовой отсек дополнительно укомплектован средствами индивидуальной защиты от радиационного, химического и биологического видов загрязнения.

На рисунке 3 приведены алгоритмы работы БВС в составе группы и сервера ИУС в ходе проведения спасательных работ.

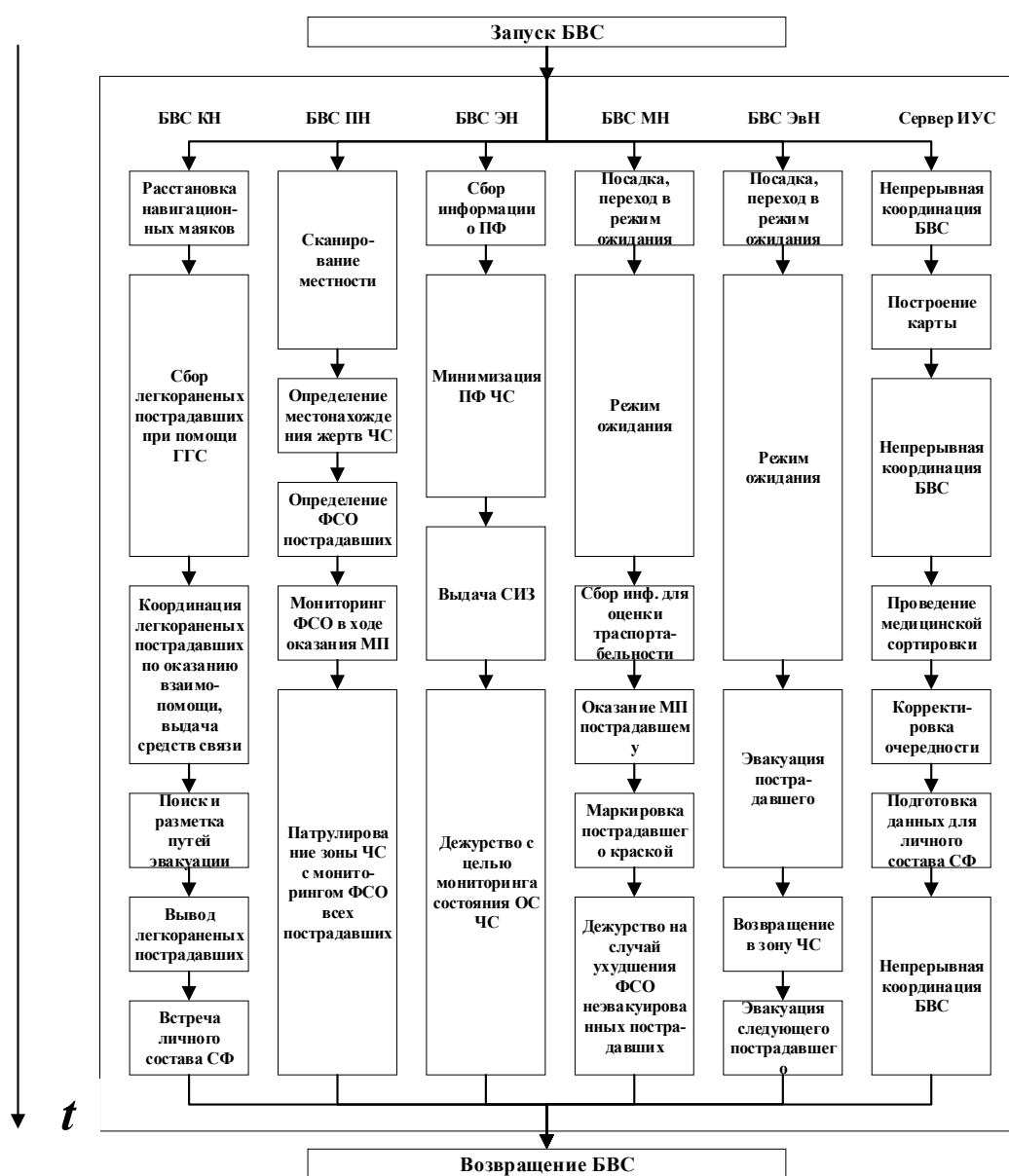


Рисунок 3 – Последовательность действий при проведении спасательных работ с использованием гетерогенной группы БВС

Данная схема показывает «многозадачность» группы: операции выполняются воздушными судами параллельно (причем движение БВС к местам выполнения своих задач осуществляется по возможным кратчайшим маршрутам), благодаря чему предложенная ИУС гетерогенной группы БВС **обеспечивает сокращение времени ожидания медицинской помощи и обеспечивает минимальное задействование личного состава СФ при проведении спасательных работ.**

В третьей главе предложен алгоритм управления движением БВС в зоне ЧС, основанный на использовании данных о пострадавших (их местонахождение, результаты их медицинской сортировки) и измерения параметров движения. Предложены меры обеспечения безопасности движения гетерогенной группы БВС.

ИУС гетерогенной группы БВС обеспечивает силы и средства СФ (здесь и далее – абоненты навигации), в том числе непосредственно БВС, непрерывно обновляемой цифровой картой зоны ЧС, содержащей актуальную информацию о местоположении ключевых объектов, от которых зависит проведение работ в зоне ЧС, а также о маршрутах движения сил и средств СФ. Определение позиции того или объекта осуществляется относительно навигационных маяков, размещаемых посредством БВС координационного назначения либо иными силами и средствами СФ, в прямоугольной системе координат. Непрерывное отслеживание объектов достигается тем, что они оснащаются блоками идентификации – устройствами, обменивающимися с навигационными маяками электромагнитными волнами радиоволнового либо оптического (инфракрасного) диапазона (выбор того или иного канала осуществляется в зависимости от условий проведения спасательных работ); местоположение неподвижных, но также важных для проведения спасательных работ объектов однократно отмечается на карте при их локализации (в ходе разведки зоны ЧС).

ИУС гетерогенной группы БВС также выполняет задачу по обеспечению безопасности полета судов путем расчета для каждого судна безопасной зоны, что способствует соблюдению безопасной дистанции между ним (судном) и тем или иным препятствием. В том случае, когда БВС зависло в воздухе, его зона безопасности (т.е. безопасной дистанции до любого препятствия) представляет собой сферу; при движении БВС, поскольку для изменения его скорости или траектории движения, вызванного появлением препятствия, требуется определенное время, «сфера» деформируется: фронтальная ее часть смещается вдоль направления движения судна, причем величина смещения зависит от скорости движения БВС (рисунок 4).

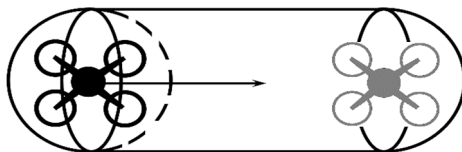


Рисунок 4 – Зона безопасности БВС при его движении

Блок навигации строит маршруты движения всех абонентов навигации, учитывая расположение каждого отслеживаемого объекта, а также ориентацию и расположение зон безопасности БВС; легкораненые пострадавшие, в свою очередь, могут получать от БВС координационные назначения посредством громкоговорящей связи указания о смене их местоположения (связанной, например, с распространением ПФ источников ЧС), а также о направлении движения к безопасной зоне.

Алгоритм управления движением БВС приведен на рисунке 5.

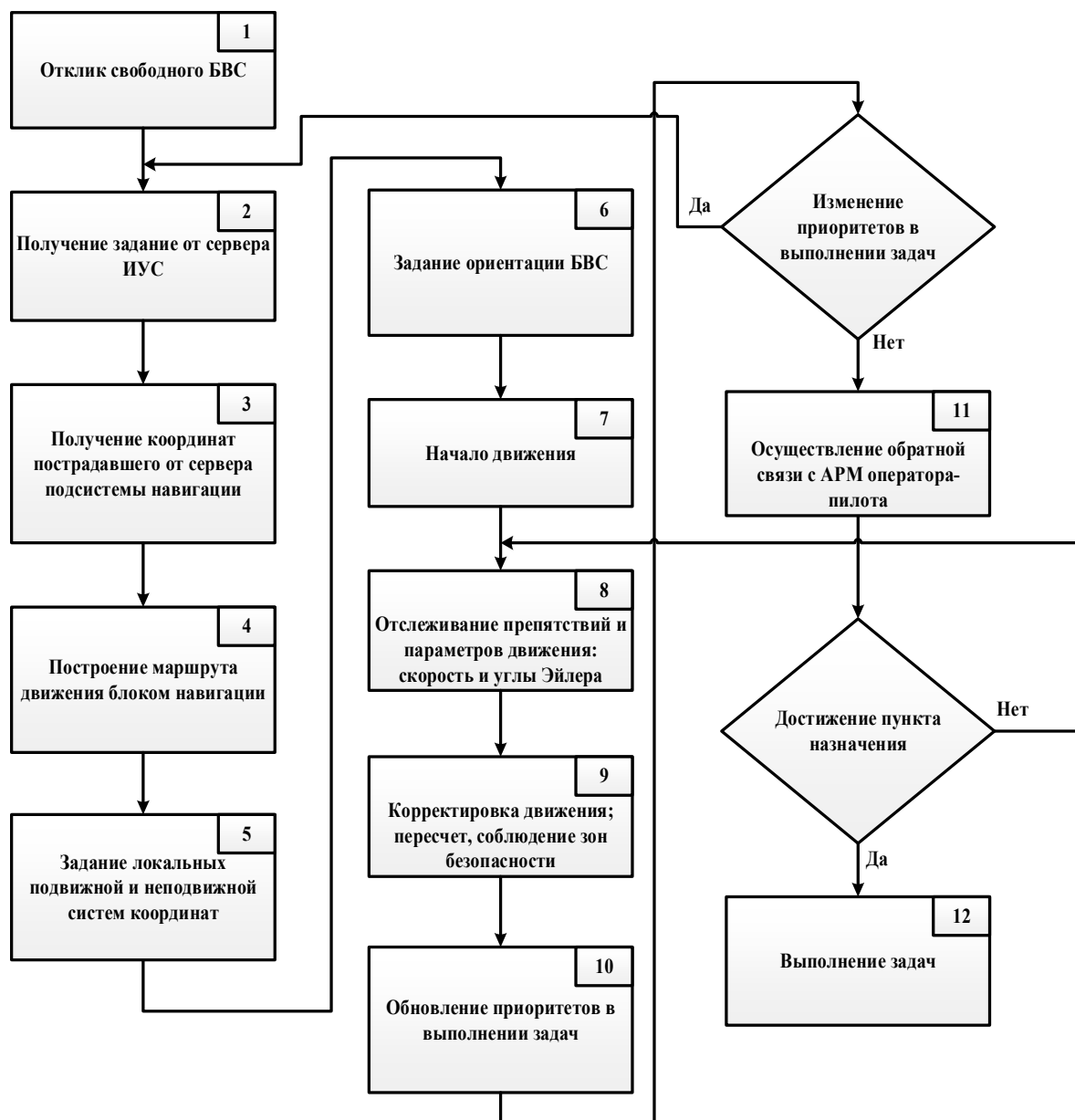


Рисунок 5 – Алгоритм управления движением БВС

При построении маршрута движения БВС учитывается также информация об очередности эвакуации и оказания тому или иному лицу медицинской помощи, основанная на данных о местоположении пострадавших и результатах их медицинской сортировки.

Таким образом, **алгоритм управления движением БВС в зоне ЧС обеспечивает своевременное оказание медицинской помощи пострадавшим и безопасность движения гетерогенной группы БВС.**

Четвертая глава посвящена разработке медицинской системы удаленной коррекции состояния здоровья пострадавшего и, соответственно, способам оказания медицинской помощи преимущественно посредством БВС в зоне ЧС и в ходе эвакуации.

Автором разработана медицинская система удаленной коррекции состояния здоровья пострадавшего, в основе устройства и функционирования которой лежат разработанные автором и защищенные патентами РФ способы и средства оценки ЖВФ организма пострадавшего и оказания ему медицинской помощи посредством гетерогенной группы БВС, а также способы и средства оптимизации лечебно-диагностической помощи.

Данная система является частью ИУС гетерогенной группы БВС и, соответственно, представляет собой относительно ИУС подсистему – подсистему удаленной коррекции состояния здоровья (подсистему УКЗ). Подсистема УКЗ включает в свой состав специальное оборудование БВС. Так, специальное оборудование БВС поискового назначения составляет сверхширокополосный радар и органы управления его положением; специальное оборудование БВС эвакуационного назначения – находящаяся на его борту капсула реанимации и жизнеобеспечения со всеми имеющимися в ней средствами наблюдения за ЖВФ пострадавшего (монитор пострадавшего) и их поддержания; к специальному оборудованию БВС медицинского назначения относятся манипулятор и средства медицинского назначения, подсоединяемые к схвату манипулятора для проведения операций медицинской помощи.

Специальным оборудованием того или иного БВС управляет соответствующий оператор-врач со своего АРМ через сервер подсистемы УКЗ.

Подсистема УКЗ собирает, формализует и направляет медицинским учреждениям актуальную информацию о состоянии здоровья пострадавших посредством входящей в ее состав подсистемы оптимизации лечебно-диагностической медицинской помощи как подсистемы внешнего взаимодействия. Тем самым обеспечивается заблаговременная подготовка учреждений к размещению пострадавших, оказанию им медицинской помощи в условиях стационара, а также выбор оптимальной схемы лечения.

Для проведения медицинской сортировки используется оригинальный алгоритм, основанный на методе медицинской сортировки Sieve и адаптированный для бесконтактного проведения оценки состояния пострадавшего. Для данной процедуры БВС поискового назначения оснащено средствами громкоговорящей связи и сверхширокополосным радаром, позволяющим бесконтактно, на расстоянии до 3 м, определять наличие и частоту дыхания и пульса человека.

По результатам проведенной медицинской сортировки каждого пострадавшего относят к одной из следующих групп:

– «агонизирующие» – к данной группе относятся имеющие несовместимые с жизнью поражения пострадавшие (в данном случае целесообразно провести симптоматическую терапию, направленную на облегчение их страданий, и основные ресурсы сконцентрировать на оказании медицинской помощи тем лицам, которых еще можно спасти);

– «неотложные» – лица, имеющие наивысший приоритет в оказании медицинской помощи и эвакуации;

– «срочные» – пострадавшие, нуждающиеся в медицинской помощи, оказание которой, однако, может быть отсрочено и проведено после спасения пострадавших группы «неотложные»;

– «отложенные» – пострадавшие, получившие легкие поражения и способные к самостоятельному передвижению; оказание медицинской помощи данным лицам может быть отсрочено вплоть до их самостоятельного обращения в медицинское учреждение.

Эвакуация пострадавших может осуществляться посредством БВС эвакуационного назначения. Для этой цели судно оснащено разработанной автором капсулой реанимации – контейнером, содержащим реанимационное оборудование (устройство для проведения непрямого массажа сердца, аппарат искусственной вентиляции легких, автоматический дефибриллятор, устройство для ввода инъекций позволяют провести сердечно-легочную реанимацию (СЛР) непосредственно в ходе эвакуации пострадавшего) и системы поддержания жизненно важных функций, в котором размещается пострадавший сам или же с посторонней помощью (личного состава СФ или других лиц, находящихся поблизости).

Разработанный и защищенный патентом РФ способ выявления жизнеугрожающего состояния позволяет своевременно обнаружить нарушения сердечного ритма, в случае чего проводится их анализ на предмет определения вида нарушения.

Предвестником пароксизмальной желудочковой тахикардии и фибрилляции может служить удлинение интервала QT более чем на 10 %. Продолжительность данного интервала может определяться по формуле Базетта:

$$QT = k\sqrt{RR},$$

где k – коэффициент, равный 0,37 для мужчин и 0,40 для женщин; RR – длительность сердечного цикла.

Рассчитывается фракция выброса, значение которой ниже 50 % в совокупности с удлинением интервала QT свидетельствует о наличии гемодинамически значимой аритмии (желудочковой тахикардии), что является показанием для принятия неотложных мер: такое состояние купируется, как правило, медикаментозными средствами (однако при неэффективности медикаментозного лечения показана электроимпульсная терапия); при этом информация о состоянии пострадавшего через сервер ИУС гетерогенной группы БВС передается в лечебное учреждение для подготовки средств оказания медицинской помощи.

На фоне отсутствия пульса выявляются фатальные аритмии. Так, отсутствие пульса при выявленной желудочковой тахикардии (т.е. желудочковая тахикардия с широкими комплексами без пульса) является показанием для проведения дефибрилляции. Выявляемые непрерывные желудочковые волны, характеризующиеся различными амплитудой и формой с отсутствием интервалов между ними, свидетельствуют о наличии фибрилляции. По максимальным значениям амплитуды ЭКС можно сделать вывод о виде фибрилляции желудочков. Так, в зависимости от амплитуды ЭКС V различают:

- 1) очень крупноволновую фибрилляцию при $V \geq 1,2$ мВ;
- 2) крупноволновую фибрилляцию желудочков при $V [0,7; 1,2)$ мВ;
- 3) средневолновую фибрилляцию желудочков при $V [0,3; 0,7)$ мВ;
- 4) мелковолновую фибрилляцию при $V [0,1; 0,3)$ мВ.

Отсутствие выброса при сохранении организованной электрической активности сердца свидетельствует о наличии его электромеханической диссоциации. Специфичной формы ЭКС для данного состояния нет (однако исключается фибрилляция желудочков).

Асистолия характеризуется отсутствием электрической активности сердца (иногда регистрируются зубцы P или единичные комплексы QRS , при этом $V < 0,1$ мВ) и выброса.

На основании определенного вида внезапной остановки кровообращения (ВОК) определяются средства оказания помощи пострадавшему (рисунок 6).

Таким образом, **способ выявления жизнеугрожающего состояния пострадавшего позволяет определить средства оказания медицинской помощи на основании определенного вида выявленного нарушения сердечного ритма.**



Рисунок 6 – Оказание помощи при ВОК

В рамках исследования автором разработан способ удаленного оказания медицинской помощи пострадавшему, заключающийся в применении БВС медицинского назначения, которое оснащено специально разработанным манипулятором, имеющим девять степеней свободы; семь кинематических пар манипулятора являются вращательными, две – поступательными. На рисунке 7 приведена кинематическая схема манипулятора с привязанными к его звеньям системами координат.

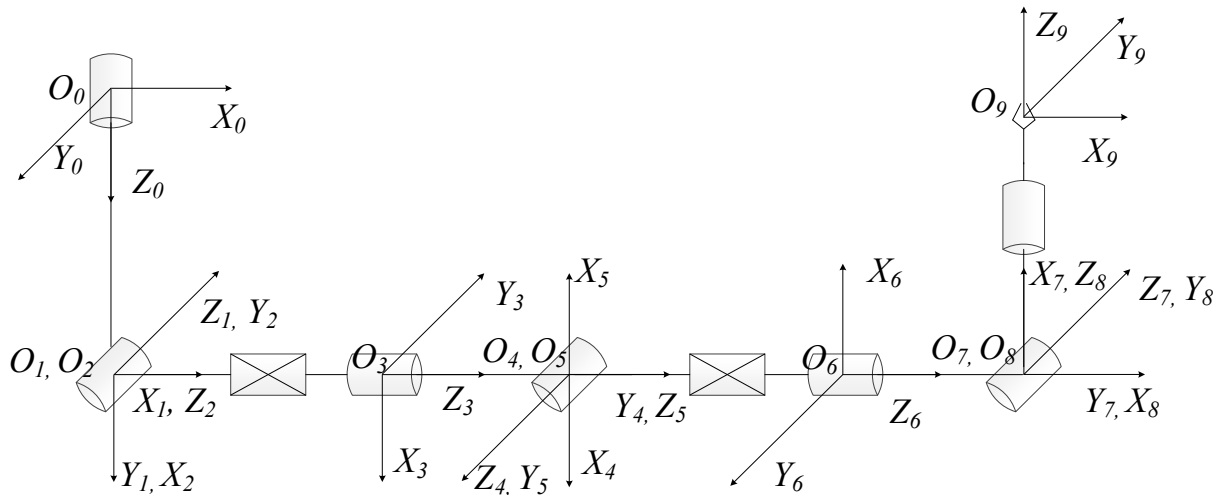


Рисунок 7 – Кинематическая схема манипулятора

Манипулятор является многоцелевым, для чего предусмотрена возможность смены инструмента, прикрепляемого к его рабочему концу. БВС комплектуется съемной кассетой, ячейки которой вмещают все необходимые для оказания помощи средства медицинского назначения. Так, БВС может провести инъекции, подать пострадавшему медикаменты, воду, нанести кровоостанавливающий состав на рану, разместить на теле пострадавшего регистратор электрокардиосигналов.

Для управления конфигурацией манипулятора используются расчеты, основанные на использовании параметров Денавита – Хартенберга:

- 1) параметр a_i – расстояние между осями Z_{i-1} и Z_i вдоль оси X_i ;
- 2) параметр α_i – угол, отсчитываемый вокруг оси X_i от оси Z_{i-1} до Z_i ;
- 3) параметр d_i – расстояние между осями X_{i-1} и X_i вдоль оси Z_{i-1} ;
- 4) параметр θ_i – угол, отсчитываемый вокруг оси Z_{i-1} от оси X_{i-1} до X_i .

На основании данных параметров составляются соответствующие матрицы преобразования одной системы координат в другую:

$$A = A_{Z,\theta} A_{Z,d} A_{X,\alpha} A_{X,a} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \cos \alpha & \sin \theta \sin \alpha & a \cos \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \cos \alpha & -\cos \theta \sin \alpha & a \sin \theta \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & d \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Составлен рекурсивный алгоритм, посредством которого решается прямая задача кинематики для данного манипулятора:

$$x_1 = x_0 \cos \theta_1 + y_0 \sin \theta_1, y_1 = z_0, z_1 = x_0 \sin \theta_1 - y_0 \cos \theta_1, p_1 = z_0 d_1;$$

$$x_2 = x_1 \cos \theta_2 + y_1 \sin \theta_2, y_2 = z_1, z_2 = x_1 \sin \theta_2 - y_1 \cos \theta_2, p_2 = p_1;$$

$$x_3 = x_2, y_3 = y_2, z_3 = z_2, p_3 = p_2 + z_2 d_3;$$

$$x_4 = x_3 \cos \theta_4 + y_3 \sin \theta_4, y_4 = z_3, z_4 = x_3 \sin \theta_4 - y_3 \cos \theta_4, p_4 = p_3 + z_3 d_4;$$

$$x_5 = x_4 \cos \theta_5 + y_4 \sin \theta_5, y_5 = z_4, z_5 = x_4 \sin \theta_5 - y_4 \cos \theta_5, p_5 = p_4;$$

$$x_6 = x_5, y_6 = y_5, z_6 = z_5, p_6 = p_5 + z_5 d_6;$$

$$x_7 = x_6 \cos \theta_7 + y_6 \sin \theta_7, y_7 = z_6, z_7 = x_6 \sin \theta_7 - y_6 \cos \theta_7, p_7 = p_6 + z_6 d_7;$$

$$x_8 = x_7 \cos \theta_8 + y_7 \sin \theta_8, y_8 = z_7, z_8 = x_7 \sin \theta_8 - y_7 \cos \theta_8, p_8 = p_7;$$

$$x_9 = x_8, y_9 = y_8, z_9 = z_8, p_9 = p_8 + z_8 d_9.$$

Таким образом, **система удаленной коррекции состояния здоровья позволяет оказать пострадавшему медицинскую помощь и тем самым стабилизировать его состояние.**

Пятая глава посвящена имитационному моделированию ИУС гетерогенной группы БВС для обеспечения практической сферы деятельности медицины катастроф.

В рамках данного исследования разработано и протестировано работа специального программного обеспечения для проведения медицинской сортировки пострадавших – «Автоматизированной системы первичной сортировки и учета пострадавших в чрезвычайных ситуациях». Информация о состоянии пострадавшего может обрабатываться как в автоматическом, так и автоматизированном режимах. На рисунке 8 приведена экранная форма данного программного приложения, показывающая результаты проведенной медицинской сортировки пострадавших.

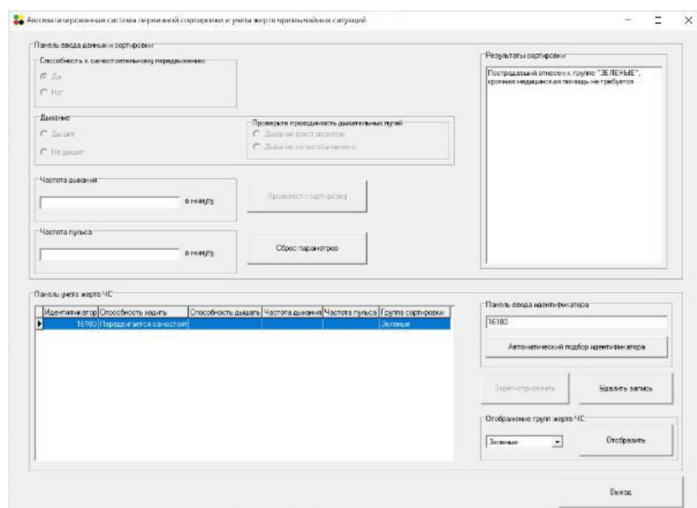
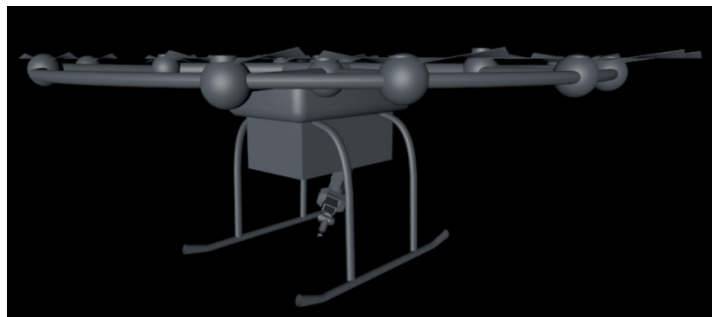


Рисунок 8 – Отображение результатов медицинской сортировки

Также в рамках данного исследования разработано и протестировано программное обеспечение, позволяющее определять и обозначать на карте

[illegible]

Разработаны 3D-модели БВС и манипулятора, размещаемого на судне, смоделирована и протестирована кинематика движения манипулятора при достижении различных конфигураций, в том числе при проведении операций оказания медицинской помощи, что подтверждает работоспособность предлагаемых средств. На рисунке 10 показан результат подключения медицинского средства для проведения инъекций к схвату манипулятора и перевода манипулятора из походного положения в рабочее.



19

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ информационно-управляющих систем в медицине катастроф существующих средств проведения спасательных работ с оказанием медицинской помощи. Конкретизированы принципы медицины катастроф с применением информационно-управляющих систем, сформулированы важнейшие условия для обеспечения в полной мере своевременности и оперативности оказания медицинской помощи в ходе проведения спасательных работ. Выявлены недостатки существующих систем и определены направления путей их развития и совершенствования в обеспечении своевременности оказания медицинской помощи с минимальным задействованием личного состава спасательных формирований в месте проведения спасательных работ.

2. Для проведения основных мероприятий спасательных работ с минимальным задействованием личного состава и в короткие сроки предложено использование новой информационно-управляющей системы группы беспилотных воздушных судов, которая отличается гетерогенным составом, снижает риски для личного состава спасательных формирований, сокращает для пострадавшего время ожидания медицинской помощи.

3. Разработанный алгоритм управления движением беспилотных воздушных судов, учитывающий навигационные данные, обеспечивает выбор оптимального маршрута движения судна с учетом данных о пострадавших (информация об их местонахождении, результатах их медицинской сортировки), что создает условия для своевременного оказания медицинской помощи пострадавшим. Метод построения адаптивных зон безопасности вокруг БВС, являющийся частью предложенного алгоритма, а также непрерывный учет обстановки в зоне чрезвычайной ситуации обеспечивают безопасность движения гетерогенной группы.

4. Предложенная медицинская система удаленной коррекции состояния здоровья позволяет проводить широкий спектр операций по оказанию медицинской помощи пострадавшему, для чего предложено разместить на борту беспилотного воздушного судна дополнительное оборудование – манипулятор и подсоединяемые к его схвату средства медицинского назначения. Увеличение рабочей зоны манипулятора решается за счет телескопической конструкции плеча и предплечья манипулятора и обеспечивает прирост длины каждого из данных элементов. Специально разработанная конструкция манипулятора позволяет его звеньям огибать препятствия, чем достигается его оптимальная конфигурация для проведения той или иной операции.

5. Разработаны способы и средства, обеспечивающие оценку сердечной деятельности пострадавшего путем измерения параметров электрокардиосигнала с возможностью выявления и определения вида нарушения сердечного ритма, а также обеспечивающие проведение сердечно-легочной реанимации, в том числе в ходе эвакуации пострадавшего. Тем самым обеспечивается своевременность проведения реанимационных мероприятий, а также заблаговременно информируются лечебные учреждения для подготовки к оказанию специализированной помощи по прибытии пострадавшего.

6. Разработанные модели и программное обеспечение наглядно демонстрируют применимость и перспективность предложенной в рамках исследования информационно-управляющей системы гетерогенной группы беспилотных воздушных судов для обеспечения практической сферы деятельности медицины катастроф. Разработано программное обеспечение, которое позволяет автоматизировать сортировку и учет пострадавших в чрезвычайной ситуации, что способствует рациональной расстановке приоритетов в оказании им медицинской помощи. Разработано программное обеспечение, позволяющее отмечать на цифровой карте наиболее вероятные источники экологического загрязнения, что необходимо при расстановке приоритетов в поиске пострадавших и оказании им медицинской помощи, определении очередности прибытия беспилотных воздушных судов к тому или иному пострадавшему. Разработанная трехмерная модель манипулятора позволяет оценить его возможности и протестировать кинематику его движения при конфигурировании.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монографии

1. Бодин, О. Н. Бионические системы управления мобильными робототехническими комплексами : монография / О. Н. Бодин, О. Е. Безбородова, А. Н. Спиркин, **В. В. Шерстнев**. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2022. – 236 с.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ по группе научных специальностей диссертации

2. Принципы построения интеллектуальной информационно-измерительной и управляющей системы комплексного мониторинга состояния территориальной техносферы / О. Е. Безбородова, О. Н. Бодин, **В. В. Шерстнев**, А. Н. Спиркин, В. О. Трилесский // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2019. – № 3. – С. 23–32. – doi:10.21685/2307-5538-2019-3-3

3. Шерстнев, В. В. Совершенствование мониторинга территориальной техносферы и проведения поисково-спасательных работ / **В. В. Шерстнев**, Д. С. Белик, О. Е. Безбородова, О. Н. Бодин // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2020. – № 3. – С. 5–15. – doi:10.21685/2307-5538-2020-3-1

4. Безбородова, О. Е. Оценка эффективности совершенствования информационно-измерительных и управляющих систем / О. Е. Безбородова, А. Г. Убиенных, **В. В. Шерстнев**, О. Н. Бодин // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2020. – № 3. – С. 33–41. – doi:10.21685/2307-5538-2020-3-4

5. Безбородова, О. Е. Обеспечение эффективности информационно-измерительных и управляющих систем / О. Е. Безбородова, О. Н. Бодин, М. Н. Крамм, **В. В. Шерстнев** // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2020. – № 4. – С. 5–16. – doi:10.21685/2307-5538-2020-4-1

6. Шерстнев, В. В. Обеспечение безопасности полета гетерогенной группы беспилотных воздушных судов / **В. В. Шерстнев** // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2021. – № 3. – С. 110–118. – doi:10.21685/2307-5538-2021-3-13

7. Подсистема связи системы управления беспилотных воздушных судов в условиях чрезвычайных ситуаций / Н. Баянбай, К. А. Ожикенов, **В. В. Шерстнев**, О. Е. Безбородова, О. Н. Бодин // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2022. – № 1. – С. 92–99. – doi:10.21685/2307-5538-2022-1-11

8. Шерстнев, В. В. Информационно-управляющая медицинская система удаленной коррекции состояния здоровья пострадавшего в чрезвычайной ситуации / **В. В. Шерстнев** // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2022. – № 4. – С. 119–127. – doi:10.21685/2307-5538-2022-4-15

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ по другим группам научных специальностей

9. Виноградов, О. С. Система сбора экологической информации о состоянии территориальной техносферы / О. С. Виноградов, Н. А. Виноградова, О. Е. Безбородова, **В. В. Шерстнев** // Наука Красноярья. – 2018. – Т. 7, № 4. – С. 7–26. – doi:10.12731/2070-7568-2018-4-7-26

Публикации в изданиях, индексируемых SCOPUS

10. Solving the Direct Kinematics Problem of the Mechanical Manipulator of an Unmanned Aircraft / **V. V. Sherstnev**, O. E. Bezborodova, A. N. Spirkin, O. N. Bodin and A. O. Kholudeneva // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 2022. – P. 560–563. – doi:10.1109/EDM55285.2022.9855080
11. SMART-system based on a heterogeneous group of unmanned aerial vehicles to ensure the environmental human well-being / A. Motorin, **V. Sherstnev**, O. Bezborodova, O. Bodin, A. Trofimov // 2022 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1061 012017

Публикации в других изданиях

12. Безбородова, О. Е. Экономические и правовые вопросы использования беспилотных воздушных судов для обеспечения техносферной безопасности / О. Е. Безбородова, **В. В. Шерстнев**, О. С. Виноградов, Н. А. Виноградова // Fortus: экономические и политические исследования. – 2018. – № 2. – URL: <http://fortus-science.ru/index.php/fs/article/view/98> (дата обращения: 16.02.2023).
13. **Шерстнев, В. В.** Критерии и принципы эффективного применения беспилотных воздушных судов в чрезвычайных ситуациях / В. В. Шерстнев, О. Н. Бодин, О. Е. Безбородова // Актуальные проблемы науки : сборник научных статей XV Международной научно-практической конференции. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. – С. 218–224.
14. Безбородова, О. Е. Метрологические особенности контроля состояния территориальной техносферы / О. Н. Безбородова, О. Н. Бодин, **В. В. Шерстнев** // Метрологическое обеспечение измерительных систем : сборник докладов XI Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза, 2019. – С. 20–28.
15. Шерстнев, В. В. Планирование проведения поисково-спасательных работ с применением беспилотных воздушных судов / **В. В. Шерстнев**, О. Н. Бодин, О. Е. Безбородова // SCIENCE AND TECHNOLOGY INNOVATIONS : сборник статей Международной научно-практической конференции (8 октября 2019 г.). – Петрозаводск : МЦНП «Новая наука», 2019. – С. 45–52.
16. Шерстнев, В. В. Особенности использования беспилотных воздушных судов при проведении поисково-спасательных работ / **В. В. Шерстнев**, О. Н. Бодин // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2019. – Т. 1 – С. 183–185.
17. Шерстнев, В. В. Выбор траектории полета беспилотных воздушных судов при мониторинге окружающей среды / **В. В. Шерстнев**, О. Е. Безбородова, В. И. Петухов // Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации : материалы Международной научно-технической конференции «Шляндинские чтения – 2019» (г. Пенза, 28–30 октября 2019 г.). – Пенза : Изд-во ПГУ, 2019. – С. 143–146.
18. Шерстнев, В. В. К вопросу о надежности системы навигации беспилотных воздушных судов, используемых в чрезвычайных ситуациях / **В. В. Шерстнев**, О. Е. Безбородова, О. Н. Бодин // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2020. – Т. 1. – С. 81–83.
19. Белик, Д. С. Анализ современных программно-аппаратных средств для проведения поисково-спасательных работ / Д. С. Белик, **В. В. Шерстнев**, О. Е. Безбородова // Актуальные проблемы науки : сборник статей по материалам XVI Международной научно-практической конференции. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2020. – С. 163–168.
20. Белик, Д. С. 3D моделирование манипулятора медицинского назначения / Д. С. Белик, **В. В. Шерстнев**, О. Е. Безбородова // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы – Биомедсистемы-2020 : сборник трудов XXXIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов (9–11 декабря 2020 г.). – Рязань : ИП Коняхин А.В. (BookJet), 2020. – С. 569–571.

Свидетельства, дипломы, патенты, лицензии, информационные карты, алгоритмы, проекты

21. Патент № 2694528 Российская Федерация, МПК А62В 99/00. Способ проведения поисково-спасательных работ / **Шерстнев В. В.**, Бодин О. Н., Безбородова О. Е., Рахматуллин Ф. К., Герасимов А. И., Ожикенов К. А., Баянбай Н., Бердибаева Г. К. ; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью (ООО) «Кардиовид». – № 2018139491 ; заявл. 07.11.2018 ; опубл. 16.07.2019, Бюл. № 20. – 31 с.
22. Патент № 2704913 Российская Федерация, МПК А61В 5/0402, G06N 5/00. Способ нейросетевого анализа состояния сердца / Безбородова О. Е., Бодин О. Н., Герасимов А. И., Полосин В. Г., Рахматуллин Ф. К., Рахматуллин Р. Ф., **Шерстнев В. В.**, Ожикенов К. А. К. А., Алимбаева Ж. Н. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет» (ФГБОУ ВО

«Пензенский государственный университет»). – № 2018138788 ; заявл. 02.11.2018 ; опубл. 31.10.2019, Бюл. № 31. – 45 с.

23. Патент № 2719467 Российская Федерация, МПК G06F 17/10, G06F 11/30. Способ комплексного контроля состояния многопараметрического объекта по разнородной информации / Баранов В. А., Безбородова О. Е., Бодин О. Н., Герасимов А. И., Печерская Е. А., **Шерстнев В. В.** ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет» (ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»). – № 2019134726 ; заявл. 11.11.2019 ; опубл. 17.04.2020, Бюл. № 11. – 44 с.

24. Патент № 2750057 Российская Федерация, МПК G16H 20/00, G16H 10/00, A61B 5/00. Способ и система оптимизации лечебно-диагностической медицинской помощи / Безбородова О. Е., Бодин О. Н., Герасимов А. И., Крамм М. Н., Убиенных А. Г., **Шерстнев В. В.** ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет». – № 2020121332 ; заявл. 26.06.2020 ; опубл. 21.06.2021, Бюл. № 18. – 41 с.

25. Патент № 2756032 Российская Федерация, МПК G01C 23/00. Способ и система навигации объектов в зоне чрезвычайной ситуации / **Шерстнев В. В.**, Безбородова О. Е., Бодин О. Н., Светлов А. В. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет». – № 2020114909 ; заявл. 11.11.2020 ; опубл. 24.09.2021, Бюл. № 27. – 36 с.

26. Патент № 2762052 Российская Федерация, МПК A62B 99/00, B64C 29/00. Способ проведения спасательных работ и беспилотное воздушное судно для осуществления способа / **Шерстнев В. В.**, Безбородова О. Е., Белик Д. С., Бодин О. Н., Спиркин А. Н., Бердибаева Г. К. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет». – № 2020143872 ; заявл. 30.12.2020 ; опубл. 15.12.2021, Бюл. № 35. – 23 с.

27. Патент № 2775688 Российская Федерация, МПК A61B 5/318. Способ оказания экстренной кардиологической помощи и система для осуществления способа / **Шерстнев В. В.**, Безбородова О. Е., Бодин О. Н., Бодин А. Ю., Баранов В. А., Рахматуллов Ф. К., Рахматуллов Р. Ф. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет». – № 2020143871 ; заявл. 30.12.2020 ; опубл. 06.07.2022, Бюл. № 19. – 24 с.

28. Патент № 2770115 Российская Федерация, МПК G01N 33/487. Способ и система определения уровня экологического благополучия зоны проживания детей / Безбородова О. Е., Бодин О. Н., **Шерстнев В. В.**, Рахматуллов Ф. К., Рахматуллов Р. Ф. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет». – № 2021107362 ; заявл. 20.03.2021 ; опубл. 14.04.2022, Бюл. № 11. – 24 с.

29. Патент № 2759310 Российская Федерация, МПК A61F 4/00. Способ и система бионического управления роботизированными устройствами / Спиркин А. Н., Безбородова О. Е., Бодин О. Н., Бердибаева Г. К., Ожикенов К. А., **Шерстнев В. В.** ; заявители и патентообладатели Безбородова Оксана Евгеньевна, Бодин Олег Николаевич, Спиркин Андрей Николаевич. – № 2020127511 ; заявл. 14.12.2020 ; опубл. 11.11.2021, Бюл. № 32. – 45 с.

30. Патент № 2782525 Российская Федерация, МПК G16H 10/00. Способ и система зонирования территории по уровню риска для здоровья населения в условиях воздействия химически опасных веществ / Безбородова О. Е., Бодин О. Н., **Шерстнев В. В.**, Холуденева А. О., Мартынов Д. В. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет». – № 2021119277 ; заявл. 17.08.2021 ; опубл. 28.10.2022, Бюл. № 31. – 22 с.

31. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019665492 Российская Федерация. Автоматизированная система первичной сортировки и учета жертв чрезвычайных ситуаций / **Шерстнев В. В.**, Бодин О. Н., Безбородова О. Е. ; заявители и патентообладатели Шерстнев Владислав Вадимович, Бодин Олег Николаевич, Безбородова Оксана Евгеньевна. – № 2019661735 ; заявл. 23.09.2019 ; опубл. 25.11.2019, Бюл. № 12. – 1 с.

32. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617005 Российская Федерация. Программа визуализации загрязнения территориальной техносферы / **Шерстнев В. В.**, Бодин О. Н., Безбородова О. Е. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет». – № 2022615628 ; заявл. 04.04.2022 ; опубл. 18.04.2022, Бюл. № 4. – 1 с.

Научное издание

ШЕРСТНЕВ Владислав Вадимович

**ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА
ГЕТЕРОГЕННОЙ ГРУППЫ БЕСПИЛОТНЫХ
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ
ДЛЯ МЕДИЦИНЫ КАТАСТРОФ**

Специальности:

- 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы
(технические науки)
- 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения
(технические науки)

Редактор *В. В. Чувашова*
Технический редактор *М. Б. Жучкова*
Компьютерная верстка *М. Б. Жучковой*

Подписано в печать 17.03.2023.
Формат 60×84¹/₁₆. Усл. печ. л. 1,16.
Тираж 100. Заказ № 82.

Издательство ПГУ.
440026, г. Пенза, ул. Красная, 40.
Тел.: (8412) 66-60-49, 66-67-77; e-mail: iic@pnzgu.ru