

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

DOI: <https://doi.org/10.54422/1994-439X.2024.1-55.9-18>

УДК 614.256

канд. биол. наук Лупей А.Ю., канд. техн. наук Бокуть Л.В.*, Деев Н.А.*,
канд. физ.-мат. наук Мильман В.А.**

ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДПРОГРАММЫ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА, ОБЩЕСТВА И ГОСУДАРСТВА» ЗА 2023 ГОД

Главное управление научной, научно-технической и инновационно-производственной деятельности аппарата НАН Беларуси, г.Минск,

**Белорусский национальный технический университет, г.Минск,*

***Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, г.Минск*

Сформулированы важнейшие результаты работ по подпрограмме научных исследований «Безопасность человека, общества и государства» за 2023 год. Показана их научная и практическая значимость.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, защита, безопасность.

**Ph.D. in Biology Lupei A.Y., Ph.D. in Engineering Bokut L.V.*, Deev N.A.*,
Ph.D. in Physics and Mathematics Milman V.A.****

THE MAJOR RESULTS OF THE SUBPROGRAM «SCIENTIFIC SAFETY OF THE PERSON, SOCIETY AND THE STATE» FOR 2023

Main Department of Scientific, Innovative-Industrial and Scientific-Technical Activities of the NAS of Belarus, Minsk

**Belarusian National Technical University, Minsk*

***The United Institute of Informatics Problems of NAS Belarus, Minsk*

The major results of works under the subprogram «Scientific safety of the person, society and the state» for 2023 are formulated. Their scientific and practical importance is shown.

Keywords: emergency situations, protection, safety.

Введение

На основании постановления Совета Министров Республики Беларусь от 27.07.2020 № 438 «Об утверждении перечня государственных программ научных исследований на 2021 – 2025 годы» в рамках государственной программы научных исследований «Цифровые и космические технологии, безопасность человека, общества и государства» выполняется подпрограмма «Безопасность человека, общества и государства» (далее – подпрограмма).

Научно-исследовательские работы, связанные с научным обеспечением безопасности в чрезвычайных ситуациях, выполнялись по следующим направлениям:

- обеспечение пожарной безопасности;
- разработка защитной одежды пожарных и спасателей;
- прогнозирование, моделирование и мониторинг чрезвычайных ситуаций;
- разработка автоматизированных систем для подготовки пожарных и спасателей;
- разработка методов судебно-экспертного исследования.

В статье приведены важнейшие результаты научных исследований по указанным выше направлениям.

О научно-практических результатах по подпрограмме

В выполнении заданий Подпрограммы «Безопасность человека, общества и государства» в 2023 году принимали участие 8 организаций, в том числе два учреждения Министерства по чрезвычайным ситуациям, пять учреждений Министерства образования, государственное учреждение «Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь».

В ходе выполнения заданий программы получены научно-практические результаты прикладного характера, ориентированные на использование в республике. По 11 заданиям подпрограммы в 2023 году создано две новых методики исследований, восемь экспериментальных образцов. Получено два патента на изобретения, подана заявка на патент.

При этом часть результатов уже нашла практическое применение в виде внедренных разработок. Выполнялись 25 новых договоров на создание научно-технической продукции.

По результатам исследований опубликованы одна монография, два учебника и учебных пособия, сборник научных трудов, 60 статей и докладов на конференциях. Исполнители принимали участие в 26 научно-технических мероприятиях, проводимых в Республике Беларусь и за ее пределами.

Обеспечение пожарной безопасности

В Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники (БГУИР) выполнена работа по систематизации, обработке, анализу и рациональному компьютерному представлению информации о пожарах. Произведена инвентаризация и структурирование статистической и аналитической отчетности (регулярной и по требованию), выполняемой НИИ ПБ МЧС по данным о техногенных пожарах из штатной информационной системы. Оценена трудоемкость подготовки отчетности и уровень когнитивного представления данных, проведен анализ методов и алгоритмов представления данных, и обоснован выбор отечественной информационной системы «РОСТ-Универсальные отчеты» в качестве дополнительной платформы для реализации целей НИР.

В БГУИР также разработаны алгоритмы решения задач поиска скрытых зависимостей и закономерностей в имеющихся базах данных НИИ ПБиЧС МЧС Беларуси. В частности, применены корреляционный, дискриминантный,

кластерный, регрессионный анализ и анализ временных рядов для предварительного исследования данных. Выявлены тренды пожаров и гибели людей в зависимости от времени года, отопительного периода, вида местности (город, село) [1]. Данная разработка позволит сократить трудозатраты на подготовку и обработку данных, а также представить информацию в удобной наглядной форме.

В **Белорусском государственном университете (БГУ)** выполнена работа по оценке опасности продуктов горения при пожарах в помещениях с отделкой потолков. Проведена классификация вариантов отделки потолков с рассмотрением типов используемых материалов. Всего было отобрано 108 различных материалов, которые использовались в 7 группах отделки («покрытие декоративными штукатурками», «покраска», «подвесные потолки», «кассетные потолки», «натяжные потолки», «потолочные плитки», «панельные потолки»).

Впервые для каждого из материалов в указанных группах определены показатели токсичности, состав продуктов горения материалов отделки и оценены удельные выходы основных токсичных газов в образующейся при горении газовой смеси. Показано, что токсическая опасность продуктов горения материалов в указанных вариантах потолочной отделки увеличивается в ряду: «покрытие декоративными штукатурками» – «покраска» – «подвесные потолки» – «кассетные потолки» – «натяжные потолки» – «потолочные плитки» – «панельные потолки» [2].

Установлено, что токсическая опасность продуктов горения материалов одной группы потолочной отделки зависит, в первую очередь, от их базового состава, а при одинаковом базовом составе – от технологии изготовления готового изделия. Разработан алгоритм, позволяющий установить взаимосвязь между основными параметрами, определяющими токсичность образующихся продуктов горения, и оценить расход материала, превышение которого в помещении фиксированного объема связано с увеличением смертельной опасности при пожаре. Полученные результаты могут быть использованы при выборе вариантов отделки потолков и используемых для этого материалов.

Данные могут быть использованы в интересах МЧС Беларуси, Министерства архитектуры и строительства, Государственного комитета по стандартизации и др. для решения задач, направленных на снижение рисков при чрезвычайных ситуациях, сопровождающихся возгоранием в помещении.

Разработка защитной одежды пожарных и спасателей

В **Научно-исследовательском институте пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций (НИИ ПБ и ЧС) МЧС Беларуси** выполнены работы по исследованию материалов для защитной одежды спасателей. Обоснован выбор несущей основы, компонентов полимерного покрытия и их оптимального соотношения для производства материала верха костюма химической защиты (костюм изолирующий химический - КИХ), и разработан технологический процесс производства материала верха КИХ. Разработана программа и методика проведения экспериментальных исследований физико-

механических и теплофизических показателей материала верха КИХ, а также его устойчивости к воздействию агрессивных сред.

Проведены экспериментальные исследования физико-механических и теплофизических показателей материала верха КИХ, а также его устойчивости к воздействию агрессивных сред. Осуществлена оптимизация технологического процесса нанесения полимерного покрытия на несущую основу. Проведена промышленная апробация и выпуск материала верха КИХ.

Полученные результаты лягут в основу дальнейших исследований по разработке метода получения функциональных текстильных материалов для защитной одежды, обладающих стойкостью к термическим воздействиям и агрессивным средам.

Прогнозирование, моделирование и мониторинг чрезвычайных ситуаций

В Брестском государственном техническом университете (БрГТУ) выполнены работы по прогнозированию и визуализации затопления и связанных социально-экономических рисков при дождевых паводках на урбанизированных территориях. Скорректирована архитектура системы моделирования затопления урбанизированной территории с учётом комплекса показателей от множественных источников. Доработаны блоки прогнозирования системы моделирования и блок оценки качества прогноза. Предусмотрена возможность ретроспективного сравнения снимков с изображениями, полученными с помощью дистанционного зондирования Земли с возможностью внесения корректирующих коэффициентов в блоке прогноза [3].

Разработана архитектура для запуска элементов программного комплекса в рамках платформы контейнерной виртуализации Kubernetes для параллельной работы программных модулей по извлечению гидрометеоданных из сетевых источников и параллельному запуску расчёта затопления территории на участках поймы реки. Архитектура включает хранение данных гидрометеорологических измерений в кластере на базе СУБД PostgreSQL, а также хранение результатов расчёта и селитебной информации в той же СУБД с использованием модуля расширения PostGIS. Применение оркестратора контейнеров Kubernetes позволило осуществить автоматическое распараллеливание вычислений для одновременной работы с заданным количеством сегментов контролируемой территории, а также обеспечило автоматическое горизонтальное масштабирование системы.

Разработка не имеет аналогов в Беларуси; подсистема адаптивной корректировки прогнозов находится на уровне мировых аналогов, являясь при этом, благодаря интеграции данных от гетерогенных источников, адаптируемой к доступности гидрометеорологической информации. После доработки экспериментальные программные средства, реализующие предложенную архитектуру, могут использоваться в рамках МЧС для мониторинга и оперативного уточнения неблагоприятных гидрологических явлений.

В Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) выполнены работы по оценке воздействия речных паводков на берега рек и при-

брежные территории. На основе расчетной гидродинамической схемы речного потока разработаны формулы для определения расходов воды в русле и на пойменной части реки. В формулах учитывается кинематический эффект взаимодействия руслового и пойменного потока в активной зоне их взаимного влияния, а также особенности определения коэффициента шероховатости с учетом неоднородности поверхности поймы.

Предложена практическая методика определения площади затопления пойменных территорий на основе морфометрических характеристик речной долины, связывающих площади и объемы затопления речной долины с отметками уровней воды на пойме [4]. По отметке уровня воды на пойме можно определить соответствующие ей площадь и объем затопления.

Для оценки подтопления территории в прибрежной зоне водоемов проведены съемки на тестовых водохранилищах с помощью БПЛА. Исследования показали, что ширина зоны подтопления колеблется от 50 м (водохранилища Криницы, Птичь, Дубровское) до 500 м (водохранилища Петровичи, Заславское) и может достигать 1300 м для больших водохранилищ (водохранилище Витебской ГЭС, правый берег). Общая площадь подтопления прибрежных территорий может составлять в условиях Беларуси – до 15% площади водохранилища. Подпор составляет в среднем 0,5–1,5 м.

Разработаны рекомендации по созданию инженерной защиты территории от затопления и подтопления поверхностными водными объектами, которые могут быть использованы для проектирования защитных сооружений и принятия эффективных решений службами МЧС.

В **Белорусском государственном университете (БГУ)** проведены исследования существующих методик и подходов к анализу динамических объектов на основе данных дистанционного зондирования. В ходе исследования обнаружено, что методы глубокого обучения играют существенную роль в семантическом анализе и интерпретации данных. Была предложена и разработана архитектура адаптивной методики детектирования, семантического анализа и интерпретации объектов на основе машинного обучения для задач дистанционного зондирования с использованием аэрокосмических аппаратов [5]. Новаторство предложенной методики заключается в ее способности выявлять долгосрочные взаимосвязи между семантическими признаками во временных рядах. Проведены первичные тесты разработанной методики на основе данных аэрофотосъемки, подтверждающие ее эффективность и безопасность в применении.

Предложенная адаптивная методика детектирования, семантического анализа и интерпретации объектов способствует улучшению классификации объектов на основе семантических признаков и вносит значительный вклад в исследование и развитие области «explainable AI». Результаты исследования представляют потенциальный интерес для организаций, занимающихся геоинформационными системами, мультиспектральными аэрокосмическими системами, а также для организаций, обрабатывающих большие объемы данных, а также для МЧС и организаций, занимающихся сельскохозяйственным, лесным и транспортным мониторингом.

В Научно-исследовательском институте прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко БГУ (НИИПФП) выполнено исследование закономерностей извлечения и концентрирования микрокомпонентов металлов из водных сред пенополиуретановым сорбентом. Этот вид сорбентов широко используется для очистки жидких отходов в целом ряде промышленных производств, что позволяет снизить риски чрезвычайных ситуаций, связанных с загрязнением окружающей среды.

Рассчитаны структурные фрагменты и промоделированы возможные варианты сорбции атомов и ионов тяжёлых металлов пенополиуретаном из водных растворов. Построены модели комплексов (**А, В, С, Д и Е**) при рассмотрении различных способов координации атомов кислорода эфирной, карбонильной гидроксильной и мочевиной групп к иону никеля Ni^{2+} при взаимодействии с рассчитанными ранее модельными фрагментами структуры пенополиуретана. Анализ рассчитанных структурных параметров (межатомные расстояния, порядки связей, заряды на атомах) позволяет предположить, что при сорбции из водного раствора в процессе взаимодействия полиуретанового полимера с ионами металла возможно образование координационных связей с различными функциональными группами полимера [6].

Для моделей **А, В, С, Д и Е** с оптимизированными структурными параметрами в гармоническом приближении рассчитаны колебательные спектры. Анализ рассчитанных структурных моделей и экспериментальных колебательных ИК спектров позволяет предположить возможность комплексообразования функциональных групп пенополиуретана с катионом никеля Ni^{2+} . Установлено, что образование координационных связей осуществляется преимущественно с карбонилами уретановой и мочевиной групп, а также с атомами кислорода концевых гидроксильных групп. Определены спектральные критерии, позволяющие делать выводы о том, что преимущественное комплексообразование соответствует моделям комплексов типа **Д** и **Е**. Показано, что использование сравнительно простых моделей фрагментов полиуретана при проведении квантово-химических расчетов дает возможность выявить основные закономерности комплексообразования. Предложены структурные модели и выполнены квантово-химические расчеты с использованием пакета программ GAMESS-US.

В государственном учреждении образования Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь (УГЗ МЧС) проведен анализ методов решения многокритериальных задач гражданской обороны, обоснован метод решения задачи по определению оптимального соотношения количества сил и средств к времени реализации мероприятий, но с учетом возникновения возможных рисков.

Разработанный вариант структуры инженерно-технических мероприятий гражданской обороны позволит разработать методику оценки эффективности инженерно-технических мероприятий гражданской обороны при функционировании химически опасных объектов с дальнейшим проведением оценки достоверности методики путем сопоставления результатов расчета и экспертных оценок.

Разработка автоматизированных систем для подготовки пожарных и спасателей

В государственном учреждении образования Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь (УГЗ МЧС) проведен расчет гидродинамических параметров дополнительных съемных насадок к стволу пожарному ручному СПРУ-50/0,7 для формирования сплошной струи огнетушащего вещества. Разработан и изготовлен испытательный стенд для определения основных параметров насадок для формирования сплошной струи в составе ствола пожарного ручного СПРУ-50/0,7. Полученные результаты использованы при разработке конструкции дополнительных съемных насадок к стволу пожарному ручному СПРУ-50/0,7 для формирования сплошной струи огнетушащего вещества [7].

Изготовлены экспериментальные образцы насадок, проведены их испытания в составе ствола пожарного ручного СПРУ-50/0,7 в соответствии с СТБ 11.13.14, проведены их эксплуатационные испытания в подразделениях по чрезвычайным ситуациям. По результатам испытаний проведена доработка конструкции насадок для формирования сплошной струи огнетушащего вещества.

Методы судебно-экспертного исследования

В Научно-практическом центре Государственного комитета судебных экспертиз (НПЦ ГКСЭ) Республики Беларусь разработаны научные основы экспертной оценки холодного оружия ударно-раздробляющего действия (ХОУРД). Предложены основные признаки ХОУРД, алгоритм и экспериментальное программное обеспечение (ПО), необходимые для экспертного решения вопросов отнесения изделий к ХОУРД.

Компьютерное моделирование не может полностью заменить эксперимент, поэтому проведены исследования ХОУРД на основе испытаний с падающим грузом. Изготовлена экспериментальная установка (испытательная машина ударного типа), разработана схема крепления испытуемых объектов и стандартных образцов, а также ударного элемента с использованием специального приспособления. Разработана техническая документация на предложенное устройство.

В НПЦ ГКСЭ Республики Беларусь разработаны методы автоматизированного исследования сложных по макрорельефу поверхностей твердотельных объектов криминалистической и медико-криминалистической экспертизы. Проведена апробация метода текстурного анализа 2D изображений костных препаратов. Даны рекомендации по фотосъемке повреждений костей свода черепа. На полученных изображениях средствами разработанного экспериментального ПО выделены для обработки маски, непосредственно содержащие области с переломом. Снимки обработаны с помощью экспериментального ПО, реализующего метод анализа 2D изображений костных препаратов с опцией вычисления текстурных характеристик и выполнения классификации. Предложено исследуемые объекты разделить на шесть классов повреждений [8].

Проведена апробация метода автоматизированного фрактографического анализа цифровых 3D изображений поверхностей металлических деталей. Проведены исследования по топографии поверхности излома стального стержня шатуна с помощью оптического фокус-вариационного измерения параметров поверхности. Метод фокус-вариационной микроскопии позволяет получить топографическую и цветовую информацию о поверхности излома с высоким разрешением.

Исследования показали, что участки поверхности, связанные с основными стадиями усталостного разрушения (т.е. зарождение трещины, распространение трещины и долом), имеют значительные различия в шероховатости, которые можно объяснить различными условиями нагружения. В целом, поверхности усталостного разрушения имеют наименьшую шероховатость на стадии зарождения трещины и постепенное увеличение на этапе роста усталостной трещины.

Комплексный подход, объединяющий методы количественной фрактографии и оценку изломов металлов с помощью оптического фокус-вариационного измерения параметров поверхности, позволяет реконструировать события разрушений с возможностью интерпретации их топографических особенностей в реальном времени.

Заключение

Большинство описанных исследований будут продолжены в 2024 году в рамках государственной программы научных исследований «Цифровые и космические технологии, безопасность человека, общества и государства».

Полученные результаты найдут применение в практической работе подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям, Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь, что позволит повысить эффективность мероприятий по предупреждению, мониторингу и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также при проведении криминалистической и медико-криминалистической экспертиз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tatur, M., Paramonov, A. Open Semantic Technology as the Foundation for New Generation Intelligent System / M.Tatur, A.Paramonov // Сб. научн. трудов Международной науч.-техн. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем- OSTIS». – Минск, 2023. – Т7.– С. 61–66.

2. Свирщевский, С.Ф Лейнова, С.Л., Соколик, Г.А., Рубинчик, С.Я. Токсичность продуктов горения материалов, используемых для внутренней теплоизоляции помещений / С.Ф. Свирщевский, С.Л. Лейнова, Г.А. Соколик, С.Я. Рубинчик // Материалы X Всероссийской науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов». – Иваново, 2023. – С. 443 – 448.

3. Волчек, А.А., Лопух, П.С. Бассейновый подход к гидрологическому районированию Беларуси как фактор оптимального управления водными ре-

сурсами / А.А. Волчек, П.С. Лопух // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2023. – № 4. – С. 48–81.

4. Левкевич, В.Е., Новиков, А.А., Бузук, А.В. Методические рекомендации по расчету устойчивости креплений верховых откосов дамб, плотин и берегов водохранилищ Беларуси / В.Е. Левкевич, А.А. Новиков, А.В. Бузук // Минск: Право и экономика. – 2023. – 45 с.

5. Saetchnikov, I., Skakun, V., Tcherniavskaia, E. Deep Neural Network-Based Dynamical Object Recognition and Robust Multiobject Tracking Technique for Onboard Unmanned Aerial Vehicle's Computer Vision-Based Systems / I. Saetchnikov, V. Skakun, E. Tcherniavskaia // IEEE Journal on Miniaturization for Air and Space Systems. – 2023. – V.4. – № 3. – С. 250–256.

6. Бобкова, Е.Ю., Василевская, Л.Н., Гавриленко, О.О., Ксенофонтов, М.А., Шкредова, Н.А. Спектральные методики определения концентрации катионов тяжелых металлов и фенолкарбоновых кислот / Е.Ю. Бобкова, Л.Н. Василевская, О.О. Гавриленко, М.А. Ксенофонтов, Н.А. Шкредова // Материалы XVI Международной науч.-техн. конф. «Приборостроение». – Минск, 2023. – С. 108 – 109.

7. Рябцев, В.Н., Навроцкий, О.Д., Морозов, А.А., Камлюк, А.Н., Ильюшонок, А.В., Гончаренко, И.А., Шкиндер, О.В. Оптимизация геометрии проточного тракта насадков к стволу пожарному ручному СПРУ-50/0,7 для формирования компактной струи огнетушащего вещества / В.Н. Рябцев, А.О. Лихоманов., О.Д. Навроцкий, А.А. Морозов, А.Н. Камлюк, А.В. Ильюшонок, И.А. Гончаренко, О.В. Шкиндер // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2023. – Т. 7. – № 4. – С. 370–387.

8. Босьяков, С.М., Пронкевич, С.А., Мороз, И.А., Залужный, Г.И. Биомеханическое моделирование напряженного состояния черепа человека при ударе предметом цилиндрической формы / С.М. Босьяков, С.А. Пронкевич, И.А. Мороз, Г.И. Залужный // Механика машин, механизмов и материалов. – 2023. – № 1. – С. 88–94.

REFERENCES

1. Tatur, M., Paramonov, A. Open Semantic Technology as the Foundation for New Generation Intelligent System / M.Tatur, A.Paramonov // Сб. научн. трудов Mezhdunarodnoj nauch.-tekhn. konf. «Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nyh sistem- OSTIS». – Minsk, 2023. – Т.7. – С. 61–66.

2. Svirshchevskij, S.F Lejnova, S.L., Sokolik, G.A., Rubinchik, S.Ya. Toksichnost' produktov goreniya materialov, ispol'zuemyh dlya vnutrennej teploizolyacii pomeshchenij / S.F. Svirshchevskij, S.L. Lejnova, G.A. Sokolik, S.Ya. Rubinchik // Materialy X Vserossijskoj nauch.-prakt. konf. «Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya inzhenernyh sistem obespecheniya požarnoj bezopasnosti ob"ektov». – Ivanovo, 2023. – С. 443 – 448.

3. Volchek, A.A., Lopuh, P.S. Bassejnovyj podhod k gidrologicheskomu rajonirovaniyu Belarusi kak faktor optimal'nogo upravleniya vodnymi resursami / A.A. Volchek, P.S. Lopuh // Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie. – 2023. – № 4. – С. 48–81.

4. Levkevich, V.E., Novikov, A.A., Buzuk, A.V. Metodicheskie rekomendacii po raschetu ustojchivosti kreplenij verhovyh otkosov damb, plotin i beregov vodohranilishch Belarusi / V.E. Levkevich, A.A. Novikov, A.V. Buzuk // Minsk: Pravo i ekonomika. – 2023. – 45 s.

5. Saetchnikov, I., Skakun, V., Tcherniavskaia, E. Deep Neural Network-Based Dynamical Object Recognition and Robust Multiobject Tracking Technique for Onboard Unmanned Aerial Vehicle's Computer Vision-Based Systems / I. Saetchnikov, V. Skakun, E. Tcherniavskaia // IEEE Journal on Miniaturization for Air and Space Systems. – 2023. – V.4. – № 3. – S. 250–256.

6. Bobkova, E.Yu., Vasilevskaya, L.N., Gavrilenko, O.O., Ksenofontov, M.A., Shkredova, N.A. Spektral'nye metodiki opredeleniya koncentracii kationov tyazhelyh metallov i fenolkarbonovyh kislot / E.Yu. Bobkova, L.N. Vasilevskaya, O.O. Gavrilenko, M.A. Ksenofontov, N.A. Shkredova // Materialy XVI Mezhdunarodnoj nauch.-tekhn. konf. «Priborostroenie». – Minsk, 2023. – S. 108 – 109.

7. Ryabcev, V.N., Navrockij, O.D., Morozov, A.A., Kamlyuk, A.N., Il'yushonok, A.V., Goncharenko, I.A., Shkinder, O.V. Optimizaciya geometrii protochnogo trakta nasadkov k stvolu pozharnomu ruchnomu SPRU-50/0,7 dlya formirovaniya kompaktnoj strui ognjetushashchego veshchestva / V.N. Ryabcev, A.O. Lihomanov., O.D. Navrockij, A.A. Morozov, A.N. Kamlyuk, A.V. Il'yushonok, I.A. Goncharenko, O.V. Shkinder // Vestnik Universiteta grazhdanskoj zashchity MChS Belarusi. – 2023. – T. 7. – № 4. – S. 370–387.

8. Bosyakov, S.M., Pronkevich, S.A., Moroz, I.A., Zaluzhnyj, G.I. Biomekhanicheskoe modelirovanie napryazhennogo sostoyaniya cherepa cheloveka pri udare predmetom cilindricheskoj formy / S.M. Bosyakov, S.A. Pronkevich, I.A. Moroz, G.I. Zaluzhnyj // Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov. – 2023. – № 1. – S. 88–94.

