

СОДЕРЖАНИЕ 2–2021

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

Онов В.А., Панкратова М.В. Метод локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов силами и средствами МЧС России.

Савчук О.Н. Проблемы и пути обеспечения безопасности населения и сотрудников ГПС МЧС России при лесных пожарах.

Ложкина О.В., Комашинский В.И. К вопросу о совершенствовании информационного процесса мониторинга и прогнозирования опасного воздействия транспортных выбросов на среду обитания и населения.

Маевский А.М., Занин В.Ю., Турсенев С.А. Групповое применение подводных планеров в задаче мониторинга подводных потенциально-опасных объектов на примере ликвидации аварийных разливов нефти.

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Таранцев А.А., Скороходов Д.А., Чикитов Ю.И. Об оценке времени обнаружения повреждения нефтегазопровода посредством наблюдения с беспилотного летательного аппарата.

Королев Д.С., Выговтов А.В., Сушко Е.А. Анализ возможных рисков пожарной опасности на действующем объекте защиты нефтегазовой отрасли.

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермьяков А.А. Процессы тепломассопереноса при зажигании недеформируемой пористо-дисперсной среды.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

Ничепорчук В.В., Калач А.В., Шарапов С.В. Концепция построения архитектуры информационных ресурсов систем мониторинга природно-техногенной безопасности.

Корольков А.П., Балобанов А.А. Методика отбора и оценки кандидатов на вакантные должности в системе МЧС России на основе метода анализа иерархий.

Минаков В.Ф., Трофимец В.Я., Нефедьев С.А. Модель противодействия ажиотажным аномалиям социально-экономического поведения.

Гавкалюк Б.В., Ложкин В.Н. Расчетное обеспечение информационного процесса контроля воздействия РМ_{2,5} тлеющего торфа на пожарного.

Метельков А.Н. Конфиденциальная и служебная информация в МЧС России: модели описания информационных процессов.

Богданова Е.М., Матвеев А.В. Формализация модели интеллектуальной поддержки принятия решений при реагировании на чрезвычайные ситуации на транспорте.

Буйневич М.В., Ефимов В.В. Организационно-технические принципы интеграции баз данных состояния глобально распределенной информационной системы.

Онов В.А., Панкратова М.В., Остудин Н.В. Информационные аспекты в системе антикризисного управления МЧС России.

Фам Куок Хынг, Соколов С.В. Повышение эффективности применения информационных технологий в пожарных подразделениях Вьетнама.

Горбунов А.А., Пономорчук А.Ю. Алгоритмы преобразования картографической информации из формата поставки в форматы представления цифровой картографической информации

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Сычева Э.В. Проблемы обеспечения экономической безопасности с позиции инновационной активности.

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ МЧС РОССИИ К УСЛОВИЯМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Грешных А.А., Августинова Н.С., Рева Ю.В. Методика подготовки и проведения игрового занятия в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России.

Медведева Л.В. Анализ опыта информационного обеспечения развития интеллектуальных функций обучающихся в высшей школе.

ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Шарафутдинова Т.К. Методика имитационного моделирования для разработки алгоритмов цифровой обработки сигналов в системах реального времени.

Вострых А.В. Модели описания элементов информационных систем МЧС России, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие.

Балобанов А.А. Модель и алгоритм оценки кандидатов на вакантную должность в кадровой системе МЧС России.

Сведения об авторах

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

УДК 504.5

МЕТОД ЛОКАЛИЗАЦИИ И ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ СИЛАМИ И СРЕДСТВАМИ МЧС РОССИИ

В.А. Онов, кандидат технических наук, доцент;

М.В. Панкратова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Обосновано создание оперативных подразделений МЧС России в субъектах Российской Федерации и внедрение нового метода экологически чистой ликвидации нефтегрязи путем качественного улучшения процесса распыления сорбента. Это поможет сократить время реагирования на происшествие, снизить степень загрязнения окружающей среды от воздействия разливов нефти и нефтепродуктов. Данный метод является наиболее экологически чистым из всех существующих, быстрым, качественным, недорогим, с низкой степенью дальнейшего распространения разлива и высокой степенью полноты ликвидации.

Ключевые слова: метод, локализация и ликвидация, силы и средства МЧС России, разлив нефти и нефтепродуктов, резервуар, многоствольные модули

THE METHOD OF LOCALIZATION AND ELIMINATION OF OIL SPILLS AND OIL PRODUCTS BY FORCES AND MEANS OF EMERCOM OF RUSSIA

V.A. Onov; M.V. Pankratova.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The creation of operational subdivisions of the EMERCOM of Russia in the constituent entities of the Russian Federation and the introduction of a new method of environmentally friendly liquidation of oil and mud by qualitatively improving the process of spraying the sorbent are substantiated. This will help to shorten the response time to an incident, reduce the degree of environmental pollution from the impact of oil and oil products spills. This method is the most environmentally friendly of all existing, fast, high-quality, inexpensive, with a low degree of further spill spread and a high degree of response completeness.

Keywords: method, localization and elimination, forces and means of EMERCOM of Russia, oil and oil products spills, reservoir, multi-barrel modules

Введение. В настоящее время основным методом ликвидации загрязнённого нефтегрунта является послойное снятие его бульдозерами и экскаваторами в зоне аварийного разлива, его транспортировка и складирование на промышленные отвалы [1]. В лучшем

случае нефтегрунт отвозят на заводские или портовые бетонированные площадки, не ограниченные герметичными валами (стенками) от неизбежного стекания в окружающий грунт. Например, 11 ноября 2007 г. в Керченском проливе произошла крупнейшая за последние десятилетия катастрофа в России. Из-за разыгравшегося шторма здесь утонули четыре сухогруза и танкер. В море вылилось 3 тыс. т мазута, почти 7 тыс. т технической серы. При ликвидации разлива 3 тыс. т нефти из самоходной баржи до 5 тыс. т нефтегрунта было свалено на обширный причал в Керченском порту. В феврале под жарким крымским солнцем холм нефтегрунта начал интенсивно растекаться по причалу, попадая в море. Такое повторное заражение нефтью по ущербу было вполне сравнимо с первичным. Причем подходящая бетонированная яма нашлась на расстоянии до 700 км на промышленной площадке нефтеперерабатывающего завода в Кировоградской области. Дополнительное немалое загрязнение нефтью проходило по всей трассе транспортирования нефтегрунта самосвалами с недостаточно герметизированными кузовами.

Ниже приведен типичный пример ликвидации разливов нефти в США, где по утверждениям экспертов работают передовые технологии и дорогая техника. При ликвидации разлива нефти в штате Северная Дакота работы заняли пять лет и стоили более 100 млн долл. Учёный департамента здравоохранения США Билл Суэсс сообщил, что было собрано более 699.000 галлонов (27.400 т) – менее 30 % разлившейся нефти. Остальное превратилось в нефтегрунт и удалялось из почвы методом термической десорбции.

В апреле 2020 г. в порту г. Роттердама произошел аварийный разлив нефти при столкновении танкера с причалом. Из-за масштабного загрязнения воды пострадали сотни птиц. Основная причина – низкая оперативность существующей системы реагирования на разливы нефти, а именно большое время подготовки судов нефтесборщиков, аварийных команд Голландии и соседних стран. Несмотря на большие и дорогостоящие мероприятия, было собрано не более 40–45 % разлитой нефти.

Процедура локализации и ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов предполагает комплексное решение проблемы, то есть использование не только различных инновационных технических средств, но и методических подходов. Вне зависимости от характера и масштабов аварии в первую очередь нужно принять меры, направленные на предотвращение распространения нефтяных пятен, а затем очищение загрязненного нефтегрунта или акватории [2, 3].

Постановка задач исследования:

1. Анализ подразделений, занимающихся ликвидацией и локализацией разливов нефти и нефтепродуктов.
2. Анализ методов ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов.
3. Анализ материалов для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов.
4. Анализ технологий хранения собранного нефтегрунта.
5. Предложения по созданию оперативных подразделений МЧС России в субъектах Российской Федерации.
6. Создание метода экологически чистой ликвидации нефтегрязи путем качественного улучшения процесса распыления сорбента.

Основные результаты. На сегодняшний день ликвидацией аварийных разливов нефти занимаются специализированные организации, основная часть которых не относится к МЧС России. Поэтому необходимо в каждом субъекте Российской Федерации создавать специальные оперативные подразделения МЧС России для ликвидации и локализации разливов нефти. Основной задачей таких подразделений будет быстрое реагирование на происшествие и выезд к нему, что позволит избежать больших масштабов аварии, сэкономить расходы, связанные с ликвидацией разливов, и минимизировать ущерб окружающей среде.

На суше нефтегрунт обычно сгребается бульдозерами и выкапывается экскаваторами на глубину проникновения нефти и нефтепродуктов. Однако эта глубина в разных местах сильно отличается в зависимости от свойств грунта, поэтому редко достигается при

ликвидации аварийных разливов. После выбора нефтегрунта оставшаяся яма должна быть равномерно засыпана сорбентами, что позволит в максимально возможной степени очистить место аварийного разлива. Собранные массы нефтегрунта отвозятся в промышленные отвалы и на свалки. Эти массы неизбежно распространяют нефть на глубину и вокруг себя, создавая новый очаг масштабного заражения, который очень трудно ликвидировать. Обычно эти свалки закапывают, стараясь про них забыть.

Тратится много денег, чтобы создавать биосорбенты экологической очистки нефти и диспергаторы химического разложения нефти, однако методы их подачи на разливы и тем более на загрязненные природные вещества не обеспечивают эффективной реализации их потенциальных качеств нефтеочистки. Для качественной очистки нефтегрунта необходимо его поместить послойно с гранулами сорбента в замкнутый объём. Этот метод трудно реализуем при помощи современной техники, не способной качественно и равномерно распылить легкие, хрупкие гранулы сорбента по большим площадям с эффектом проникающего напыления.

Экологический ущерб и опасность канцерогенного воздействия от разливов нефти вполне сравнимы с воздействием выбросов радиоактивной пыли и более крупных фрагментов [4]. Общепринятой технологией хранения собранных радиоактивных материалов является строительство могильников разового заполнения, которые, в свою очередь, ведут к новым обширным зонам нефтезагрязнения [5]. В то же время есть ряд биологических и химических методов очистки материалов, но при этом отсутствуют технологии и техника равномерного смешивания биосорбентов и диспергентов с массой грунта, песка, грязи, водорослей, загрязнённых нефтью. Комплексный анализ вышеназванных фактов позволил предложить новый метод ликвидации последствий разливов нефти широкого диапазона масштабов, включая крупные и катастрофические.

Практикуемый метод очистки нефтегрунта – ручной, нанесение лопатами биосорбента сверху на загрязнённый грунт – низкоэффективный. Он может очистить от нефти относительно малую часть – только тонкий поверхностный слой. Фактически более 90 % загрязнённого грунта не взаимодействует с сорбентами, но беспрепятственно расширяет зону заражения. Это пытаются компенсировать вывозом нефтегрунта на промышленные свалки. Они не рассчитаны на хранение загрязненного грунта и не могут обеспечить достаточной степени его изоляции от окружающей среды. Кроме того, нефтегрунт гарантированно заражает все ранее загруженные промышленные отходы [6].

Анализ материалов по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов показал, что самым большим недостатком операций по ликвидации аварийных разливов является отсутствие специальных и подготовленных мест складирования загрязнённого нефтегрунта. Экологически, экономически, социально и технологически оправдано строительство специальных резервуаров для складирования нефтегрязи.

Нефтегрязь отличается от радиоактивных материалов тем, что её возможно очистить от нефти с помощью существующих биологических и химических технологий, поэтому резервуар может загружаться многократно [7]. Он создаёт идеальные и наиболее благоприятные условия для очистки нефтегрязи.

Системное решение глобального проекта – создание оперативных подразделений МЧС России в субъектах Российской Федерации и внедрение метода экологически чистой ликвидации нефтегрязи путем качественного улучшения процесса распыления сорбента. Это позволит быстро и качественно решить мировую проблему: сократить время реагирования на происшествие, снизить степень загрязнения окружающей среды в связи с созданием оперативных подразделений МЧС России и специально отведенных изолированных мест для нефтегрязи в каждом районе аварийного разлива.

Предлагается дешёвый, экологически чистый и простой в реализации метод переработки нефтегрунта, не требующий создания новых дорогих технологий и основанный на использовании сочетания готовых и хорошо проверенных технических решений. Он позволит впервые поставить на поток качественную очистку нефтегрунта за счёт того,

что будут созданы условия для эффективной реализации потенциальных возможностей биосорбентов и диспергентов. Ранее они сбрасывались неравномерно на пленку нефти в движении или наносились только на поверхность нефтегрунта без перемешивания, поэтому на полигонах биосорбенты и диспергенты показывали высокую эффективность при равномерном проникновении в нефтегрунт, а на практике при беспорядочном сбросе – очень низкую.

Для послойно-поэтапного нанесения биосорбентов в большую массу нефтегрунта необходимо создание бетонированного резервуара в форме ванны плавательного бассейна, погружённого в грунт, не разрушающегося при таянии и сдвигах грунта, на территории резервуарного парка нефтеперерабатывающего завода, нефтезагрузочного терминала в порту, на железнодорожной станции – на участке с удобными подъездами и выездами. Для удобства загрузки–выгрузки на бортах резервуара оборудуются подъездные площадки и барьеры для самосвала.

Система работает следующим образом: поступает сообщение на пульт диспетчера, далее оперативное подразделение МЧС России, ответственное за ликвидацию и локализацию разливов нефти и нефтепродуктов на данном субъекте Российской Федерации, выезжает на место происшествия и осуществляет действия по локализации дальнейшего распространения разлива.

После доставки загрязнённого нефтегрунта в специальный резервуар самосвал подъезжает на площадку, и одновременно шасси с многоствольным модулем (ММ) (рис. 1) становятся на позицию напротив или сбоку от самосвала (рис. 2, 3). ММ создает вихрь, покрывающий часть «ванны» под площадкой слоем сорбентов, самосвал сваливает массу нефтегрунта на слой биосорбента, обеспечивая сплошной контакт нижней поверхности массы нефтегрунта с биосорбентом [8, 9]. Затем ММ вторым залпом создаёт вихрь с уплотнённым фронтом, осуществляющим проникающее напыление сорбента по верхней площади массы нефтегрунта. Со вторым самосвалом и каждым последующим осуществляется такая же трёхстадийная операция:

- создание вихрем за секунду подстилающего слоя биосорбентов;
- сваливание на него массы нефтегрунта с растеканием массы по слою сорбентов;
- сплошное покрытие верхней поверхности массы вторым вихрем.

Таким образом, впервые в замкнутом и герметичном резервуаре создается многослойная масса нефтегрунта с биосорбентом, что обеспечивает наиболее быстрое и эффективное очищение грунта от нефти. Ускорению нейтрализации нефтекомпонента в «ванне» и отсутствию загрязнения окружающей среды, грунта и воздуха способствует герметичность стенок резервуара и наличие крыши с вентиляцией, предотвращающей образование взрывоопасных концентраций.

На отдаленных территориях, недоступных или труднодоступных для гусеничных и колёсных шасси, при авариях на трубопроводах или распространения разлива нефти по рекам, целесообразно использовать вертолёты с контейнерами направленного распыления или прицельно сбрасываемыми, инициируемыми на определённой высоте 5–20 м над поверхностью разлива [5].



Рис. 1. Многоствольный модуль, успешно прошедший испытания для ликвидации последствий разлива в Керченском проливе (2007 г.)

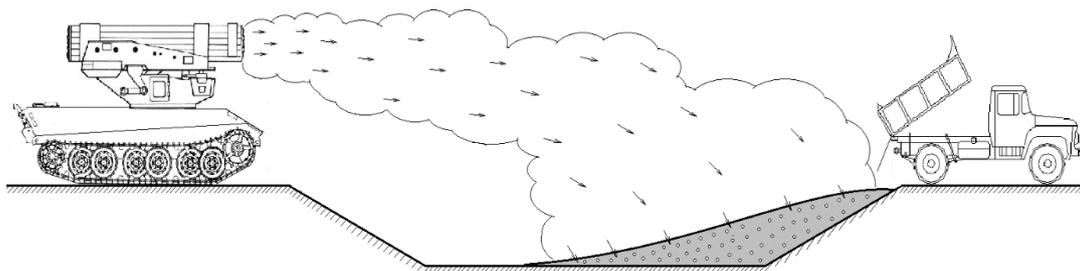


Рис. 2. Самосвал и машина с ММ, распыляющая сорбент залпами, находятся на противоположных торцах прямоугольного резервуара

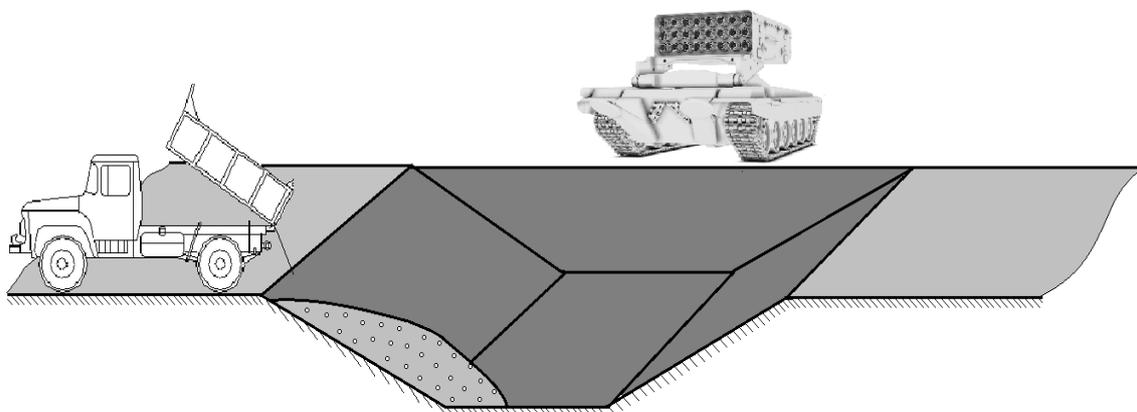


Рис. 3. Самосвал подъезжает к боковой стороне резервуара и сваливает нефтегрунт, машина с ММ с торца распыляет сорбент на всю внешнюю поверхность массы нефтегрунта

Выводы. Таким образом, создание оперативных подразделений МЧС России, предназначенных для ликвидации и локализации разливов нефти и нефтепродуктов, в каждом субъекте Российской Федерации и специального резервуара для складирования загрязнённого нефтегрунта позволит решить ряд важных проблем, а именно сократить время реагирования на происшествие, избежать больших масштабов аварии, сэкономить расходы, связанные с ликвидацией разливов, и минимизировать ущерб окружающей среде.

Литература

1. Павленко В.И. Фундаментальные научные исследования в интересах локализации и ликвидации разливов нефти в Арктике // Вестник Совета безопасности Российской Федерации. 2011. № 5 (17). С. 154–161.
2. Организация локализации разлива нефтепродуктов / Ю.Ф. Кайзер [и др.] // Актуальные проблемы внедрения энергоэффективных технологий в строительство и инженерные системы городского хозяйства: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. 2015. С. 61–63.
3. О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 15 апр. 2002 г. № 240. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Губайдуллин М.Г., Коробов В.Б. Экологический мониторинг нефтегазодобывающих объектов Европейского Севера России: учеб. пособие. Архангельск: ИПЦ Север. (Аркт.) федер. ун-та, 2012. С. 236.
5. Техника и технологии локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов: справ. / И.А. Мерициди [и др.]; под ред. И.А. Мерициди. СПб.: НПО «Профессионал», 2008. С. 824.
6. Захматов В.Д., Пророк В.Я., Клейменов А.В. Анализ разработок специализированных пожарных машин для защиты объектов нефтегазового комплекса (часть 1) // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 4 (44). С. 17–25.
7. Современные методы и средства борьбы с разливами нефти: науч.-практ. пособие / А.И. Вылкован [и др.]. СПб.: Центр-Техинформ, 2000.
8. Анализ существующих и обоснование применения новой автоматической системы пожаровзрывозащиты судов, кораблей, нефтедобывающих платформ / В.Д. Захматов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2018. п. 27. № 9. С. 50–63. DOI: 18322 / RVB.2018.27.05.
9. Технология импульсной ликвидации разливов нефти на море, океане // Успехи современного естествознания. 2015. № 10. С. 92–99.

References

1. Pavlenko V.I. Fundamental'nye nauchnye issledovaniya v interesah lokalizacii i likvidacii razlivov nefiti v Arktike // Vestnik Soveta bezopasnosti Rossijskoj Federacii. 2011. № 5 (17). S. 154–161.
2. Organizaciya lokalizacii razliva nefteproduktov / Yu.F. Kajzer [i dr.] // Aktual'nye problemy vnedreniya energoeffektivnyh tekhnologij v stroitel'stvo i inzhenernye sistemy gorodskogo hozyajstva: materialy II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 2015. S. 61–63.
3. O poryadke organizacii meropriyatij po preduprezhdeniyu i likvidacii razlivov nefiti i nefteproduktov na territorii Rossijskoj Federacii: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 15 apr. 2002 g. № 240. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
4. Gubajdullin M.G., Korobov V.B. Ekologicheskij monitoring neftegazodobyvayushchih ob"ektov Evropejskogo Severa Rossii: ucheb. posobie. Arhangel'sk: IPC Sever. (Arkt.) feder. un-ta, 2012. S. 236.

5. Tekhnika i tekhnologii lokalizacii i likvidacii avarijnyh razlivov nefi i nefteproduktov: sprav. / I.A. Mericidi [i dr.]; pod red. I.A. Mericidi. SPb.: NPO «Professional», 2008. S. 824.
6. Zahmatov V.D., Prorok V.Ya., Klejmyonov A.V. Analiz razrabotok specializirovannyh pozharnyh mashin dlya zashchity ob"ektov neftegazovogo kompleksa (chast' 1) // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2017. № 4 (44). S. 17–25.
7. Sovremennye metody i sredstva bor'by s razlivami nefi: nauch.-prakt. posobie / A.I. Vylkovan [i dr.]. SPb.: Centr-Tekhinform, 2000.
8. Analiz sushchestvuyushchih i obosnovanie primeneniya novej avtomaticheskoy sistemy pozharovzryvozashchity sudov, korablej, neftedobyvayushchih platform / V.D. Zahmatov [i dr.] // Pozharovzryvobezопасnost'. 2018. n. 27. № 9. S. 50–63. DOI: 18322 / PVB.2018.27.05.
9. Tekhnologiya impul'snoj likvidacii razlivov nefi na more, okeane // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2015. № 10. S. 92–99.

УДК 630.431.1

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И СОТРУДНИКОВ ГПС МЧС РОССИИ ПРИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРАХ

**О.Н. Савчук, кандидат технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматриваются проблемы безопасности населения и сотрудников ГПС МЧС России при крупных лесных пожарах и предлагаются меры повышения безопасности людей путем совершенствования профилактических противопожарных мероприятий, организации оперативной эвакуации населения и умелое использование роботизированных комплексов пожаротушения и разведки в целях обеспечения безопасности сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС России при тушении лесных пожаров.

Ключевые слова: лесной пожар, оперативная экстренная эвакуация, беспилотный летающий аппарат, роботизированный комплекс пожаротушения

PROBLEMS AND WAYS OF SECURITY OF THE POPULATION AND EMPLOYEES OF GPS OF EMERCOM OF RUSSIA IN FOREST FIRES

O.N. Savchuk. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article discusses the problems of the safety of the population and employees of the State fire service of EMERCOM of Russia in case of large forest fires and suggests measures to increase the safety of people by improving preventive fire measures, organizing rapid evacuation of the population and the skillful use of robotic fire-fighting and reconnaissance systems in order to ensure the safety of employees of the State fire service of EMERCOM of Russia in extinguishing forest fires.

Keywords: wildfire, operational emergency evacuation, unmanned aerial vehicle, robotic fire extinguishing system

Одной из масштабных чрезвычайных ситуаций (ЧС), влекущей большой экономической и экологической ущерб для России, являются лесные пожары.

Лесной пожар – это пожар, распространяющийся по лесной площади [1]. Россия занимает первое место в мире по лесным массивам, ее территория до 46,6 % покрыта лесами на площади до 1 188 млн га. Основная причина возникновения лесных пожаров за счет деятельности человека до 39 %, из них доля возникновения естественных пожаров от молний составляет не более 8 %.

В XXI в. большинство лесных пожаров происходит вследствие «человеческого» фактора, как правило, при аномально теплой погоде по причине несоблюдения правил пожарной безопасности при разжигании костров, весеннего пала травы, от искр автомобильного или железнодорожного транспорта. Ежегодно в мире бывает охвачено огнем свыше 350 млн га территорий леса. Наиболее подвержены по масштабам возгорания лесов территории континента Австралии и Африки [2].

Наша страна занимает восьмое место в мире по площади лесов, уничтоженных пожарами. По данным специалистов МЧС России, число лесных пожаров за период с 2016 по 2018 г. возросло на 12 %, в три раза возросла площадь выгоревшего леса. Только за этот период сгорело 15,7 млн га леса, а экономический ущерб от лесных пожаров составил

около 70 млрд руб. Наиболее пожароопасными регионами по лесным пожарам в России являются Дальний Восток, Сибирь, Поволжье, Урал. В 2019 г. только в Сибири лесными пожарами было охвачено до 1,6 млн га.

Статистические данные [3] по площади охвата лесными пожарами и ущербу в России за 2014–2018 гг. представлены в табл. 1. Таким образом, в последние годы по статистике ущерб от лесных пожаров составляет в среднем около 20 млрд руб. Следует отметить, что значительную долю ущерба составляет экологический ущерб вследствие гибели животных, уничтожения растений, загрязнения продуктами горения воздуха и почвы, затрат на восстановление леса и др.

Так, например, в 2018 г. по данным «Авиалесохраны» было зарегистрировано свыше 12 тыс. очагов возгорания лесных пожаров на территории России, причем в зоне потенциального воздействия поражающих факторов лесных пожаров оказалось около 8 тыс. населенных пунктов, расположенных вблизи лесных массивов, охваченных пожаром.

Таблица 1. Статистические данные по площади охвата лесными пожарами и ущербу в России за 2014–2018 гг.

Наименование	Годы				
	2014	2015	2016	2017	2018
Площадь лесных пожаров, млн га	3,7	2,5	2,4	1,4	3,2
Ущерб от лесных пожаров, млрд руб.	23,8	56,4	23,7	25,2	16,9

Вследствие крупных лесных пожаров возможны последствия:

- выгорание растительности и гибель животных на значительных площадях леса;
- гибель от поражающих факторов лесного пожара или отравление токсичными продуктами горения людей из населенных пунктов, расположенных вблизи леса;
- полное или частичное сгорание жилого фонда и других построек населенных пунктов, расположенных вблизи леса;
- выгорание надпочвенного покрова;
- токсичное загрязнение воздуха на больших территориях.

В связи с этим актуальна проблема обеспечения безопасности населения, проживающего вблизи массивов леса, безопасности пожарных-спасателей, принимающих участие в ликвидации лесных пожаров.

Важным аспектом обеспечения безопасности населения в случае лесных пожаров является предотвращение и раннее его обнаружение.

Мерами предотвращения лесных пожаров, как известно, являются:

- очистка леса от сухого валежника;
- прокладка 2–3 минерализованных полос на интервалах до 60 м с выжиганием надпочвенного покрова;
- создание противопожарных полос в лесу;
- строгое соблюдение правил пожарной безопасности людьми при нахождении в лесу;
- строгое выполнение правил непосещения леса людьми в пожароопасные периоды, связанные с аномально сухой и теплой погодой.

Качественное и полное осуществление этих мероприятий представляет проблему в связи с недостаточным финансированием лесного хозяйства. Это приводит к ежегодному снижению объемов выполнения профилактических противопожарных мероприятий по предотвращению лесных пожаров, а также сокращению количества сотрудников лесного хозяйства, осуществляющих эти мероприятия и принимающих участие в тушении лесных пожаров, сокращению времени воздушного и наземного наблюдения территории леса,

невозможности содержания оптимального количества пожарно-химических станций и пунктов размещения противопожарной техники и оборудования.

Это приводит к недостаточному количеству создания лесопожарных формирований, привлекаемых к тушению лесных пожаров, их низкой укомплектованности личным составом и средствами пожаротушения, а также размещению их на значительной удаленности от большинства лесных участков; к увеличению сроков доставки сил и средств пожаротушения к месту возникновения лесного пожара.

В целях решения этой проблемы необходимо:

– создание достаточного количества пожарно-химических станций, лесопожарных формирований, укомплектованных специфическими средствами мобильного тушения лесных пожаров;

– обеспечение силами и средствами лесного хозяйства по своевременному обнаружению возникновения лесного пожара. В этих целях целесообразно создание специализированных подразделений, наряду с лесопожарными формированиями, оснащенных в достаточном количестве беспилотными летающими аппаратами (БПЛА) для повышения кратности наблюдения за лесными массивами. В целях оперативности и достоверности результатов наблюдения эти подразделения в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) должны взаимодействовать со средствами МЧС России и спутниковой разведки. В оснащении таких подразделений можно использовать беспилотные летательные аппараты (БПЛА) (дроны-квадрокоптеры).

В настоящее время на вооружении подразделений МЧС России в целях осуществления воздушной разведки в очагах ЧС используются БПЛА, представленные в табл. 2 [4].

Однако использование их для оснащения специализированных подразделений лесной охраны в целях достоверного определения размеров источника возгорания будет проблематичным вследствие большой скорости полета и невозможности зависания над источником возгорания.

Таблица 2. Основные тактико-технические характеристики БПЛА, состоящие на вооружении подразделений МЧС России

БПЛА	SALA 421-16E	SALA 421-16EM	SALA 421-08M	SALA 421-08Ф	SALA 421-16	SALA 421-04M
Размах крыла, мм	2815	1810	810	425	1680	1615
Время полета, ч	Более 4	2,5	1 ч 20 мин	1 ч 20 мин	4–8	1,5
Длина БПЛА, мм	1020	900	425	–	–	635
Скорость, км/ч	65–110	65–110	65–130	65–120	130–200	65–110
Масса целевой нагрузки, кг	до 1,5	до 1	0,3	0,3	–	до 1

В целях детального рассмотрения обстановки на интенсивных участках возгорания лесных массивов целесообразно использование БПЛА [5], которые при небольших размерах, возможностях маневра, зависания в воздухе, видеонаблюдения, оборудованные системой GPS, могут решить эту задачу (табл. 3).

Таблица 3. Основные тактико-технические характеристики БПЛА (дронов-квадрокоптеров)

Тип	Syma x5c (5SW)	Syma x8w (5SC)	Phanton 3 Advanced (Phanton 3 Standart)	Phanton 5.8 G
Линейные размеры, см	32 (39)	50 (37)	60	50
Дальность полета, м	80 (120)	120	2 000 (1000)	300
Время полета, мин	10–12	до 15 (10–12)	до 23 (25)	до 15
Время зарядки аккумулятора, мин	60	45	–	60
Камера	Видеокамера HD	Камера HD	Камера Pull HD (Камера 27к)	Крепление для камеры G _o Pro
Особенности	Имеется карта памяти, может летать ночью	Видео передается на смартфон или планшет	Система GPS, оптич. стабилиз., позволяющая летать внутри помещений (способен висеть в воздухе)	Система GPS, способен зависать, имеет функцию автовозврата
Тип	Hubsan H107 (4H107G)	Cheerson Cx30W	ZALA 421–21(22)	Blade Chroma
Линейные размеры, см	19 (13x13)	26	60	40
Дальность полета, м	120 (100)	80	2000 H=10-1000	600 H=250
Время полета, мин	до 12 (7)	9–12	35 (25)	30
Время зарядки аккумулятора, мин	40 (40)	–	–	–
Камера	Камера HD	Камера HD	Камера HD	Камера HD-2к
Особенности	Строго горизонт. расположение объектива, управление с пульта или моб. телефона	Передача видео по Wi-Fi	Система GPS, видеокамера, тепловизор	Система GPS, видеокамера

Исходя из анализа тактико-технических характеристик БПЛА, представленных в табл. 2, 3, целесообразно оснащение специализированных подразделений лесной охраны для выполнения задач по разведке возникновения лесных пожаров осуществлять на основе используемых БПЛА в МЧС России типа SALA 421-16E и дронов-квадрокоптеров типа Phanton 3 или ZALA 421-21(22). При этом следует использовать БПЛА SALA 421-16E для мониторинга лесных массивов в виде авиатехники, осуществляющей как воздушное наблюдение за пожарной обстановкой лесных массивов, так и несущей Phanton 3 для детальной разведки очага возгорания лесного пожара. В связи с этим требуется:

– техническое усовершенствование БПЛА SALA 421-16E с целью увеличения подъемной массы целевой нагрузки, позволяющей осуществлять перенос дрона-квадрокоптера типа Phanton 3;

– предусмотреть оперативную доставку сил и средств к очагам возникновения крупных лесных пожаров. В этих целях следует привлекать при крупных лесных пожарах десантные подразделения спецназа Государственной противопожарной службы МЧС России и авиации центрального подчинения МЧС России, а также необходимо создавать мобильные механизированные отряды централизованного подчинения на региональном уровне;

– осуществлять своевременное введение ограничения на посещение людьми и транспортными средствами лесов в период повышенной пожарной опасности;

– организовать жесткий контроль за неконтролируемыми сельскохозяйственными палами стерни, особенно на территории, прилегающей к лесам;

– вести постоянное информирование населения по правилам поведения в лесу в период повышенной пожарной опасности.

Обеспечение безопасности людей в населенных пунктах, расположенных вблизи лесных массивов в случаях крупных лесных пожаров, возможно путем осуществления следующих мероприятий:

– своевременным оповещением об угрозе и предстоящей экстренной эвакуации людей из пожароопасных зон вследствие лесных пожаров;

– организацией своевременной эвакуации людей из населенных пунктов, подверженных выгоранию при невозможности остановить распространение огня лесного пожара путем его локализации и ликвидации;

– своевременным обнаружением возгорания и оперативной ликвидацией лесного пожара на наименьших площадях.

Обеспечение своевременного оповещения об угрозе и предстоящей экстренной эвакуации людей из пожароопасных зон вследствие лесных пожаров возможно путем увеличения кратности полетов БПЛА и средств наземной разведки при осуществлении мониторинга лесных массивов.

В целях спасения людей из пожароопасных зон вследствие лесных пожаров большое значение имеет расчет безопасного времени эвакуации $T_{эв}$ с учетом прибытия в район посадки транспортных средств, которое будет определяться по формуле:

$$T_{эв} = t_{оп} + t_{сб} + t_{пос} + t_{взп} < t_{пфп}, \quad (1)$$

где $t_{оп}$ – время оповещения населения о предстоящей эвакуации в пределах 3–5 мин; $t_{сб}$ – время на сбор населения к месту посадки на транспорт, рассчитанное исходя из времени сбора документов и ценных вещей (5–10 мин) и времени прибытия пешим порядком людей (при скорости 2–3 км/ч) к месту посадки с дальних окраин населенных пунктов; $t_{пос}$ – время посадки на транспорт (не более 10 мин); $t_{взп}$ – время выхода из потенциальной зоны лесного пожара при движении транспорта с места посадки, определяемое расстоянием от места посадки до границы выхода из пожароопасной зоны (при скорости движения до 60 км/ч); $t_{пфп}$ – время подхода фронта лесного пожара к населенному пункту.

Согласно формуле (1) безопасное время эвакуации $T_{эв}$ не должно превышать времени подхода фронта лесного пожара к населенному пункту $t_{пфп}$, которое определяется по формуле:

$$t_{пфп} = R_{уфп} / V_{лп},$$

где $R_{уфп}$ – расстояние от фронта распространения лесного пожара до границы населенного пункта, зафиксированное в момент подачи $t_{оп}$, км; $V_{лп}$ – скорость перемещения фронта крупного лесного пожара по ветру, принимаемого согласно приказу от 30 июня 1995 г. № 100 [6]: для устойчивого низового пожара до 8 км/ч, для верхового до 70 км/ч, торфяного пожара до 1 км/сутки.

Своевременная организация эвакуации людей из населенных пунктов, подверженных выгоранию, может быть обеспечена:

– оперативным доведением сигнала оповещения об экстренной эвакуации до каждого жителя;

- предусмотренным размещением транспортных средств эвакуации в районах вблизи населенных пунктов в целях сокращения времени прибытия в населенный пункт;
- умелой организацией посадки людей на транспортные средства.

В целях обеспечения безопасности людей в населенных пунктах, расположенных вблизи лесных массивов, в настоящее время для экстренной локализации распространения крупных лесных пожаров на населенные пункты возможны применения способов тушения таких пожаров с помощью взрыва или доставки смеси негорючих газов с бутаном или пропаном в очаг возгорания [7]. Средствами доставки могут быть авиация и артиллерия.

Своевременное обнаружение возгорания и оперативная ликвидация лесного пожара зависит от слаженной организации по взаимодействию всех сил РСЧС, привлекаемых как к разведке очагов возгорания, так и к локализации и ликвидации лесных пожаров.

При осуществлении локализации и ликвидации крупных лесных пожаров возникает проблема по обеспечению безопасности личного состава подразделений МЧС России, лесного хозяйства и других формирований, привлекаемых в этих целях.

В целях недопущения поражения пожарных-спасателей при тушении крупных пожаров в зонах экстремальных температур в настоящее время успешно применяются роботизированные комплексы пожаротушения. Они способны осуществлять разведку и тушение пожаров в условиях высокой мощности дозы излучения, химического заражения, высоких температур нагретого воздуха, зон возникновения взрыва. Основные тактико-технические характеристики мобильных роботизированных комплексов, состоящих на вооружении подразделений МЧС России, представлены в табл. 4 [8].

Таблица 4. Основные тактико-технические характеристики мобильных роботизированных комплексов (РТК), состоящих на вооружении подразделений МЧС России

Наименование РТК пожаротушения	Дальность тушения, м	Возможности проведения других работ	Дальность управления оператором, м	Скорость перемещения, км/ч	Время непрерывной работы, ч
Ель-4	70/50	разведка, перемещение груза до 500 кг, расчистка бульдозерным ножом	до 2 000	10	–
МРУП-СП-ТВ-У-40-17КС	80/35	ж/д туннели, ст. метро	–	–	8
LUF 60	80/35	туннели, вокзалы	300	6	–
ТРОПА-ЗРОП	–	разведка, оповещение населения	Оповещение в радиусе 500	20	более 10

В целях оперативной доставки сил и средств и осуществления тушения лесных пожаров сегодня успешно применяются авиационные средства центрального подчинения МЧС России, такие как самолет-амфибия Бе-200ЧС, ИЛ-76ТДП, вертолет-амфибия Ка-32А11ВС. Широко используются транспортные вертолеты для высадки десантов лесной охраны и МЧС России в места возгорания лесных пожаров. Целесообразно в целях недопущения возникновения крупных лесных пожаров создание авиационных отрядов централизованного подчинения на региональном уровне в пожароопасных регионах с оснащением их транспортными вертолетами и вертолетами-амфибиями.

При осуществлении тушения лесного пожара немаловажным для обеспечения безопасности спасателей-пожарных является, как показали экспериментальные исследования [9], соблюдение рубежа безопасности при боевой работе на удалении от границы возгорания, равной или более четырехкратной высоте пламени.

В целях обеспечения безопасности пожарных-спасателей при тушении крупных лесных пожаров перспективен способ тушения лесных пожаров с помощью детонирующего шнура [10], который был успешно апробирован при тушении лесных пожаров в 2020 г. При подрыве детонирующего шнура с подсоединенными контейнерами с порошком ИСТО-1 образуется ударная волна, при взрыве разбрасывается грунт и образуется минерализованная опорная и заградительная полосы, что позволяет пожарным-спасателям безопасно осуществить локализацию пожара.

При тушении крупных лесных пожаров возможны случаи, когда пожарные-спасатели могут оказаться окруженные огнем. Это потребует наличия средств и способов для оперативной эвакуации пожарных-спасателей из опасных зон лесного пожара. При невозможности использования вертолетов в критических условиях целесообразно разрабатывать мобильные эвакуационные средства на основе БПЛА, способного на поднятие и вынос человека. В настоящее время МЧС России поставило задачу перед разработчиками создание БПЛА, способных на перенос груза от 100 до 150 кг. Такие БПЛА предусматриваются для использования эвакуации людей при пожаре с верхних этажей высотных зданий. Также перспективно создание портативных индивидуальных средств десантирования из таких мест на основе использования реактивных систем.

Таким образом, реализация предлагаемых путей совершенствования профилактических противопожарных, организационных мероприятий и способов позволит повысить безопасность населения и пожарных-спасателей при крупных пожарах.

Литература

1. ГОСТ 17.61.01–83. Охрана природы. Охрана и защита лесов. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Коровин Г.Н., Исаев А.С. Охрана лесов от пожаров как важнейший элемент национальной безопасности России // Лесной бюллетень. 2014. № 8-9.
3. Пожары и пожарная безопасность 2014–2018 гг.: стат. сборник ВНИИПО. М.: ВНИИПО, 2019.
4. FIREMAN. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/bespilotnyie-letatelnyie-apparatyi-v-mchs-rossii-vidyi-i-klassifikatsiya> (дата обращения: 12.03.2021).
5. Зеленков А. Воздушный патруль идет в дозор // Спасатель. 2015. № 37.
6. Федеральная служба лесного хозяйства России. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров: приказ от 30 июня 1995 г. № 100. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. Алешков И.Н., Бондарев А.Я. Заявка на способ тушения лесных пожаров. МПК А 62С 3/02, 2014.
8. Робототехнические комплексы (РТК): основные модели, описание и тактико-технические характеристики. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/robototechnicheskie-kompleksyi-mchs-osnovneie-modeli-opisanie-i-tth/> (дата обращения: 12.03.2021).
9. Butler B.W., Cohen J.D. Firefighter safety zones: a theoretical model based on radiative heating // International Journal of Wildland Fire. 1998. Т. 8. №. 2. С. 73–77.
10. Способ тушения лесных пожаров / В.А. Зыков [и др.]: пат. RU 2700 227 С1, 2019. URL: <https://patent.ru/patent/RU2700227C1> (дата обращения: 12.03.2021).

References

1. GOST 17.61.01–83. Ohrana prirody. Ohrana i zashchita lesov. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
2. Korovin G.N., Isaev A.S. Ohrana lesov ot pozharov kak vazhnejshij element nacional'noj bezopasnosti Rossii // Lesnoj byulleten'. 2014. № 8-9.
3. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' 2014–2018 gg.: stat. sbornik VNIPO. M.: VNIPO, 2019.

4. FIREMAN. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/bespilotnyie-letatelnyie-apparatyi-v-mchs-rossii-vidyi-i-klassifikatsiya> (data obrashcheniya: 12.03.2021).
5. Zelenkov A. Vozdushnyj patrol' idet v dozor // Spasatel'. 2015. № 37.
6. Federal'naya sluzhba lesnogo hozyajstva Rossii. Ukazaniya po obnaruzheniyu i tusheniyu lesnyh pozharov: prikaz ot 30 iyunya 1995 g. № 100. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
7. Aleshkov I.N., Bondarev A.Ya. Zayavka na sposob tusheniya lesnyh pozharov. МПК А 62S 3/02, 2014.
8. Robototekhnicheskie komplekсы (RTK): osnovnye modeli, opisanie i taktiko-tekhicheskie harakteristiki. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/robototekhnicheskie-komplekсы-mchs-osnovneie-modeli-opisanie-i-tth/> (data obrashcheniya: 12.03.2021).
9. Butler B.W., Cohen J.D. Firefighter safety zones: a theoretical model based on radiative heating // International Journal of Wildland Fire. 1998. Т. 8. №. 2. S. 73–77.
10. Sposob tusheniya lesnyh pozharov / V.A. Zykov [i dr.]: pat. RU 2700 227 C1, 2019. URL: <https://patenton.ru/patent/RU2700227C1> (data obrashcheniya: 12.03.2021).

УДК 004.942

К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОЦЕССА МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ВЫБРОСОВ НА СРЕДУ ОБИТАНИЯ И НАСЕЛЕНИЕ

**О.В. Ложкина, доктор технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.
В.И. Комашинский, доктор технических наук, доцент.
Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко
Российской академии наук**

Описывается метод совершенствования информационного процесса мониторинга и прогнозирования опасного воздействия транспортных выбросов на среду обитания и население, основанный на адаптации данных о структуре и интенсивности движения автотранспортных потоков, получаемых в реальном режиме времени от автоматизированной системы учета транспортных средств Санкт-Петербурга. Предложены научно обоснованные факторы эмиссии поллютантов (угарного газа, оксидов азота, углеводородов и мелкодисперсных взвешенных частиц) для учетных категорий автотранспорта автоматизированной системы учета транспортных средств. Приведены результаты апробации разработанной методики на примере численного исследования загрязнения воздуха вблизи автодорог с высокой интенсивностью движения – Пулковского шоссе и Софийской улицы. Результаты расчета хорошо коррелируют с данными автоматической системы мониторинга загрязнения воздуха Северной столицы.

Ключевые слова: информационный процесс, мониторинг, прогнозирование, загрязнение воздуха, автотранспорт

IMPROVING THE INFORMATION PROCESS OF MONITORING AND FORECASTING THE HAZARDOUS IMPACT OF EXHAUST EMISSIONS ON THE ENVIRONMENT AND POPULATION

O.V. Lozhkina. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
V.I. Komashinsky. Solomenko institute of transport problems of Russian academy of sciences

The paper describes an approach for improving the information process of monitoring and predicting the hazardous impact of transport emissions on the environment and population. The approach adapts the data on the structure and intensity of traffic flows received in real time from the automatic control system of vehicle flows in St. Petersburg. There are also proposed emission factors for major pollutants (carbon monoxide, nitrogen oxides, hydrocarbons and fine suspended particles) for vehicles' categories of the automatic control system of vehicle flows. The paper also describes the results of the approbation of the developed methodology by estimating air pollution near roads with high traffic intensity – Pulkovskoye highway and Sofiyskaya street. The calculation results correlate well with the data of the automatic air pollution monitoring system of the city.

Keywords: information process, monitoring, forecasting, air pollution, road transport

Введение

Независимые исследования ученых по всему миру показывают, что в крупных городах с развитой автодорожной инфраструктурой на автомобильный транспорт приходится более 50 % валовых выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов [1–5].

Эффективность управления экологической безопасностью существенно зависит от качества мониторинга текущей обстановки и достоверности прогнозирования ситуации в будущем в различных пространственно-временных масштабах (от локальных краткосрочных до глобальных долгосрочных), а также эффективности сбора входных информационных данных, адекватности расчетных моделей, эффективности обработки получаемых больших объемов экспериментально-расчетных данных [6–9].

В силу объективной невозможности оснащения всей улично-дорожной сети (УДС) городов дорогостоящим измерительным оборудованием в Российской Федерации и за рубежом, наряду с экспериментальным контролем, проводится расчетный мониторинг загрязнения воздушной среды автотранспортом с помощью специально разработанных для этих целей методических подходов (моделей) и программного обеспечения. В странах Северной и Южной Америки наибольшее распространение получили модели Moves и Mobile [10, 11], в Евросоюзе – COPERT и COPERT Street level [12, 13]. В Российской Федерации расчет выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта может проводиться по методикам, разработанным НИИ Атмосфера (Санкт-Петербург) и Научно-исследовательским институтом автомобильного транспорта (Москва) [14, 15].

Ключевой входной информацией для таких моделей являются сведения о структуре и интенсивности движения автотранспортных потоков (АТП) на обследуемом участке УДС, от точности значения которых зависит достоверность расчета выбросов от АТП и результаты расчетного прогнозирования полей приземных концентраций поллютантов вблизи автодорог [16–19]. Ранее для сбора этой информации требовалось привлечение наблюдателей, которые в течение определенного времени (не менее 20 минут) визуально подсчитывали число автотранспортных средств в каждой точке наблюдения, такой метод, во-первых, имеет субъективный характер (человеческий фактор), во-вторых, имеет серьезные ограничения по масштабу использования – затруднительно привлечение большого числа наблюдателей для выполнения натурного обследования с максимальным «покрытием» территории. Перспективным решением данной проблемы является внедрение и использование автоматизированной системы учета транспортных средств (АСУТС), которой оснащаются автодороги в городах нашей страны в рамках реализации аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» и развития Интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Они позволяют в режиме реального времени с необходимой периодичностью получать информацию о структуре АТП и далее преобразовывать ее в информацию о выбросах загрязняющих веществ (ЗВ) и в информацию об экологической ситуации.

Задачами настоящего исследования явились:

- совершенствование информационного процесса мониторинга и прогнозирования опасного загрязнения воздушной среды автотранспортом с использованием данных о структуре и интенсивности движения АТП, получаемых от АСУТС Санкт-Петербурга;
- обоснование факторов эмиссии ЗВ для учетных категорий автотранспортных средств АСУТС;
- апробация предложенного методического подхода путем расчетного исследования загрязнения воздушной среды вблизи высоко загруженных автодорог Санкт-Петербурга при неблагоприятных метеорологических условиях.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны две автодороги Санкт-Петербурга с интенсивным движением автотранспорта, в том числе грузового, оснащенные автоматизированной системой учета АТС, а именно ул. Софийская (участок от пр. Славы

до ул. Белы Куна, длина участка составляет 1,67 км, ширина проезжей части – 24 м, шесть полос движения) и Пулковское шоссе (участок от Дунайского пр. до Кольцевой автомобильной дороги (КАД), длина участка составляет 2,15 км, ширина проезжей части – 32 м, восемь полос движения).

Данные автоматизированной системы учета автотранспорта были любезно предоставлены Комитетом по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга.

Ключевым моментом при разработке методик, предназначенных для оценки выбросов ЗВ от автотранспортных средств, является определение факторов эмиссии – усредненных удельных пробеговых выбросов (г/км или г/с) для учетных категорий транспортных средств.

Факторы эмиссии ЗВ для учетных категорий АТС обосновывались с учетом анализа собственных экспериментальных данных, значений удельных выбросов поллютантов Методики определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга, утвержденной распоряжением Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга № 33-р от 29 января 2019 г. (Методика), информационной базы факторов эмиссии руководства по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ Европейского Союза ЕМЕР/ЕА [20]. При их назначении также учитывалась структура автопарка Санкт-Петербурга – распределение автомобилей по экологическим классам, возрасту, типу используемого топлива (бензин, дизельное топливо, сжатый природный газ).

Оценка выбросов ЗВ автотранспортными потоками и расчет концентрационных полей их рассеивания в придорожном воздухе проводились с использованием программных продуктов «Магистраль» и «Эколог» фирмы «Интеграл» (Санкт-Петербург) после внесения в них изменений, соответствующих задачам и условиям исследования.

Результаты и обсуждение

В принятых в Российской Федерации методиках расчета выбросов ЗВ от автотранспорта, в том числе в вышеупомянутой Методике, учет АТС ведется по пяти легкоидентифицируемым для наблюдателей категориям: легковые автомобили, легкий коммерческий транспорт (микроавтобусы и автофургоны до 3,5 т), грузовые автомобили от 3,5 до 12 т, грузовые автомобили свыше 12 т (автопоезда), автобусы. Классификационными признаками служат тип АТС и грузоподъемность. Именно для этих категорий установлены значения усредненных удельных выбросов (факторов эмиссии) ЗВ.

В системе автоматизированного учета, которой оборудованы автодороги Санкт-Петербурга, в качестве классификационного признака выступает линейный размер автотранспортного средства – его длина. Учет ведется по шести категориям АТС (Mid Size 1, Mid Size 2, Long Veh 1, Long Veh 2, XLong Veh, Volume) по каждой полосе движения. Для АТП на каждой полосе движения также определяется средняя скорость потока. Информация обновляется каждые 5 минут. На рис. 1 представлен пример текстового файла, генерируемого АСУТС.

```
28 04 2017 10:15:00
MESSAGE NO. 3          VOLUME:   25   37   22
                     MID SIZE 1:    0    5    5
                     MID SIZE 2:    4    2    0
                     LONG VEH 1:    1    2    0
                     LONG VEH 2:    1    1    0
                     XLONG VEH:    2    2    0
STATION ID. 6         OCCUPANCY:   3    4    1
FWDLK SPEED ?     SIDEFRD SPD:   79   83   75
Dir. 128 V. 123 H. 16
```

Рис. 1. Фрагмент текстового файла АСУТС

Анализ сведений об АСУТС показал, что значение «Volume» отражает общую численность ТС на дороге, значение «Mid Size 1» – численность микроавтобусов и автофургонов, значения «Mid Size 2», «Long Veh 1», «Long Veh 2» и «X long» – число грузовых автомобилей. Тогда число легковых АТС (Cars) можно определить по формуле:

$$\text{Cars} = \text{Volume} - \sum \text{Mid Size 1} + \text{Mid Size 2} + \text{Long Veh 1} + \text{Long Veh 2} + \text{X long}.$$

На городской УДС с регулируемым движением средняя скорость потока практически одинакова для всех категорий ТС и составляет в часы пик 15–35 км/ч, а не в часы пик – 40–70 км/ч, поэтому для проведения расчета вполне обосновано использование усредненных значений скоростей для всего АТП, а не для каждой категории в отдельности.

В новой Методике, разработанной специально для Санкт-Петербурга, описана последовательность адаптации к ее расчетному аппарату данных о структуре АТП и интенсивности движения, получаемых от датчиков АСУТС. С точки зрения авторов, в качестве дополнения к уже существующему аппарату и в контексте развития экологических приложений ИТС целесообразно определение факторов эмиссии поллютантов для учетных категорий ТС автоматизированной системы.

Значения факторов эмиссии основных поллютантов (угарного газа (CO), оксидов азота (NO_x), углеводородов (CH), мелкодисперсных взвешенных частиц PM_{2.5}, определенные с учетом анализа удельных пробеговых выбросов, установленных для каждой категории ТС, и представительности этих категорий в структуре эксплуатируемого в Санкт-Петербурге автотранспорта, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Усредненные удельные пробеговые выбросы (факторы эмиссии) поллютантов для учетных категорий автотранспорта АСУТС, г/км

Категория АТС в АСУТС	Cars	Mid Size 1	Mid Size 2	Long Veh 1	Long Veh 2	X long
CO	0,81	4,18	4,76	4,91	5,13	5,21
NO _x	0,27	1,65	4,32	5,83	6,82	7,54
CH	0,24	0,63	0,87	1,4	1,83	3,11
PM _{2.5} (exhaust)	0,005	0,034	0,14	0,34	0,41	0,62

Примечание: Cars – легковые автомобили; Mid Size 1 – легкий коммерческий транспорт до 3,5 т; Mid Size 2 – грузовые автомобили и автобусы средней длины; Long Veh 1 – грузовые автомобили и автобусы большой длины 1; Long Veh 2 – грузовые автомобили и автобусы большой длины 2; X long – сверхдлинные грузовые автомобили и сочлененные автобусы

В табл. 2 представлены усредненные (с 20-минутным осреднением) и обобщенные (по полосам движения) данные о структуре АТП, полученные с помощью АСУТС для исследуемых участков ул. Софийской и Дунайского пр. Санкт-Петербурга в часы пик в марте–апреле 2018 г.

Для проведения расчетов выбросов от автотранспортных потоков использовалось программное обеспечение «Магистраль», в исходные базы которого были введены новые категории АТС (согласно АСУТС) и для этих категорий – факторы эмиссии ЗВ (табл. 1).

Результаты расчета выбросов от автотранспортных потоков синхронно передаются в расчетный модуль «Эколога», с помощью которого осуществляется численное прогнозирование загрязнения воздушной среды при неблагоприятных метеорологических условиях (НМУ).

Результаты расчетного прогнозирования загрязнения придорожного воздуха диоксидом азота (NO₂) при НМУ на исследуемых участках Пулковского шоссе и ул. Софийской Санкт-Петербурга визуализированы на рис. 2, 3 соответственно.

Таблица 2. Структура автотранспортных потоков на ул. Софийской и Дунайском пр. Санкт-Петербурга по данным АСУТС в часы пик в марте–апреле 2018 г.

Участок УДС	Интенсивность движения авт./20 мин						Скорость, км/ч	
	Cars	Mid Size 1	Mid Size 2	Long Veh 1	Long Veh 2	X long		Volume
Пулковское ш. (Дунайский пр. – КАД)	808	238	50	21	13	26	1156	60
Пулковское ш. (КАД – Дунайский пр.)	625	250	56	19	15	15	980	60
Пулковское ш. в обоих направлениях	1433	488	106	40	28	41	2136	60
Софийская ул. (пр. Славы – ул. Белы Куна)	449	140	33	16	8	9	655	45
Софийская ул. (ул. Белы Куна – пр. Славы)	289	92	32	15	10	35	475	45
Софийская ул. (в обоих направлениях)	738	232	65	31	18	44	1130	45



Рис. 2. Расчетное прогнозирование загрязнения воздушной среды в долях ПДК диоксидом азота вблизи Пулковского шоссе Санкт-Петербурга при неблагоприятных метеоусловиях и высокой транспортной нагрузке

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при неблагоприятных метеорологических условиях для рассеивания опасных примесей в воздухе (штилевой погоде, температурной инверсии, высокой инсоляции) и высокой транспортной нагрузке (6 408 авт./ч на Пулковском шоссе и 3 390 авт./ч на ул. Софийской) вблизи Пулковского шоссе, где доля грузового транспорта и автобусов составляет 10 %, могут формироваться высокие приземные концентрации диоксида азота, превышающие ПДК непосредственно на дороге в три–пять раз и в ее окрестностях в 1,3–2,0 раза. На ул. Софийской, где доля крупнотоннажных АТС составляет 14 %, содержание NO_2 в придорожном воздухе может достигать 2–4 ПДК на автодороге, а в прилегающих жилых кварталах 1,1–1,5 ПДК (рис. 2, 3 соответственно).

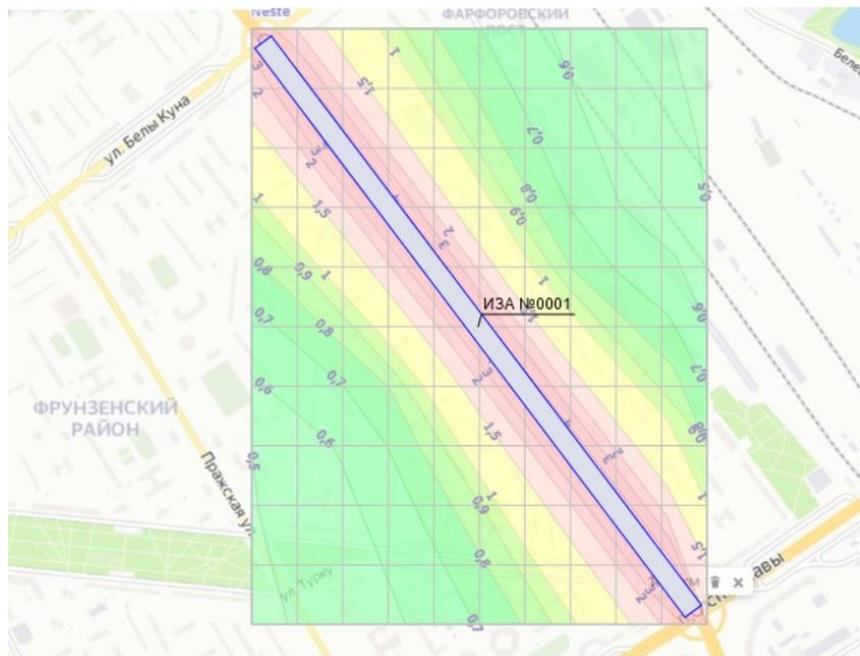


Рис. 3. Расчетное прогнозирование загрязнения воздушной среды в долях ПДК диоксидом азота вблизи ул. Софийской Санкт-Петербурга при неблагоприятных метеоусловиях и высокой транспортной нагрузке

По мелкодисперсным взвешенным частицами $PM_{2.5}$ возможно превышение ПДК на Пулковском шоссе и в его окрестностях до 2,5 и 1,5 раз соответственно, а на ул. Софийской и в ее окрестностях – до 1,7 и 1,2 раз соответственно.

В то же время концентрации угарного газа и углеводородов не будут превышать установленные нормативные значения.

Полученные расчетные значения хорошо коррелируют с данными автоматической системы мониторинга качества воздушной среды Санкт-Петербурга [21].

Формирование единого комплексного подхода к обеспечению техносферной безопасности транспортных систем в городах стало приоритетной задачей современного общества, и, как показывает опыт развития и внедрения аппаратно-программного комплекса «Безопасный город», решение задач подобного рода невозможно без активного использования последних достижений в сфере информационных и телекоммуникационных технологий, в том числе системы сбора и структурирования информации о транспортных потоках. Такая информация не только обеспечивает основу для мониторинга и управления дорожным движением в режиме реального времени, но и может быть использована для расчетного мониторинга загрязнения воздуха в окрестности автомагистралей.

В результате проведенного исследования был предложен научно обоснованный подход для адаптации данных о структуре и интенсивности движения автотранспортных потоков, получаемых от АСУТС Санкт-Петербурга, для расчетного мониторинга и прогнозирования выбросов от АТП и загрязнения воздуха в окрестностях автодорог. Впервые были обоснованы факторы эмиссии ключевых поллютантов (угарного газа, оксидов азота, углеводородов, мелкодисперсных взвешенных частиц $PM_{2.5}$) для учетных категорий автотранспорта АСУТС. Была также проведена апробация разработанной методики на примере численного исследования загрязнения воздуха вблизи автодорог с высокой интенсивностью движения – Пулковского шоссе и ул. Софийской. Результаты расчета хорошо коррелируют с данными автоматической системы мониторинга загрязнения воздуха Северной столицы, что подтверждает состоятельность предложенного метода.

Литература

1. Barnes J.H., Chatterton T.J., Longhurst J.W.S. Emissions vs exposure: Increasing injustice from road traffic-related air pollution in the United Kingdom // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2019. V. 73. P. 56–66.
2. Font A., Guiseppin L., Blangiardo M., Ghersi V., Fuller G.W. A tale of two cities: is air pollution improving in Paris and London? // *Environmental Pollution*. 2019. V. 249. P. 1–12.
3. Amato F., Favez O., Pandolfi M., Alastuey A., Querol X., Moukhtar S., Sciare, J. Traffic induced particle resuspension in Paris: Emission factors and source contributions // *Atmos. Environ.* 2016. V. 129. P. 114–124.
4. Zhang S., Wu Y., Hu J., Huang R., Zhou Y., Bao X., Fu L., Hao J. Can Euro V heavy-duty diesel engines, diesel hybrid and alternative fuel technologies mitigate NOX emissions? New evidence from on-road tests of buses in China // *Appl. Energy*. 2014. V. 132. P. 118–126.
5. Yakubovich A.N., Yakubovich I.A., Trofimenko Y.V., Shashina E.V. Intelligent management system of the automobile road's technical and operational condition in the Cryolithozone // In proceedings of «Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on-Board Communications, SOSG 2019». 2019. e8706742.
6. Lozhkin V., Gavkalyuk B., Lozhkina O., Evtukov S., Ginzburg G. Monitoring of extreme air pollution on ring roads with PM_{2.5} soot particles considering their chemical composition (case study of Saint Petersburg) // *Transportation Research Procedia*. 2020. V. 50. P. 381–388.
7. Lozhkina O., Rogozinsky G., Lozhkin V., Malygin I., Komashinsky V. Smart Technologies for Decision-Support in the Management of Environmental Safety of Transportation in Big Port Cities // *Marine Intellectual Technologies*. 2020. Vol. 1. № 2 (48). P. 125–133.
8. Lozhkin V., Lozhkina O., Rogozinsky G., Malygin I. On Information Technology Development for Monitoring of Air Pollution by Road and Water Transport in Large Port Cities // *Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2018. Communications in Computer and Information Science*. 2020. V. 1201. P. 384–396.
9. Lozhkina O., Lozhkin V., Seliverstov S., Kripak M. Forecasting of dangerous air pollution by cruise ships and motor vehicles in the areas of their joint influence in Sevastopol, Vladivostok and St. Petersburg // *Water and Ecology*. 2020. № 1 (81). P. 38–50.
10. Vallamsundar S., Lin J. Overview of U.S EPA New Generation Emission Model: MOVES // *ACEEE Int. J. on Transportation and Urban Development*. 2011. V. 1. № 1.
11. Guevara M., Tena C., Soret A., Serradell K., Guzmán D., Retama A., Camacho P., Jaimes-Palomera M., Mediavilla A. An emission processing system for air quality modelling in the Mexico City metropolitan area: Evaluation and comparison of the MOBILE6.2-Mexico and MOVES-Mexico traffic emissions // *Sci. Total Environ.* 2017. V. 584–585. P. 882–900.
12. Ntziachristos L., Gkatzoflias D., Kouridis C., Samaras Z. COPERT: A European Road Transport Emission. Proceedings of the 4th International ICSC Symposium, Thessaloniki. 2009. P. 491–504.
13. Samaras Ch., Ntziachristos L., Samaras Z. COPERT Micro: a tool to calculate the vehicle emissions in urban areas. *Transport Research Arena 2014, Paris*. URL: https://www.researchgate.net/figure/COPERT-Micro-user-interface-main-sheet_fig2_304479953 (дата обращения: 11.04.2021).
14. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха (утв. приказом Минприроды России от 27 нояб. 2019 г. № 804, зарег. в Минюсте России 24 дек. 2019 г. № 56957). Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
15. Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов. М., 2012.
16. Zhang Sh., Niu T., Wu Y. [et al.]. Fine-grained vehicle emission management using intelligent transportation system data // *Environmental Pollution*. 2018. V. 241. P. 1027–1037.

17. Yang Zh., Peng J., Wu L. et al. Speed-guided intelligent transportation system helps achieve low-carbon and green traffic: Evidence from real-world measurements // *Journal of Cleaner Production*. 2020. V. 268. 122230.

18. К вопросу о развитии информационно-коммуникационного процесса управления экологической безопасностью автомобильного транспорта в городах / О.В. Ложкина [и др.] // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2016. № 4 (40). С. 91–98.

19. Ложкина О.В., Ложкин В.Н., Комашинский В.И. К вопросу о развитии информационного процесса мониторинга экологической безопасности автомобильного и водного транспорта большого города (на примере Санкт-Петербурга) // *Вопросы оборонной техники. Сер. 16: Технические средства противодействия терроризму*. 2018. № 1–2 (115–116). С. 160–166.

20. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. Technical guidance to prepare national emission inventories. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016> (дата обращения: 25.02.2021).

21. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2018 году / под ред. И.А. Серебрицкого. СПб.: ООО «Сезам-принт», 2019. 264 с.

References

1. Barnes J.H., Chatterton T.J., Longhurst J.W.S. Emissions vs exposure: Increasing injustice from road traffic-related air pollution in the United Kingdom // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2019. V. 73. P. 56–66.

2. Font A., Guiseppe L., Blangiardo M., Ghersi V., Fuller G.W. A tale of two cities: is air pollution improving in Paris and London? // *Environmental Pollution*. 2019. V. 249. P. 1–12.

3. Amato F., Favez O., Pandolfi M., Alastuey A., Querol X., Moukhtar S., Sciare, J. Traffic induced particle resuspension in Paris: Emission factors and source contributions // *Atmos. Environ.* 2016. V. 129. P. 114–124.

4. Zhang S., Wu Y., Hu J., Huang R., Zhou Y., Bao X., Fu L., Hao J. Can Euro V heavy-duty diesel engines, diesel hybrid and alternative fuel technologies mitigate NOX emissions? New evidence from on-road tests of buses in China // *Appl. Energy*. 2014. V. 132. P. 118–126.

5. Yakubovich A.N., Yakubovich I.A., Trofimenko Y.V., Shashina E.V. Intelligent management system of the automobile road's technical and operational condition in the Cryolithozone // In proceedings of «Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on-Board Communications, SOSG 2019». 2019. e8706742.

6. Lozhkin V., Gavkalyuk B., Lozhkina O., Evtukov S., Ginzburg G. Monitoring of extreme air pollution on ring roads with PM_{2.5} soot particles considering their chemical composition (case study of Saint Petersburg) // *Transportation Research Procedia*. 2020. V. 50. P. 381–388.

7. Lozhkina O., Rogozinsky G., Lozhkin V., Malygin I., Komashinsky V. Smart Technologies for Decision-Support in the Management of Environmental Safety of Transportation in Big Port Cities // *Marine Intellectual Technologies*. 2020. Vol. 1. № 2 (48). P. 125–133.

8. Lozhkin V., Lozhkina O., Rogozinsky G., Malygin I. On Information Technology Development for Monitoring of Air Pollution by Road and Water Transport in Large Port Cities // *Modern Information Technology and IT Education. SITITO 2018. Communications in Computer and Information Science*. 2020. V. 1201. P. 384–396.

9. Lozhkina O., Lozhkin V., Seliverstov S., Kripak M. Forecasting of dangerous air pollution by cruise ships and motor vehicles in the areas of their joint influence in Sevastopol, Vladivostok and St. Petersburg // *Water and Ecology*. 2020. № 1 (81). P. 38–50.

10. Vallamsundar S., Lin J. Overview of U.S EPA New Generation Emission Model: MOVES // *ACEEE Int. J. on Transportation and Urban Development*. 2011. V. 1. № 1.

11. Guevara M., Tena C., Soret A., Serradell K., Guzmán D., Retama A., Camacho P., Jaimes-Palomera M., Mediavilla A. An emission processing system for air quality modelling in the Mexico City metropolitan area: Evaluation and comparison of the MOBILE6.2-Mexico and MOVES-Mexico traffic emissions // *Sci. Total Environ.* 2017. V. 584–585. P. 882–900.

12. Ntziachristos L., Gkatzoflias D., Kouridis C., Samaras Z. COPERT: A European Road Transport Emission. Proceedings of the 4th International ICSC Symposium, Thessaloniki. 2009. P. 491–504.
13. Samaras Ch., Ntziachristos L., Samaras Z. COPERT Micro: a tool to calculate the vehicle emissions in urban areas. Transport Research Arena 2014, Paris. URL: https://www.researchgate.net/figure/COPERT-Micro-user-interface-main-sheet_fig2_304479953 (data obrashcheniya: 11.04.2021).
14. Metodika opredeleniya vybrosov zagryaznyayushchih veshchestv v atmosferyj vozduh ot peredvizhnyh istochnikov dlya provedeniya svodnyh raschetov zagryazneniya atmosfernogo vozduha (utv. prikazom Minprirody Rossii ot 27 noyab. 2019 g. № 804, zareg. v Minyuste Rossii 24 dek. 2019 g. № 56957). Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».
15. Raschetnaya instrukciya (metodika) po inventarizacii vybrosov zagryaznyayushchih veshchestv ot avtotransportnyh sredstv na territorii krupnejshih gorodov. M., 2012.
16. Zhang Sh., Niu T., Wu Y. et al. Fine-grained vehicle emission management using intelligent transportation system data // Environmental Pollution. 2018. V. 241. P. 1027–1037.
17. Yang Zh., Peng J., Wu L. [et al.]. Speed-guided intelligent transportation system helps achieve low-carbon and green traffic: Evidence from real-world measurements // Journal of Cleaner Production. 2020. V. 268. 122230.
18. Lozhkina O.V., Lozhkin V.N., Malygin I.G., Komashinskij V.I. K voprosu o razvitii informacionno-kommunikacionnogo processa upravleniya ekologicheskoy bezopasnost'yu avtomobil'nogo transporta v gorodah // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2016. № 4 (40). S. 91–98.
19. Lozhkina O.V., Lozhkin V.N., Komashinskij V.I. K voprosu o razvitii informacionnogo processa monitoringa ekologicheskoy bezopasnosti avtomobil'nogo i vodnogo transporta bol'shogo goroda (na primere Sankt-Peterburga) // Voprosy oboronnoj tekhniki. Ser. 16: Tekhnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu. 2018. № 1–2 (115–116). S. 160–166.
20. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. Technical guidance to prepare national emission inventories. URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016> (data obrashcheniya: 25.02.2021).
21. Doklad ob ekologicheskoy situacii v Sankt-Peterburge v 2018 godu / pod red. I.A. Serebrickogo. SPb.: OOO «Sezam-print», 2019. 264 c.

УДК 551.46.077(261.24)

ГРУППОВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПОДВОДНЫХ ПЛАНЕРОВ В ЗАДАЧЕ МОНИТОРИНГА ПОДВОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

А.М. Маевский.**Санкт-Петербургский государственный морской технический университет.****В.Ю. Занин.****АО «НПП ПТ «Океанос».****С.А. Турсенев, кандидат технических наук, доцент.****Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрена задача обеспечения оперативного мониторинга экологического состояния акватории с подводными потенциально-опасными объектами на примере мониторинга экологического состояния акватории при ликвидации последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов. В качестве решения указанной задачи авторы предлагают использовать группы автономных необитаемых подводных аппаратов планерного типа (глайдеров), обеспечивающих быстрое развёртывание в районе, широкий охват акватории и в целом оперативное выполнение поставленной задачи. Методом решения является организация группового применения аппаратов в области возникновения чрезвычайных ситуаций с целью вскрытия реальной обстановки с загрязнением и составления оперативной модели распространения загрязнения.

Ключевые слова: автономные необитаемые подводные аппараты, глайдер, групповое управление, мониторинг акватории, ликвидация аварийных разливов нефти, подводный потенциально-опасный объект

GROUP APPLICATION OF UNDERWATER GLIDERS IN THE TASK OF MONITORING OF UNDERWATER POTENTIALLY HAZARDOUS OBJECTS ON THE EXAMPLE OF EMERGENCY OIL SPILL RESPONSE

A.M. Maevskiy. Saint-Petersburg state marine technical university.**V. Yu. Zanin. CEO's councilor. JSC «Oceanos».****S.A. Tursenev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

The paper considers the task of ensuring operational monitoring of the ecological state of the water area with underwater potentially hazardous objects on the example of monitoring the ecological state of the water area during the elimination of the consequences of emergency situations such as oil spill response. The solution to the problem is based on the use of groups of autonomous unmanned underwater vehicles of the glider type (gliders), which ensure rapid deployment in the area, wide coverage of the water area and, in general, the prompt implementation of the task. The method of solution is the organization of group use of devices in the area of emergencies with the aim of revealing the real situation with pollution and drawing up an operational model of the spread of pollution.

Keywords: autonomous unmanned underwater vehicles, glider, group control, water area monitoring, oil spill response, underwater potentially hazardous objects

К чрезвычайным ситуациям (ЧС), возникающим на морских акваториях, относят такие явления как: формирование тропических циклонов и тайфунов, вызывающих наводнения; напор или интенсивный дрейф льдов в Арктическом регионе; разливы химических веществ, нефти и нефтепродуктов, в результате столкновения судов, а также ЧС, возникающих на объектах нефтегазодобывающей и транспортной инфраструктуры. В среднем только на морских акваториях Арктической зоны Российской Федерации ежегодно происходит свыше 100 ЧС, среди которых с каждым годом растет доля ЧС техногенного характера, включая транспортные аварии (30 %), взрывы и пожары технологического оборудования (24 %) [1, 2].

ПАО «Газпром» в рамках программы развития до 2030 г. планирует увеличение добычи полезных ископаемых на дальнем шельфе, в том числе увеличение количества подводных добывающих комплексов углеводородов (рис. 1) [3]. Развитие нефтегазового сектора для экономики страны несомненно необходимо, однако одновременно с этим повышается потенциальная опасность возникновения ЧС на добывающих комплексах. Примером тому является авария, произошедшая на добывающей платформе Deepwater Horizon в апреле 2010 г. Выбросы нефти в океан происходили более 80 дней, что повлекло развитие одной из крупнейших экологических катастроф за всю историю цивилизации. С целью ликвидации катастрофы был сформирован кластер, объединивший как ученых, так и службы экстренного реагирования. Основной задачей являлось не только предотвращение распространения образовавшегося разлива нефти, но и мониторинг и прогнозирование последствий произошедшей катастрофы. Через несколько недель после начала разлива нефти в Мексиканском заливе ученые из океанографического института Вудс-Хоул (WHOI) и их коллеги развернули группу автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) планерного типа Spray Glider для картирования течений в заливе в период с июня по август [4]. Эти измерения помогли спрогнозировать распространение нефти на поверхности и в толще воды и развеять опасения, что нефть распространится далеко за пределы Мексиканского залива. Параллельно с этим ученые из морской лаборатории Mote во Флориде развернули группу подводных планеров типа Slocum для наблюдения за водами у побережья Мексиканского залива Флориды на предмет признаков приближения нефти из аварийной Deepwater Horizon к берегу. Групповое применение морских робототехнических комплексов с АНПА планерного типа позволило ученым и специалистам по ликвидации ЧС сформировать необходимые массивы данных в различных горизонтах глубин во временной развёртке. Полученные сведения обеспечили возможность в оперативном режиме отслеживать изменение структуры нефтяного пятна и его перемещение (рис. 2), а также накапливать материал для прогностических моделей, основанных на методе «больших данных».

Как отметили специалисты по ликвидации ЧС на Deepwater Horizon, практическая тенденция распространения разливов нефти в донных слоях акватории или в приповерхностном слое очень отличается от существовавших ранее теоретических расчетных моделей. Разрабатываемые прогностические методы и модели построения последующего состояния и распространения нефтяного загрязнения не всегда могут дать точное представление о происходящих изменениях в морской среде ввиду неоднородности среды и сложности протекающих процессов в градиентах глубин акватории. Тысячи отдельных углеводородных соединений, входящих в состав нефти (а также потенциальные загрязнения, связанные с авариями на ППО), по-разному ведут себя на различных глубинах под воздействием течений, различного состава водной среды, ее плотности, повышенного давления и перепадов температур. Дополнительные сложности накладывают многочисленные процессы, связанные с разложением загрязнений их растворением, рассеиванием, осаждением, испарением, эмульсификацией, выветриванием и т.д. (рис. 3).

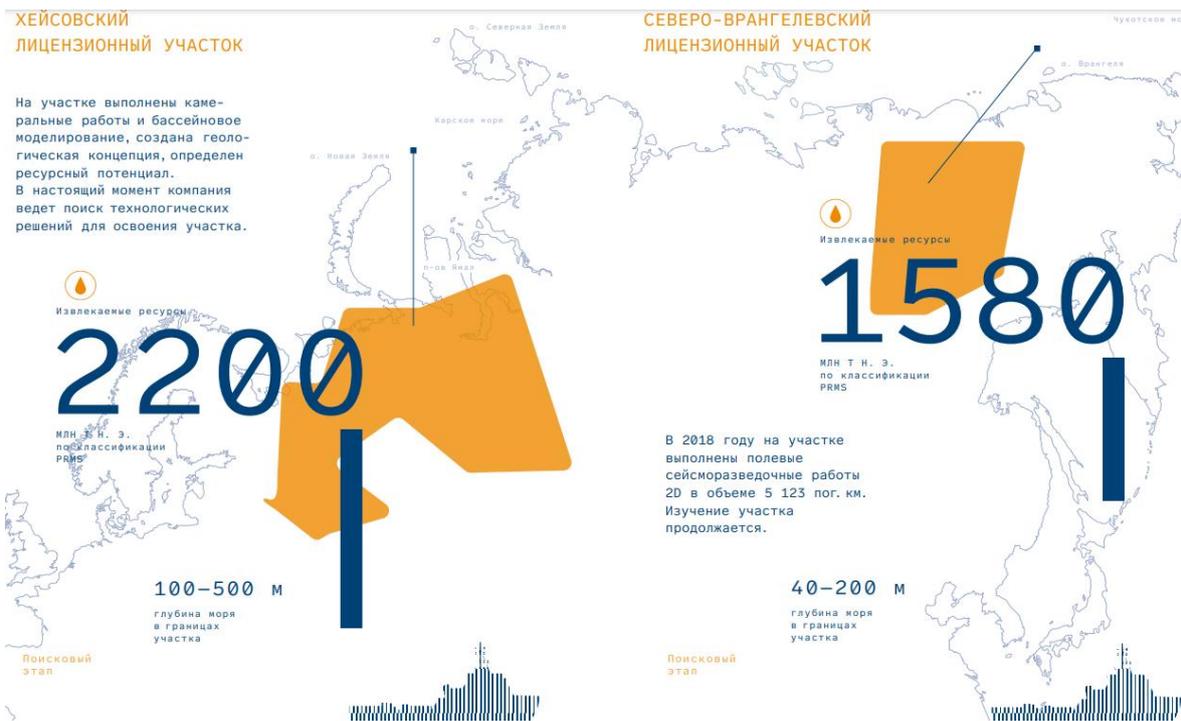


Рис. 1. Информация ПАО «Газпром» по планируемым работам на месторождениях

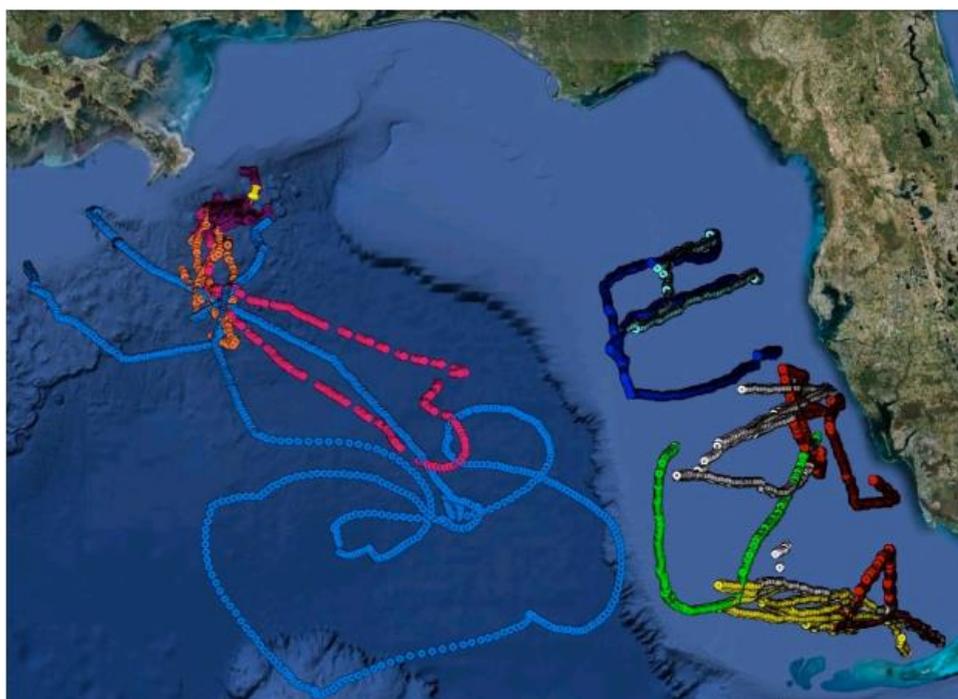


Рис. 2. Траектории движения глайдеров в окрестности аварийной платформы Deepwater Horizon в Мексиканском заливе [4]

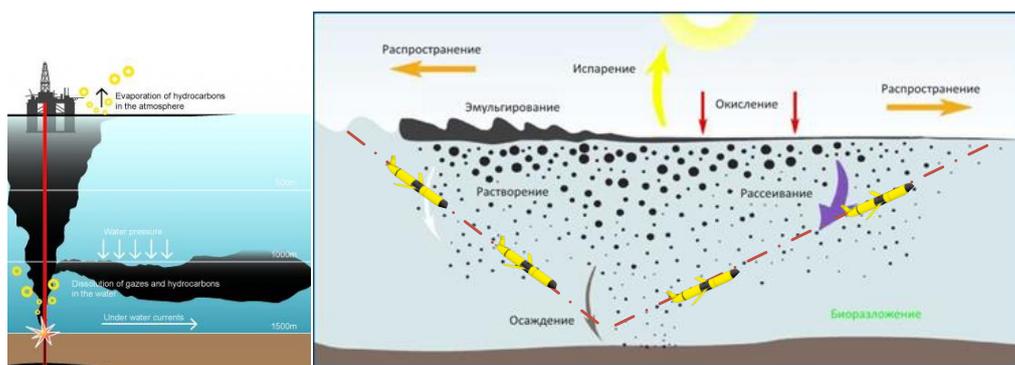


Рис. 3. Процессы взаимодействия загрязнений и морской среды на наиболее наглядном примере нефти и преимущество применения глайдеров

Снимки последствий ЧС на Deepwater Horizon, полученные со спутника в 2D, принципиально не давали полной картины происходящего в 3D пространстве (рис. 4) [5], и являются показательными в части ошибочности моделирования ЧС, основанного на 2D данных спутниковых или поверхностных сенсорных баз и отсутствия временного накопления 3D данных.

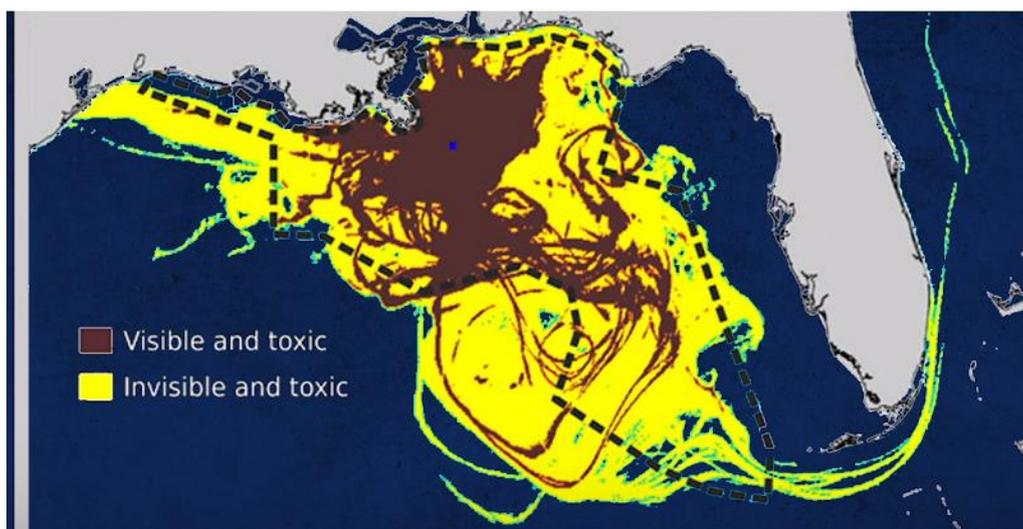


Рис. 4. Спутниковые снимки, отражающие видимые и невидимые разливы токсичных элементов в результате аварии на Deepwater Horizon

Пример произошедшей экологической катастрофы показывает, насколько необходимо иметь возможность применения морских робототехнических комплексов (МРТК) для оперативной мобилизации и мониторинга. В частности, применение групп подводных глайдеров помогает обеспечить не просто более эффективный анализ и мониторинг морского пространства в зоне ЧС, решая позиционные задачи (задачи, связанные с выходом в определенные позиции и обследования обозначенных акваторий), а во многом благодаря своему принципу перемещения глайдеры могут исследовать область акватории в широком диапазоне глубин, что позволяет собрать большие массивы данных с временной развёрткой для построения реально достоверной модели распространения загрязнения.

В качестве полезной нагрузки на аппараты могут быть установлены (рис. 5):

– СТД зонды и датчики скорости звука для определения параметров температуры, плотности, солености и скорости жидкости [6–8];

- лазерные датчики метана (LMS) для определения концентрации метана в жидкости [9];
- датчики различного исполнения для определения уровня нефтяного загрязнения (к примеру, SeaOWL);
- датчики измерения фотосинтетического активного излучения в воде (PAR), включая датчики наблюдения параметров фитопланктона (FIRe) [10, 11];
- датчики химических веществ, радионуклидов и т.д.

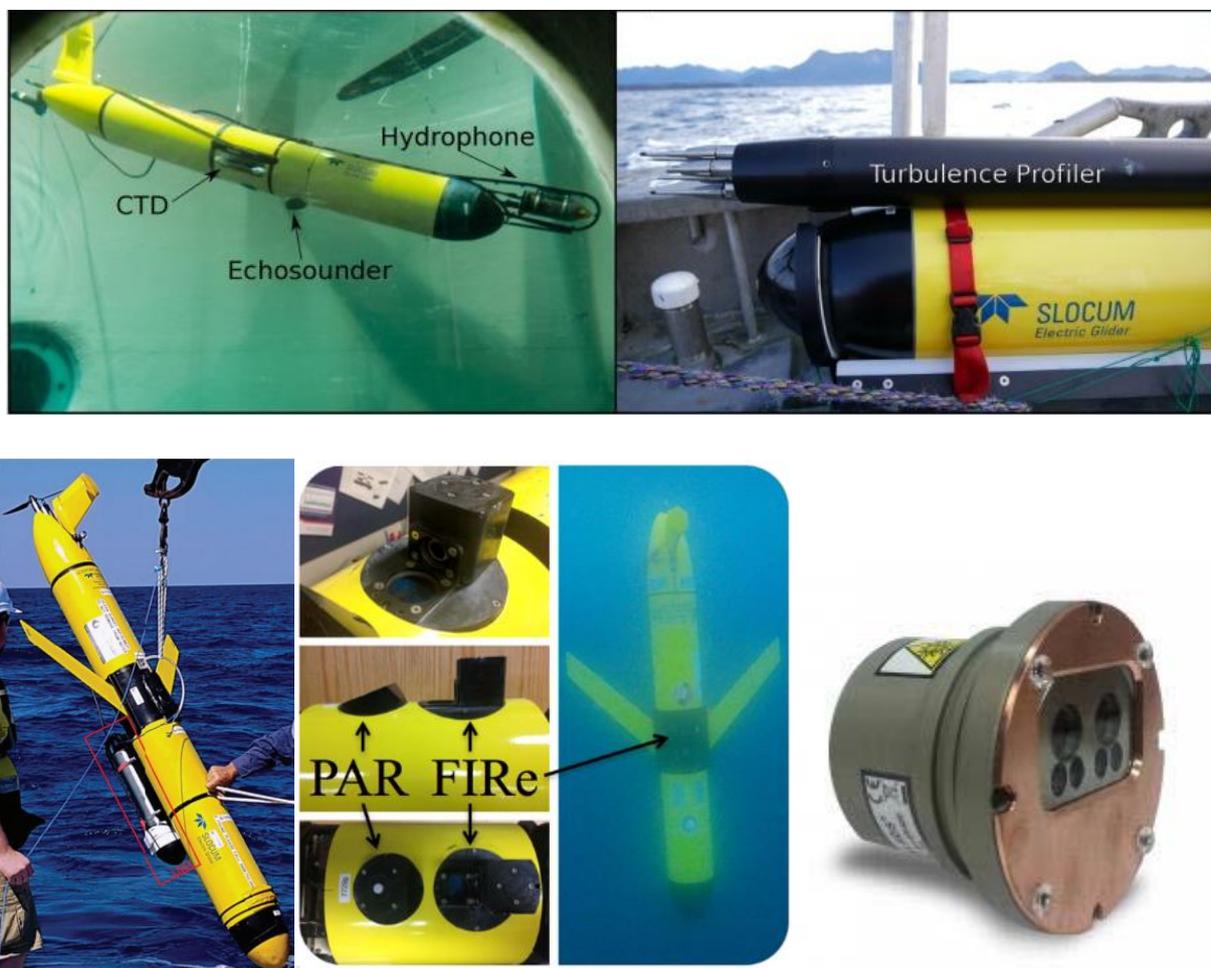


Рис. 5. Примеры полезной нагрузки на глайдере типа Slocum

В качестве примера модели группового применения АНПА планерного типа рассмотрим задачу, связанную с ЧС, в результате которой произошел разлив нефтяной жидкости на открытой акватории. Для того, чтобы предотвратить распространение нефтяного пятна, необходимо определить его границы. Размеры и интенсивность распространения зачастую зависят от параметров скорости ветра и подводных течений на акватории. Исходя из этого, авторами рассматривается два метода использования группы глайдеров: когда ветровое воздействие (или течение) смещает нефтяную область и случай, когда нефтяное пятно не подвергается сильным перемещениям в пределах акватории.

Допустим, что в акватории пространства R в точке $K \in R$ произошло столкновение двух нефтяных танкеров (рис. 8) или утечка с нефтяной платформой (рис. 9), в результате чего в акваторию было разлито определенное количество нефти, образующей нефтяное пятно $N \in R$. Со спутника или средств воздушного патрулирования имеется информация о видимых границах пятна N . Используя методы определения контура изображения, составим массив данных:

$$P(U, V, t) = \{Pn_1, Pn_2 \dots Pn_n\},$$

где n – количество точек контура; $Pn_n = [x_n, y_n]$ – двухмерная координата точки контура.

С учетом имеющихся данных о величине скорости ветра U и силы подводных течений V необходимо определить реальные 3D границы $H(U, V, t) = \{Ph_1, Ph_2 \dots Ph_n\}$ области нефтяного пятна N . Для этого введем величину, оценивающую общий потенциал загрязнения $\beta(t)$, с учетом того что $\beta(t) = 1$ означает, и глайдер в момент времени t находится в границе области нефтяного пятна, а $\beta(t) < \text{const}$ (допустим $\text{const} = 0,1$) описывает, что параметр загрязнения в момент времени t находится в норме (const).

Метод покрытия обнаружения контура нефтяного пятна основывается на работе следующего алгоритма (рис. 6):

1. Движение глайдера из точки старта в первую точку Pn_1 на основании ее координат и относительного курсового угла θ .

2. При достижении глайдером точки Pn_1 с определенным значением параметра $\beta(t) = 1$ система планирования глайдера формирует дополнительную точку Pe_1 с курсовым углом $\alpha = 45$ градусов, в результате чего глайдер начинает движение к точке Pe_1 .

3. В случае достижения глайдером позиции Pe_1 с учетом $\beta(t) \neq 0,1$ планировщик глайдера формирует следующую точку Pe_1 с соблюдением курсового угла α .

4. Если в процессе перемещения датчики полезной нагрузки определяют значение $\beta(t) = 0,1$, то система планирования движения глайдера оценивает, возможно ли вернуться в следующую позицию (к примеру, Pn_2), если это невозможно ввиду динамических характеристик глайдера, то в качестве целевой точки выбирается следующая Pn_3 . При $\beta(t) > 0,1$ алгоритм повторяется с п. 3.

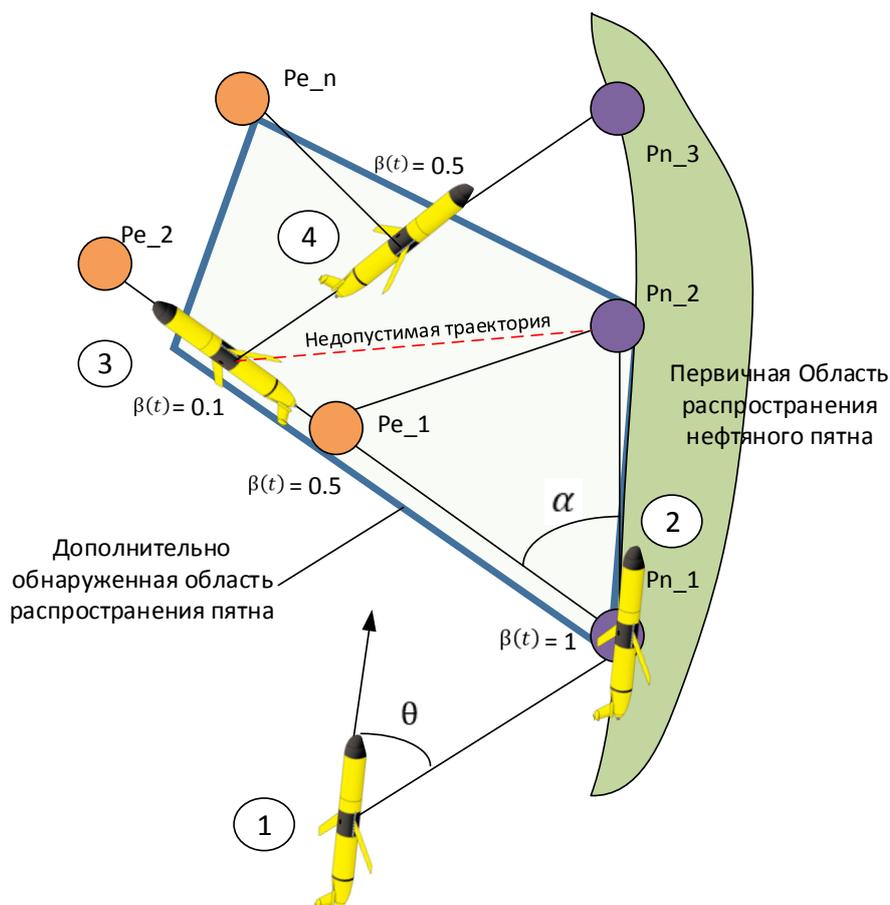


Рис. 6. Схематичное отображение работы адаптивного алгоритма планирования движения глайдера

На основе разработанного алгоритма представляется возможным определение дополнительной области распространения нефтяного пятна E в автономном режиме с учетом адаптивной системы планирования траектории перемещения глайдера на основе данных от систем полезной нагрузки аппарата. Схематичное изображение движения глайдера вдоль контура области нефтяного пятна изображено на рис. 7.

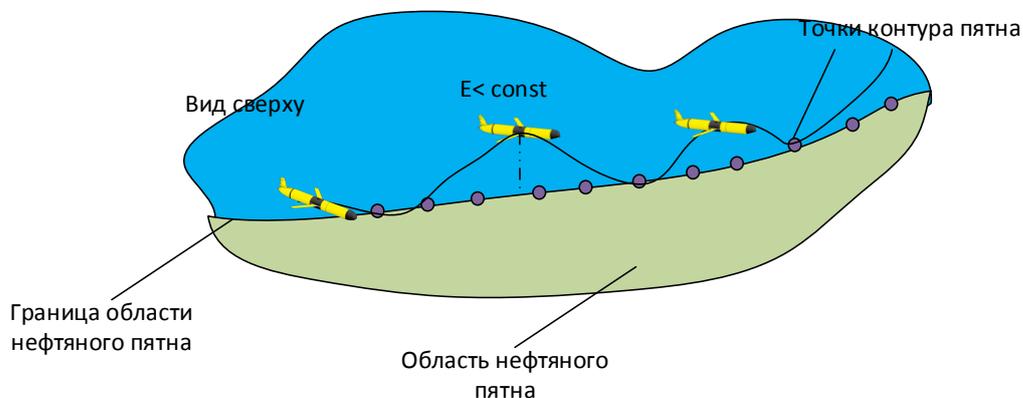


Рис. 7. Принцип перемещения глайдера по контуру нефтяного пятна

Таким образом, сформулированная ранее задача сводится к перемещению глайдера вдоль известного массива координат Pn_n с учетом градиентного отклонения аппарата от целевой траектории на основании данных, получаемых от сенсорной системы, посредством чего выстраиваются 3D области пространства $E \in R$. Пример использования группы глайдеров на основе описанного алгоритма представлен на рис. 8.

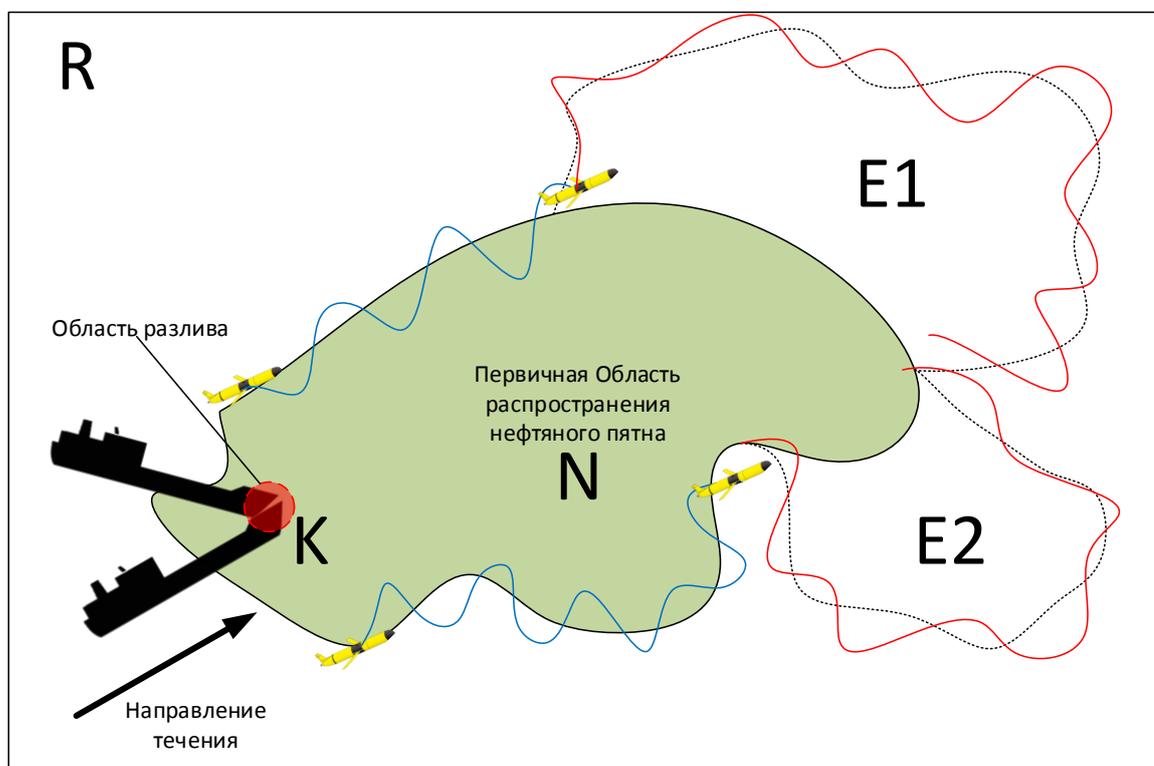


Рис. 8. Работа группы из двух глайдеров в режиме поиска 3D контура нефтяного пятна

Применение такого алгоритма покрытия контура области нефтяного пятна позволяет использовать группу подводных глайдеров для составления точных координат границы 3D области загрязнения.

После того как зона области пятна точно установлена или известно, что она не выходит за пределы территории $S=N+E1+E2$, то возможно применить сегментарное разделение области на J регионов равному количеству работающих в группе глайдеров. Таким образом, можно покрыть загрязненную территорию группой аппаратов и составить подробную 3D картину загрязненной области.

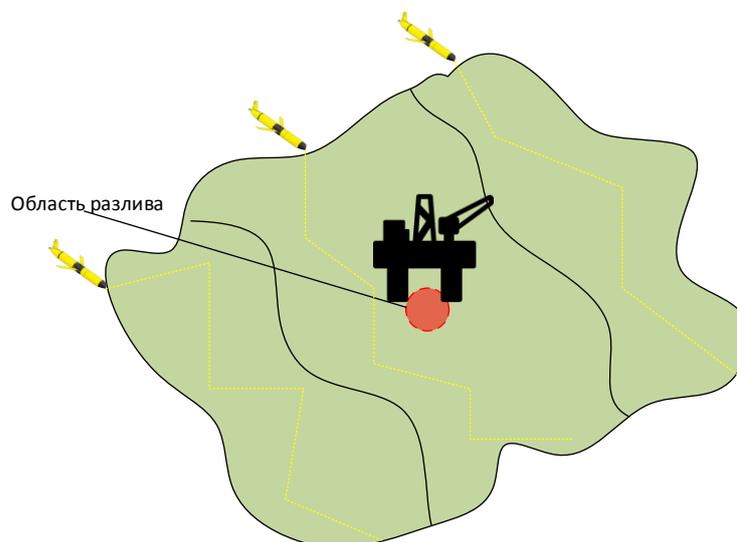


Рис. 9. Покрытие нефтяной области группой из трех глайдеров

В рамках инициативных работ, проведенных АО «НПП ПТ «Океанос» и Санкт-Петербургским государственным морским техническим университетом в 2020 г. в целях формирования первичного массива данных для обеспечения прогностического моделирования совместно с Санкт-Петербургским университетом ГПС МЧС России, была проведена серия испытаний подводного глайдера «Морская тень» [12–18].

В одной из заданных миссий перед аппаратом ставилась задача прохождения контура трех областей с последующим возвратом в начальную точку старта миссии. Данные о позиции аппарата в пространстве снимались с помощью системы гидроакустической навигации с длинной базой RedWave на борту аппарата и буям, расположенным в области проведения эксперимента. Результаты эксперимента изображены на рис. 10.

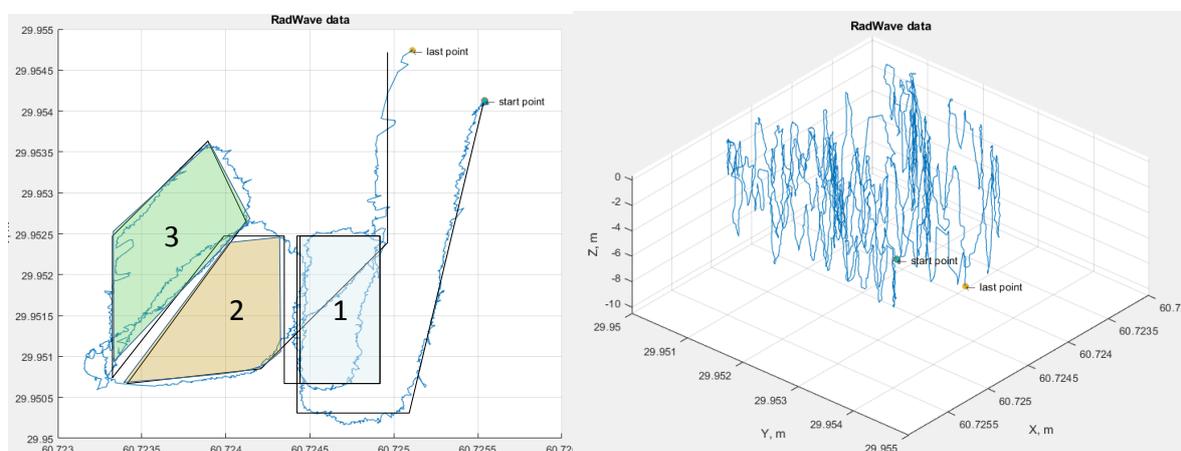


Рис. 10. Траектория перемещения подводного глайдера в ходе выполнения миссии по покрытию границ трех заданных территорий

В результате эксперимента видно, что аппарат прошёл заданные области с небольшим отклонением от целевой траектории. Максимальная глубина погружения составила 10 м, время выполнения миссии – 1,5 часа, пройденная дистанция во время эксперимента – 2 км.

Использованный в работе подход к анализу и мониторингу загрязнений акватории основан на групповом применении морских робототехнических систем АНПА планерного типа, что потенциально позволяет осуществить оперативное пространственное 3D обследование области загрязнения, сформировать уточненные пространственные контуры загрязнения в режиме реального времени, обеспечить построение прогностических моделей большой достоверности. На приведённых примерах обеспечения эффективности выполнения работ по ликвидации аварийных разливов нефти с групповым применением глайдеров обосновывается целесообразность применения подводных глайдеров как таковых и рекомендация по их групповому применению в целях мониторинга ППОО [19–24], что позволяет существенно сократить время и стоимость работ с одновременным повышением эффективности.

Литература

1. Владимир В.А. Разливы нефти: причины, масштабы, последствия // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2014.
2. Соромотин А.В. Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов, ликвидация последствий разливов // IACSJ. 2021. № 1.
3. Паспорт программы инновационного развития ПАО «Газпром» до 2025 года // ГАЗПРОМ. URL: <https://www.gazprom.ru/f/posts/97/653302/prir-passport-2018-2025.pdf> (дата обращения: 11.06.2021).
4. Lonny Lippsett Gliders Tracked Potential for Oil to Reach the East Coast March 23, 2011. URL: <https://www.whoi.edu/oceanus/feature/gliders-tracked-potential-for-oil-to-reach-the-east-coast/> (дата обращения: 16.06.2021).
5. Berenshtein I., Paris C.B., Perlin N., Alloy M.M., Joye S.B., Murawski S. Invisible oil beyond the Deepwater Horizon satellite footprint. *Sci Adv.* 2020 Feb 12;6(7):eaaw8863. doi: 10.1126/sciadv.aaw8863. PMID: 32095516; PMCID: PMC7015680.
6. Howatt T. (1), Ross T. (2), Waterman S. (1). 1: University of British Columbia. 2: Institute of Ocean Sciences Ocean Gliders to Study Baleen Whale Habitat in Roseway Basin.
7. Fuchs H.L., Gerbi G.P. Seascape-level variation in turbulence- and wave- generated hydrodynamic signals experienced by plankton. *Prog. Oceanogr.* 2016. 141, 109–129.
8. Moore D. Is Emerald Basin, Scotian Shelf, Canada, a North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*) feeding habitat? Honours Thesis, Dalhousie University. 2017. 1–63.
9. Russell-Cargill Louise M., Craddock Bradley S., Dinsdale Ross B., Doran Jacqueline G., Hunt Ben N., Hollings Ben. Using autonomous underwater gliders for geochemical exploration surveys // *The APPEA Journal.* 2018. 58. 367–380.
10. Thomas J. Ryan-Keogh, Walker O. Smith, Temporal patterns of iron limitation in the Ross Sea as determined from chlorophyll fluorescence // *Journal of Marine Systems.* 10.1016/j.jmarsys.2020.103500, 215, (103500). 2021.
11. Carvalho F., Gorbunov M.Y., Oliver M.J., Haskins C., Aragon D., Kohut J.T., Schofield O. FIRE glider: Mapping in situ chlorophyll variable fluorescence with autonomous underwater gliders // *Limnol Oceanogr Methods.* 18. 2020. 531–545. URL: <https://doi.org/10.1002/lom3.10380> (дата обращения: 16.06.2021).
12. Маевский А.М., Гайкович Б.А. Разработка гибридных автономных обитаемых аппаратов для исследования месторождений углеводородов // *Вести газовой науки.* 2019. 2 (39). С. 29–40.
13. Маевский А.М., Назаркин А.С., Суоров К.А. Исследование движения глайдера за счет управляемого изменения плавучести // *Информационные технологии, системный анализ и управление. ИТСАУ – 2016: сб. трудов XIV Всерос. науч. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов.* 2016. Т. 2. С. 63–68.

14. Разработка автономных необитаемых подводных глайдеров / И.В. Кожемякин [и др.] // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2013. 3 (140). С. 31–39.
15. Маевский А.М., Назаркин А.С. Реализация автономного необитаемого подводного аппарата типа глайдер // Технические науки – от теории к практике. 2016. 9 (57). С. 119–124.
16. Разработка и исследование позиционно-траекторного регулятора для управления движением подводного глайдера / Б.В. Гуренко [и др.] // Инженерный вестник Дона. 2019. № 6 (57). pp. 20.
17. The Structure of Automatic Control Systems for Underwater Gliders Proceedings of the 4th International Conference on Control, Mechatronics and Automation. – ACM, 2016. С. 88–91. doi: 10.1145/3029610.3029640. Scopus Boris G., Kulchenko A., Maevskiy A., Beresnev M.
18. Перспективные платформы морской робототехнической системы и некоторые варианты их применения / И.В. Кожемякин [и др.] // Известия Южного федерального университета. Технические науки, 2016. 1 (174). С. 59–77.
19. Гайкович Б.А., Занин В.Ю., Кожемякин И.В. Вопросы разработки морских робототехнических платформ на примере создания подводного аппарата типа «глайдер» // Перспективные задачи управления: сб. материалов XI Всерос. науч.-практ. конф. Симферополь. 2016. № 1.
20. Аппарат типа «глайдер»: реализация проекта статья // Корабел.ру. 2015. № 3 (29).
21. Маевский А.М., Печайко И.А., Турсенев С.А. Применение морских робототехнических комплексов для мониторинга и анализа потенциально опасных подводных объектов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 2 (58). С. 32–39.
22. Вялышев А.И. МЧС России и подводные потенциально опасные объекты // Технологии гражданской безопасности. 2017. № 1 (51).
23. Вялышев А.И., Большагин А.Ю. Гибридный контроль загрязнении акватории, обусловленных подводными потенциально опасными объектами // Технологии гражданской безопасности. 2018. № 3 (57).
24. Оценка вероятности чрезвычайных ситуаций с подводными радиационно опасными объектами Карского моря / А.Ю. Большагин [и др.] // Технологии гражданской безопасности. 2020. № 1 (63).

References

1. Vladimirov V.A. Razlivy nefi: prichiny, masshtaby, posledstviya // Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya. 2014.
2. Soromotin A.V. Avarijnye razlivy nefi i nefteproduktov, likvidaciya posledstvij razlivov // IACJ. 2021. № 1.
3. Passport programmy innovacionnogo razvitiya PAO «Gazprom» do 2025 goda // GAZPROM. URL: <https://www.gazprom.ru/f/posts/97/653302/prir-passport-2018-2025.pdf> (data obrashcheniya: 11.06.2021).
4. Lonny Lippsett Gliders Tracked Potential for Oil to Reach the East Coast March 23, 2011. URL: <https://www.whoi.edu/oceanus/feature/gliders-tracked-potential-for-oil-to-reach-the-east-coast/> (data obrashcheniya: 16.06.2021).
5. Berenshtein I., Paris C.B., Perlin N., Alloy M.M., Joye SB, Murawski S. Invisible oil beyond the Deepwater Horizon satellite footprint. Sci Adv. 2020 Feb 12;6(7):eaaw8863. doi: 10.1126/sciadv.aaw8863. PMID: 32095516; PMCID: PMC7015680.
6. Howatt T. (1), Ross T. (2), Waterman S. (1). 1: University of British Columbia. 2: Institute of Ocean Sciences Ocean Gliders to Study Baleen Whale Habitat in Roseway Basin.
7. Fuchs H.L., Gerbi G.P. Seascape-level variation in turbulence- and wave- generated hydrodynamic signals experienced by plankton. Prog. Oceanogr. 2016. 141, 109–129.

8. Moore D. Is Emerald Basin, Scotian Shelf, Canada, a North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*) feeding habitat? Honours Thesis, Dalhousie University. 2017. 1–63.
9. Russell-Cargill Louise M., Craddock Bradley S., Dinsdale Ross B., Doran Jacqueline G., Hunt Ben N., Hollings Ben. Using autonomous underwater gliders for geochemical exploration surveys // *The APPEA Journal*. 2018. 58. 367–380.
10. Thomas J. Ryan-Keogh, Walker O. Smith, Temporal patterns of iron limitation in the Ross Sea as determined from chlorophyll fluorescence // *Journal of Marine Systems*, 10.1016/j.jmarsys.2020.103500, 215, (103500). 2021.
11. Carvalho F., Gorbunov M.Y., Oliver M.J., Haskins C., Aragon D., Kohut J.T., Schofield O. FIRE glider: Mapping in situ chlorophyll variable fluorescence with autonomous underwater gliders // *Limnol Oceanogr Methods*. 18. 2020. 531–545. URL: <https://doi.org/10.1002/lom3.10380> (data obrashcheniya: 16.06.2021).
12. Maevskij A.M., Gajkovich B.A. Razrabotka gibridnyh avtonomnyh neobitaemyh apparatov dlya issledovaniya mestorozhdenij uglevodorodov // *Vesti gazovoj nauki*. 2019. 2 (39). S. 29–40.
13. Maevskij A.M., Nazarkin A.S., Surov K.A. Issledovanie dvizheniya glajdera za schet upravlyaemogo izmeneniya plavuchesti // *Informacionnye tekhnologii, sistemnyj analiz i upravlenie*. ITSAU – 2016: sb. trudov XIV Vseros. nauch. konf. molodyh uchenyh, aspirantov i studentov. 2016. T. 2. S. 63–68.
14. Razrabotka avtonomnyh neobitaemyh podvodnyh glajderov / I.V. Kozhemyakin [i dr.] // *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. 2013. 3 (140). S. 31–39.
15. Maevskij A.M., Nazarkin A.S. Realizaciya avtonomnogo neobitaemogo podvodnogo apparata tipa glajder // *Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike*. 2016. 9 (57). S. 119–124.
16. Razrabotka i issledovanie pozicionno-traektor'nogo regul'yatora dlya upravleniya dvizheniem podvodnogo glajdera / B.V. Gurenko [i dr.] // *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2019. № 6 (57). pp. 20.
17. The Structure of Automatic Control Systems for Underwater Gliders Proceedings of the 4th International Conference on Control, Mechatronics and Automation. – ACM, 2016. S. 88–91. doi: 10.1145/3029610.3029640. Scopus Boris G., Kulchenko A., Maevskiy A., Beresnev M.
18. Perspektivnye platformy morskoy robototekhnicheskoy sistemy i nekotorye varianty ih primeneniya / I.V. Kozhemyakin [i dr.] // *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2016. 1 (174). S. 59–77.
19. Gajkovich B.A., Zanin V.Yu., Kozhemyakin I.V. Voprosy razrabotki morskikh robototekhnicheskikh platform na primere sozdaniya podvodnogo apparata tipa «glajder» // *Perspektivnye zadachi upravleniya: sb. materialov XI Vseros. nauch.-prakt. konf. Simferopol'*. 2016. № 1.
20. Apparat tipa «glajder»: realizaciya proekta stat'ya // *Korabel.ru*. 2015. № 3 (29).
21. Maevskij A.M., Pechajko I.A., Tursenev S.A. Primenenie morskikh robototekhnicheskikh kompleksov dlya monitoringa i analiza potencial'no opasnyh podvodnyh ob"ektov // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2021. № 2. (58). S. 32–39.
22. Vyalyshev A.I. MCHS Rossii i podvodnye potencial'no opasnye ob"ekty // *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. 2017. № 1 (51).
23. Vyalyshev A.I., Bol'shagin A.Yu. Gibridnyj kontrol' zagryaznenii akvatorii, obuslovlennyh podvodnymi potencial'no opasnymi ob"ektami // *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. 2018. № 3 (57).
24. Ocenka veroyatnosti chrezvychajnyh situacij s podvodnymi radiacionno opasnymi ob"ektami Karskogo morya / A.Yu. Bol'shagin [i dr.] // *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti*. 2020. № 1 (63).

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 622.692.4.053, 623.746.4-519

ОБ ОЦЕНКЕ ВРЕМЕНИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЯ НЕФТЕГАЗОПРОВОДА ПОСРЕДСТВОМ НАБЛЮДЕНИЯ С БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

**А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России;
Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко
Российской академии наук.**

**Д.А. Скороходов, доктор технических наук, профессор.
Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко
Российской академии наук.**

**Ю.И. Чикитов.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрена задача обнаружения инцидентов на магистральных нефтегазопроводах (пожар, взрыв, утечка продукта, несанкционированная врезка) с использованием беспилотных летательных аппаратов. Дан краткий анализ аварийности на магистральных нефтегазопроводах, обзор схем беспилотных летательных аппаратов и их характеристик. Приведены циклограммы мониторинга нефтегазопроводов и выражения для оценки среднего времени обнаружения инцидента. Предложено учесть данный подход при решении комплексной оптимизационной задачи определения рационального числа беспилотных летательных аппаратов, а также количества и оснащения аварийно-наладочных бригад с целью минимизации возможного экономического ущерба при транспортировке газа и нефтепродуктов.

Ключевые слова: магистральные нефтегазопроводы, пожар, взрыв, утечка, беспилотные летательные аппараты

ABOUT ESTIMATING THE TIME OF DAMAGE DETECTION OIL AND GAS PIPELINE THROUGH UAV SURVEILLANCE

A.A. Tarantsev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia;
Institute of transport problems named after N.S. Solomenko Russian academy of sciences.

D.A. Skorokhodov.

Institute of transport problems named after N.S. Solomenko Russian academy of sciences.

Yu.I. Chikitov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The problem of detecting incidents on the main oil and gas pipelines (fire, explosion, product leakage, unauthorized tapping) using unmanned aerial vehicle is considered. A brief analysis of accidents on main oil and gas pipelines, an overview of unmanned aerial vehicle schemes and their characteristics is given. Cyclograms of oil and gas pipeline monitoring

and expressions for estimating the average time of incident detection are given. It is proposed to take this approach into account when solving the complex optimization problem of determining the rational number of unmanned aerial vehicle, as well as the number and equipment of emergency commissioning teams in order to minimize possible economic damage during the transportation of gas and petroleum products.

Keywords: main oil and gas pipelines, fire, explosion, leak, unmanned aerial vehicles

Современная цивилизация всё больше потребляет энергии, основная доля которой приходится на углеводородные топлива – газ и нефтепродукты. Для доставки их от месторождений до потребителей и перерабатывающих предприятий используются нефтегазопроводы (рис. 1) [1–3], хотя практикуется и перевозка газов в сжиженном состоянии, и транспортировка нефтепродукта танкерами, железнодорожными и автоцистернами.

Для перекачки углеводородного топлива магистральные трубопроводы оборудуются перекачивающими станциями (компрессорными, насосными), находящими друг от друга на значительном расстоянии L , содержащими резервные ёмкости и служащими некими опорными пунктами. Среднее расстояние между компрессорными станциями магистрального газопровода с давлением 4 МПа может составлять $L \approx 125$ км, а между насосными станциями магистрального нефтепровода и того больше.

Высокое давление в трубах, сложные климатические условия, коррозия, брак металла и строительно-монтажных работ, ошибки при эксплуатации, различные внешние воздействия и другие факторы периодически приводят к опасным инцидентам на нефтегазопроводах – пожарам (рис. 2 а), взрывам (рис. 2 б), утечкам топлива (рис. 2 в) [4–6]. Кроме того, часто имеют место незаконные врезки (рис. 2 г) с целью хищения.



Рис. 1. Магистральные нефтегазопроводы в различных климатических зонах (фото из открытых источников в интернете)

В работе [7] приведены статистические данные об аварийности на магистральных газопроводах, где показано, что основные причины аварий – коррозия (48 %), строительный брак (22 %) и механические повреждения (18 %). Там же на начало XXI в. приведена статистика по частоте λ аварий в год на 1 000 км трубопровода в зависимости от их диаметра (рис. 3) и проценте отказов в зависимости от срока эксплуатации (рис. 4). Из рис. 4 следует тот важный факт, что трубопроводы, созданные ещё в период СССР, имеют большую надёжность.

Нетрудно понять, что чем быстрее место инцидента (аварии) будет установлено на многокилометровой длине трубопровода, часто проходящего по безлюдной местности, тем быстрее туда придут пожарные и аварийно-наладочные бригады (АНБ) и тем меньшим будет ущерб.



Рис. 2. Инциденты на нефтегазопроводах: а) пожар; б) взрыв газопровода; в) утечка нефтепродукта; г) врезка (фото из открытых источников в интернете)

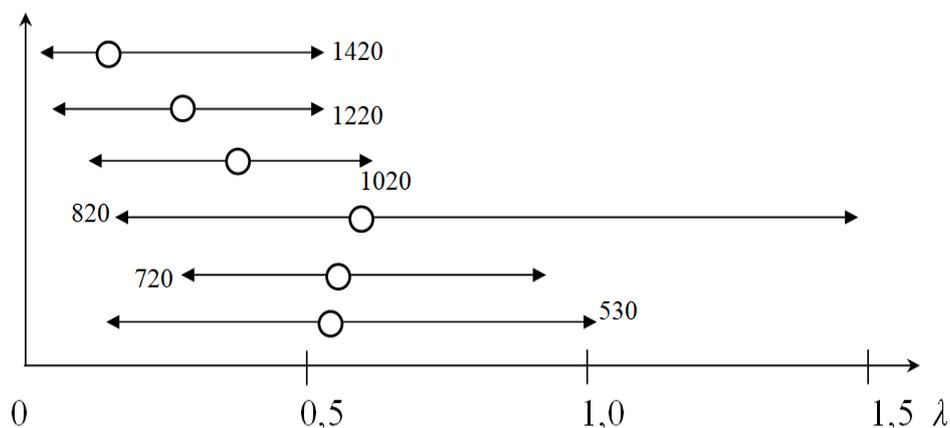


Рис. 3. Диапазоны частот λ аварий в год на 1 000 км трубопровода (цифрами указан диаметр трубы в мм, кружок – среднее значение)

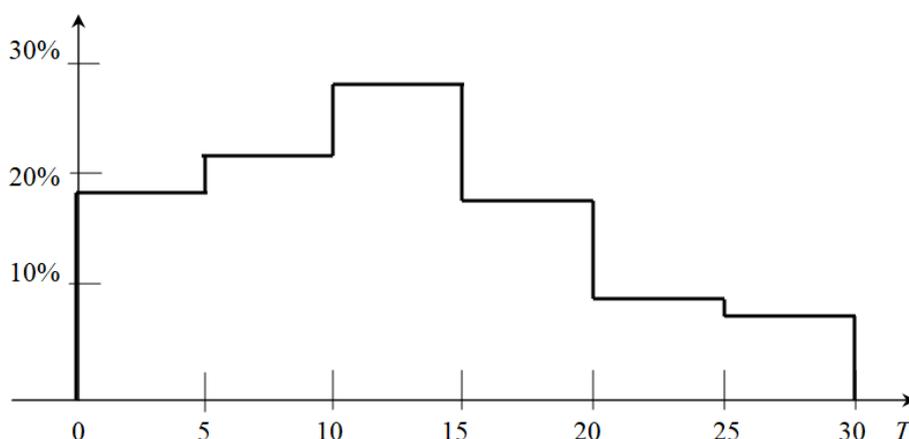


Рис. 4. Вероятности аварий в зависимости от срока эксплуатации трубопровода

В этой связи представляется перспективным использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для идентификации мест инцидентов на магистральных трубопроводах [8–11]. Фото некоторых БПЛА приведены на рис. 5, характеристики БПЛА самолётного типа – в таблице.

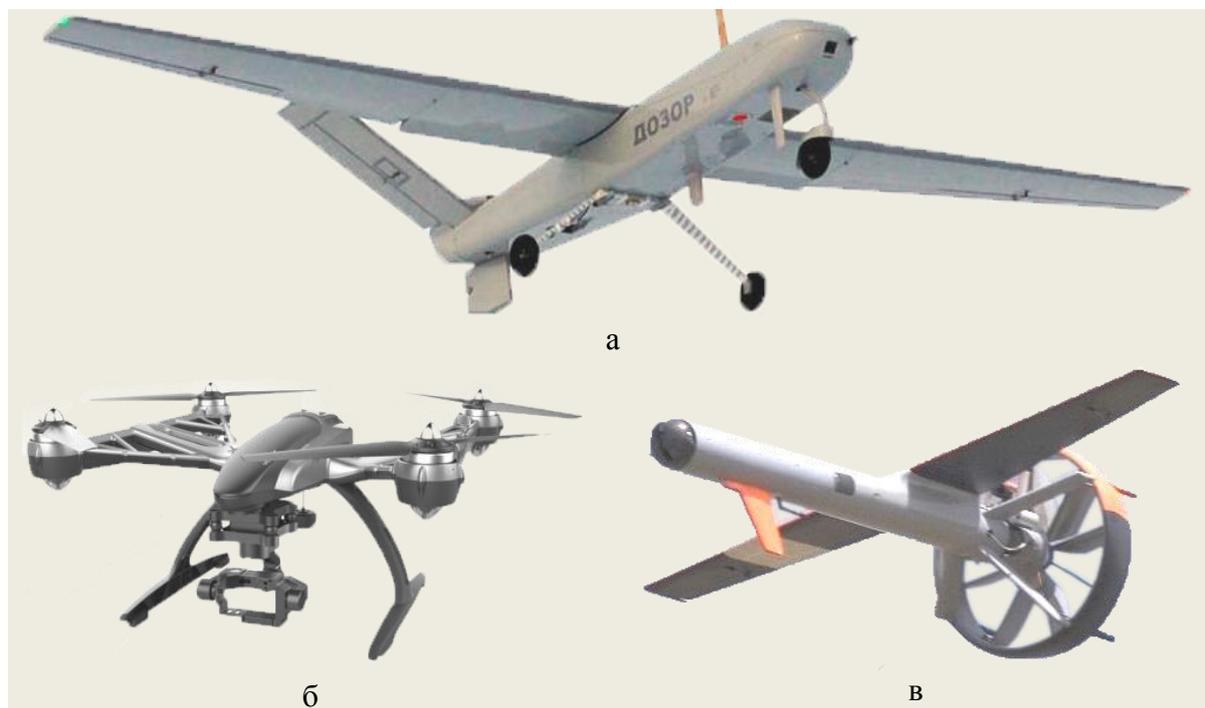


Рис. 5. Типы БПЛА с системами видеонаблюдения: а) самолётного типа; б) квадрокоптер; в) вертикального взлёта (фото из открытых источников в интернете)

Таблица. Характеристики некоторых БПЛА для мониторинга трубопроводов

Тип БПЛА	Орлан-10	V-BAT	BAT-4
Дальность, км	1200	650	250
Радиус действия, км	600	16	10
Скорость, км/ч	75	75	100
Взлётная масса, кг	14	29,5	45
Продолжительность полета, ч	18	10	6
Высота, м	5000	4500	4100
Цена (относительно «Орлан-10»)	100 %	97,5 %	45 %
Цена летного часа (относительно «Орлан-10»)	100 %	97,5 %	45 %

Примечания: ресурс – порядка 1 тыс. час, межремонтная кратность использования – 100; радиус действия V-BAT и BAT-4 ограничен приемом радиосигнала и может быть увеличен дополнительным оборудованием

Нужно отметить, что на оперативность обнаружения инцидента влияет его вид и масштаб, а также погодные условия. В частности, пожар (рис. 2 а) по столбу дыма и пламени может быть замечен издалёка, а чтобы заметить врезку (рис. 2 г) по следам «работ» БПЛА должен лететь на малой высоте.

В целом тактика применения БПЛА для мониторинга участка трубопровода длиной L между станциями (насосными, компрессорными), где расположены пункты обслуживания и аварийно-наладочные бригады, может быть следующей. БПЛА стартует с одной из станций и в течение времени $t_{\text{п}}$ движется со скоростью V (очевидно: $t_{\text{п}}=L/V$) вдоль

трубопровода, ведя наблюдение, к другой станции. При обнаружении пожара, аварии, врезки он либо сразу передаёт эту информацию (при наличии технических возможностей) на ближайшую станцию, либо делает это после приземления. На станции он остаётся в течение времени t_6 (при необходимости, проходит обслуживание) и стартует в обратную сторону.

Условная циклограмма полёта приведена на рис. 6. Разумеется, в реальных условиях на скорость полёта может влиять ветер, при необходимости БПЛА может зависать (кружить) над местом аварии для уточнения ситуации, продолжительность нахождения БПЛА на станциях может быть различной и т.д.

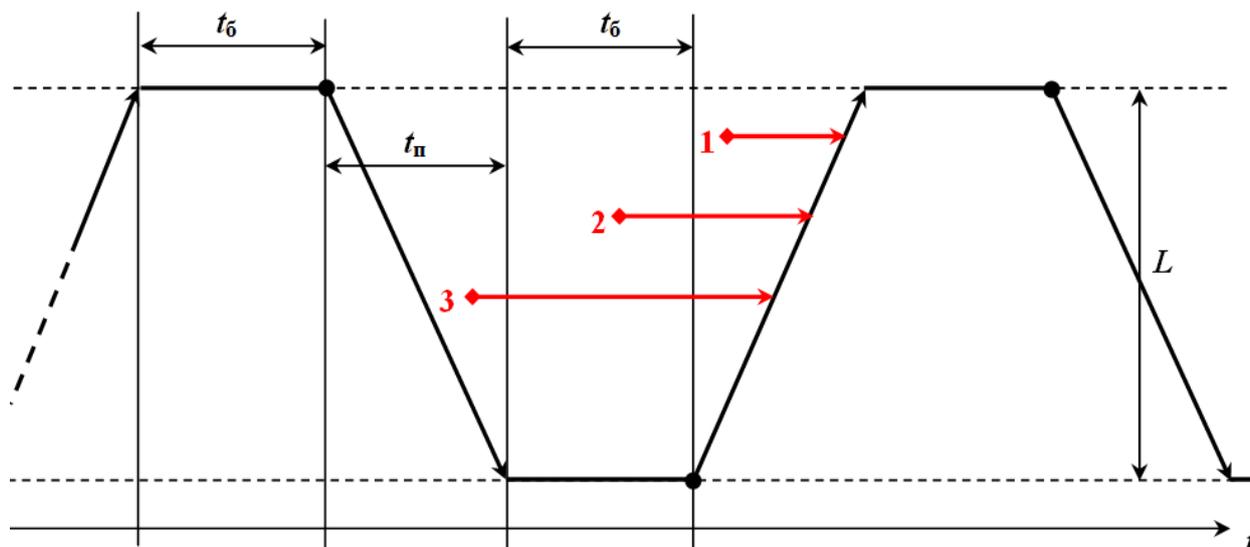


Рис. 6. Циклограмма движения БПЛА с вариантами возникновения и обнаружения аварийных ситуаций

В процессе мониторинга возможны три варианта событий (они показаны цифрами на рис. 6: 1 – авария произошла до подъёма БПЛА к этому месту трубопровода; 2 – авария случилась, когда БПЛА находился на станции в течение времени t_6 ; 3 – авария произошла сразу после пролёта БПЛА над пока ещё неповреждённым местом. Очевидно, при варианте № 1 оперативность обнаружения максимальна, при варианте № 3 – минимальна.

Время t_0 от начала инцидента до его обнаружения случайно. Для варианта № 1 оно имеет равномерное распределение $Rn(0, t_п)$ [12], поскольку событие может равновероятно случиться на всей протяжённости участка. Для варианта № 2 закон распределения времени t_0 является суперпозицией случайных времён t_6 и $t_п$, распределённых равномерно, и является трапециевидальным $Tr(0; \min(t_6, t_п); \max(t_6, t_п); t_6+t_п)$. Для варианта № 3 закон распределения времени t_0 является суперпозицией двух законов $Rn(0, t_п)$ со сдвигом на t_6 , в результате чего будет иметь место треугольное распределение Симпсона $Ts(t_6, 2t_п+t_6)$. Плотности распределения f_i времени обнаружения t_0 инцидента на участке трубопровода для указанных законов распределения представлены на рис. 7. Следует иметь ввиду, что, поскольку час полёта БПЛА довольно дорог, то $t_6 > t_п$.

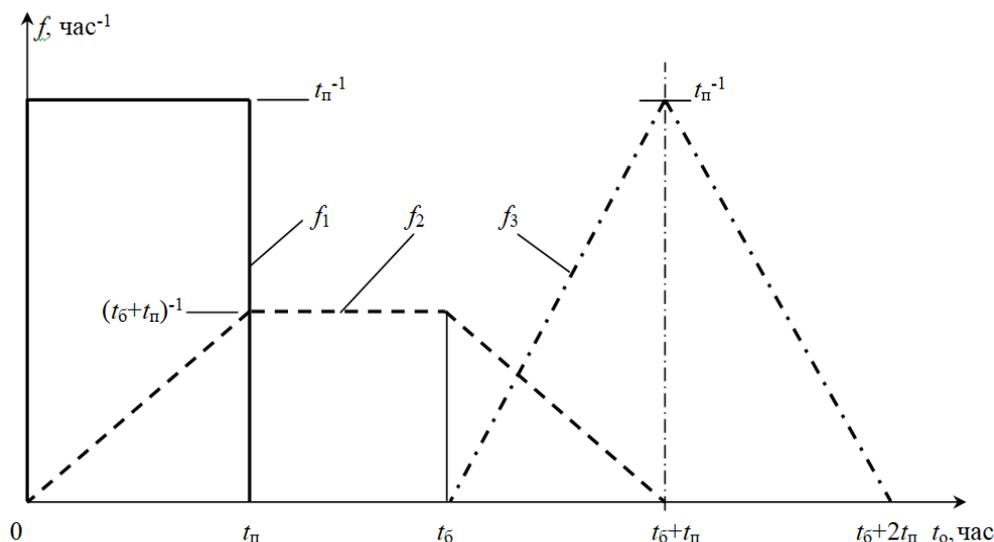


Рис. 7. Плотности распределения времени обнаружения инцидента на трубопроводе для трёх вариантов событий при $t_0 > t_n$ (индексы соответствуют вариантам)

С учётом вышеизложенного, среднее время обнаружения инцидента на магистральном трубопроводе может быть оценено по выражению:

$$t_0^{cp} = p_1 \frac{t_n}{2} + p_2 \frac{t_0 + t_n}{2} + p_3 (t_0 + t_n), \tag{1}$$

где $p_1 = t_n(2t_n + t_0)^{-1}$ – вероятность 1-го варианта события; $p_2 = t_0(2t_n + t_0)^{-1}$ – вероятность 2-го варианта; $p_3 = t_n(2t_n + t_0)^{-1}$ – вероятность 3-го варианта.

Конечно, вышеописанный подход несколько условный. При поиске утечек или других инцидентов БПЛА, если позволяют метеоусловия, может лететь на высоте, обеспечивающей обзор части трубопровода протяжённостью ΔL под БПЛА. Это позволит обнаружить место инцидента, возникшего через время $0,5\Delta t = \Delta L/V$ после пролёта БПЛА и за время $0,5\Delta t$ перед прохождением места инцидента, что сократит среднее время обнаружения на величину до Δt . С учётом этого циклограмма примет вид, представленный на рис. 8.

При этом возможен и «нулевой» вариант, если инцидент произойдёт в «поле зрения» ΔL БПЛА. Тогда время обнаружения будет практически мгновенным и определяться скоростью передачи информации в диспетчерский пункт ближайшей станции.

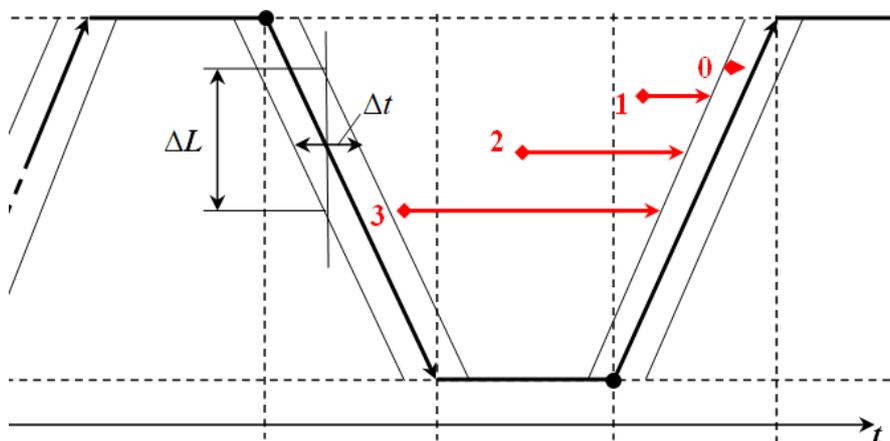


Рис. 8. Уточнённая циклограмма полёта БПЛА с учётом величины ΔL

Таким образом, в данной работе рассмотрен подход, заключающийся в мониторинге магистральных нефтегазопроводов с использованием БПЛА. В дальнейшем планируется рассмотреть экономическую сторону вопроса с учётом стоимости прямого и косвенного ущерба от инцидента, расходов на БПЛА и содержание АНБ. Это позволит решить комплексную оптимизационную задачу и определить рациональное число и типы БПЛА, количество АНБ и их комплектацию.

Литература

1. СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы. Доступ из Электронного фонда правовых и нормативно-технических документов.
2. ГОСТ Р 55989–2014. Магистральные газопроводы. Нормы проектирования на давление свыше 10 МПа. Основные требования. Доступ из Электронного фонда правовых и нормативно-технических документов.
3. ГОСТ 31448–2012. Трубы стальные с защитными наружными покрытиями для магистральных газонефтепроводов. Технические условия. Доступ из Электронного фонда правовых и нормативно-технических документов.
4. Промышленная безопасность и надёжность магистральных трубопроводов / под ред. А.И. Владимирова и В.Я. Кершенбаума. М.: Национальный институт нефти и газа, 2009. 696 с.
5. Скороходов Д.А., Поляков А.С., Стариченков А.Л. Методика анализа состояния и оценки рисков аварий линейной части магистральных газопроводов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 1. С. 98–106.
6. Ревазов А.М. Анализ чрезвычайных и аварийных ситуаций на объектах магистрального газопроводного транспорта и меры по предупреждению их возникновения и снижению последствий // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2010. № 1. С. 68–70.
7. Проблемы трубопроводного транспорта / С.В. Савонин [и др.] // Технадзор. 2015. № 11 (108). С. 32–35.
8. Бауэрс П. Летательные аппараты нетрадиционных схем. М.: Мир, 1991.
9. Таранцев А.А., Чикитов Ю.И. Тактико-технические характеристики беспилотных летательных аппаратов вертикального взлёта и посадки // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 68–72.
10. Таранцев А.А., Чикитов Ю.И. О проблемах применения БПЛА в интересах обеспечения пожарной безопасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 4 (22). С. 55–59.
11. AVIA.PRO. URL: <https://avia.pro/blog/bat-4-tehnicheskie-harakteristiki-foto> (дата обращения: 24.01.2021).
12. Таранцев А.А. Случайные величины и работа с ними: учеб.-метод. пособие / под ред. В.С. Артамонова. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: ИД «Петрополис», 2011. 160 с.

References

1. SP 36.13330.2012. Magistral'nye truboprovody. Dostup iz Elektronnoho fonda pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov.
2. GOST R 55989–2014. Magistral'nye gazoprovody. Normy proektirovaniya na davlenie svyshe 10 MPa. Osnovnyye trebovaniya. Dostup iz Elektronnoho fonda pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov.
3. GOST 31448–2012. Truby stal'nye s zashchitnymi naruzhnyimi pokrytiyami dlya magistral'nyh gazonefteprovodov. Tekhnicheskie usloviya. Dostup iz Elektronnoho fonda pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov.
4. Promyshlennaya bezopasnost' i nadezhnost' magistral'nyh truboprovodov / pod red. A.I. Vladimirova i V.YA. Kershenbauma. M.: Nacional'nyj institut nefi i gaza, 2009. 696 s.

5. Skorohodov D.A., Polyakov A.S., Starichenkov A.L. Metodika analiza sostoyaniya i ocenki riskov avarij linejnoj chasti magistral'nyh gazoprovodov // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2017. № 1. S. 98–106.

6. Revazov A.M. Analiz chrezvychajnyh i avarijnyh situacij na ob"ektah magistral'nogo gazoprovodnogo transporta i mery po preduprezhdeniyu ih vznikoveniya i snizheniyu posledstvij // Upravlenie kachestvom v neftegazovom komplekse. 2010. № 1. S. 68–70.

7. Problemy truboprovodnogo transporta / S.V. Savonin [i dr.] // Tekhnadzor. 2015. № 11 (108). S. 32–35.

8. Bauers P. Letatel'nye apparaty netradicionnyh skhem. M.: Mir, 1991.

9. Tarancev A.A., Chikitov Yu.I. Taktiko-tehnicheskie harakteristiki bespilotnyh letatel'nyh apparatov vertikal'nogo vzleta i posadki // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2014. № 1 (29). S. 68–72.

10. Tarancev A.A., Chikitov Yu.I. O problemah primeneniya BPLA v interesah obespecheniya pozharnoj bezopasnosti // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2014. № 4 (22). S. 55–59.

11. AVIA.PRO. URL: <https://avia.pro/blog/bat-4-tehnicheskie-harakteristiki-foto> (data obrashcheniya: 24.01.2021).

12. Tarancev A.A. Sluchajnye velichiny i rabota s nimi: ucheb.-metod. posobie / pod red. V.S. Artamonova. 2-e izd., pererab. i dop. SPb.: ID «Petropolis», 2011. 160 s.

УДК 614.8

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ РИСКОВ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ОБЪЕКТЕ ЗАЩИТЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Д.С. Королев, кандидат технических наук;

А.В. Вытовтов, кандидат технических наук;

Е.А. Сушко, кандидат технических наук, доцент.

Воронежский государственный технический университет

Рассматривается актуальный вопрос оценки возможных рисков возникновения аварийных ситуаций на действующем объекте защиты, которым является база топлива. Поскольку процесс управления пожарной безопасностью базируется на своевременной идентификации опасностей и прогнозировании возможных нежелательных событий, авторами была проведена работа по определению основных причин аварий. Это позволило провести расчеты возможных зон разлива продуктов нефтепереработки резервуара вертикального стального РВС–2000, а также определить зоны поражения в случае воспламенения зеркала разлива при разных параметрах воздушных потоков.

Ключевые слова: оценка, пожарная опасность, риски, зона разлива, нефтепродукт

ANALYSIS OF THE POSSIBLE RISKS OF FIRE HAZARD AT THE CURRENT OBJECT OF PROTECTION OF THE OIL AND GAS INDUSTRY

D.S. Korolev; A.V. Vytovtov; E.A. Sushko. Voronezh state technical university

The article discusses the current issue of assessing the possible risks of emergency situations on the current protection facility, which is the base of the fuel. Since the fire safety management process is based on timely identification of dangers and prediction of possible unwanted events, the authors carried out work to determine the main causes of accidents. This made it possible to calculate the possible bottling zones of the RVS oil refining products-2000, as well as determine the zones of the damage in case of ignition of the filling mirror under different parameters of the air flow.

Keywords: evaluation, fire danger, risks, bottling area, petroleum product

Важнейшим элементом системы управления пожарной и промышленной безопасностью является своевременный анализ возможных рисков на взрывоопасных и пожароопасных объектах защиты. Такой процесс представляет собой систематическое использование информации для идентификации опасностей, возможных нежелательных событий и выполняет основные задачи:

– оценка объективной информации о состоянии пожарной и промышленной безопасности объекта защиты;

– представление сведений о наиболее опасных (потенциально опасных) местах с точки зрения пожарной безопасности;

– разработка обоснованных мероприятий и рекомендаций по уменьшению риска пожарной опасности [1, 2].

Объектом исследования выступила действующая база топлива, площадью 13 500 м². Основное назначение: прием, хранение и отпуск светлых и темных нефтепродуктов предприятиям железнодорожного транспорта. Основными составляющими объекта являются резервуарный парк (подземные и наземные резервуары объемом от 25 до 2000 куб. м)

хранения дизельного топлива, мазута и бензина, склад масел, сливные железнодорожные эстакады дизельного топлива, мазута и масел, островок налива дизельного топлива в автоцистерны, насосные. На рис. 1 представлено распределение наибольшей рабочей смены по подразделениям и корпусам предприятия.

Практический опыт показывает, что крупные аварии характеризуются комбинацией неблагоприятных событий, появляющихся с различной частотой на разных стадиях возникновения и развития аварии. К ним относятся: отказы оборудования, ошибки человека, разрушение, выброс, пролив вещества, воспламенение, взрыв и т.д. Для установления причинно-следственных связей между этими событиями используются логико-графические методы анализа: «деревья отказов» и «деревья событий». Поэтому предметом исследования являлась оценка пожарной опасности объекта защиты и анализ рисков возникновения аварий и неблагоприятных последствий [3].

Возможными причинами возникновения аварийных ситуаций со светлыми нефтепродуктами являются:

- усталость материала, коррозия;
- брак сварных швов, деформация, механическое повреждение в результате нарушения регламента работ и т.д.;
- нарушения режимов или параметров проведения сливо-наливных операций;
- нарушения технологии ремонта оборудования.

Основными опасностями при возникновении аварийных ситуаций на оборудовании с топливом являются:

- разгерметизация (разрушение) резервуаров (емкостей), насосного оборудования с разливом (проливом) топлива на подстилающую поверхность;
- разгерметизация (разрушение) резервуаров (емкостей), насосного оборудования с разливом (проливом) топлива на подстилающую поверхность, с возможным возгоранием и образованием пожара разлива;
- разгерметизация газовой части резервуара (емкости) с топливом, образование взрывоопасной концентрации паровоздушной смеси с последующим ее взрывом и пожаром в резервуаре (емкости).

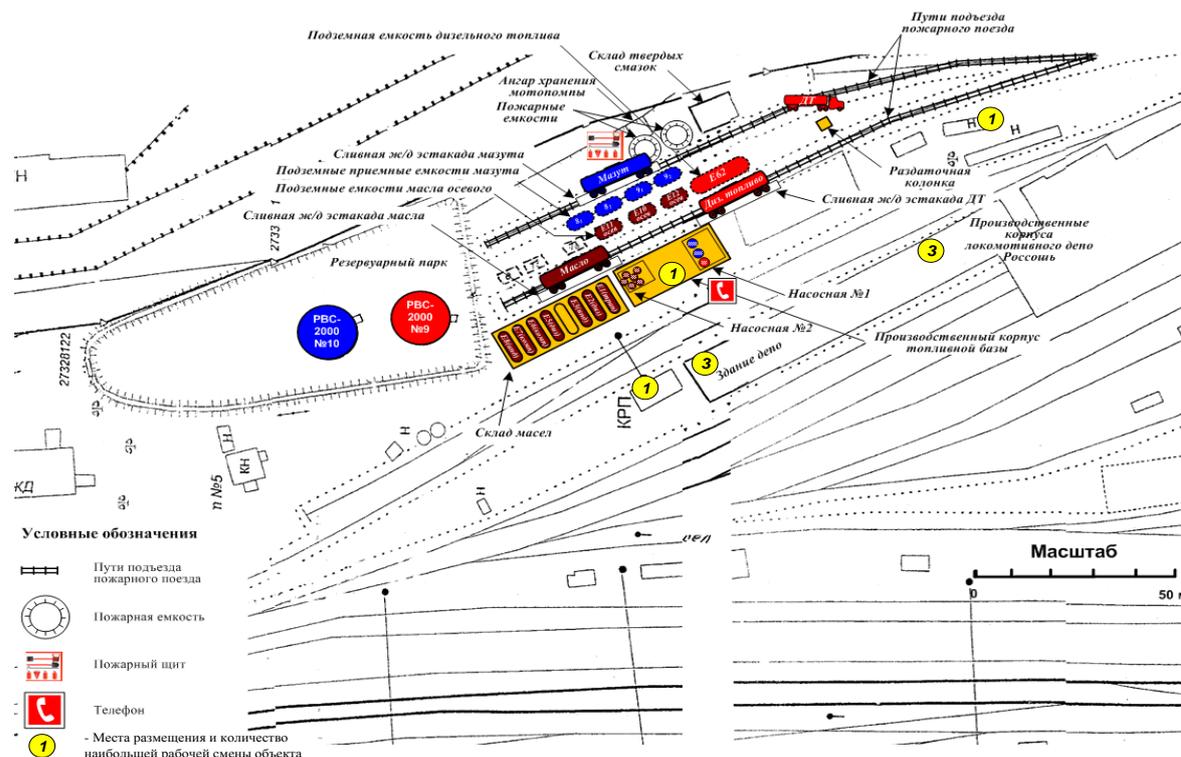


Рис. 1. Распределение наибольшей рабочей смены

Исходя из перечисленных выше возможных причин возникновения аварий с учетом отказов и неполадок, возможных ошибочных действий персонала, внешних воздействий и пожароопасных свойств светлых нефтепродуктов, можно сделать вывод о том, что аварии с дизтопливом будут развиваться по общей схеме, а в качестве сценария развития аварии выберем $\rightarrow C_{1.1}$. (разгерметизация или разрушение емкостного или технологического оборудования \rightarrow выброс нефтепродукта и его разлив на подстилающей поверхности или в обваловании с последующим воспламенением при наличии источника огня (образование пожара разлива) \rightarrow поражение персонала предприятия, сооружений и оборудования тепловым излучением пожара разлива \rightarrow действия по ликвидации аварии и ее последствий) (рис. 2).



Рис. 2. «Дерево событий» для аварийной ситуации, вызванной разрушением (разгерметизацией) наземной емкости с легковоспламеняющейся жидкостью на открытой местности

Определим частоту реализации сценария пожароопасной ситуации в случае разгерметизации РВС-2000. Для этого рассчитаем максимальный массовый расход нефтепродукта (бензина) в случае локальной аварии по формуле [4, 5]:

$$q_{\max} = \mu \cdot f_{\text{отв}} \cdot V_{\max} \cdot \rho_{\text{ж}},$$

где $f_{\text{отв}} = \pi d_{\text{отв}}^2 / 4$ – площадь отверстия, через которое бензин выходит наружу; $V_{\max} = \sqrt{2gh_{\text{ж}}}$ – максимальная скорость истечения бензина из отверстия.

Основные расчетные параметры: площадь отверстия истечения ($f_{\text{отв}}$), максимальные значения скорости (V_{\max}) и (q_{\max}) при образовании прорыва ($d=25$ и 100 мм) в РВС представлены в таблице, а на рис. 3 показан процесс реализации алгоритма расчета частоты реализации сценария возможной пожароопасной ситуации.

Таблица. Сводная таблица результатов

$d_{\text{отв}}$	$f_{\text{отв}}$	V_{\max} , м/с	q_{\max} , кг/с
0,025	$4,909 \cdot 10^{-4}$	6,633	1,511
0,100	$7,85 \cdot 10^{-3}$	6,633	24,212

Определим потенциальную площадь пролива нефтепродукта при условии, что поверхность не ограничена:

$$F_p = f_p \cdot V_H \cdot 0,8,$$

где f_p – коэффициент разлития при проливе на грунтовое покрытие [3, 4] – 150 м^{-1} ; V_H – объем резервуара.

$$F_p = 2\,000 \cdot 150 = 300\,000 \text{ м}^2.$$

Этап 1. Определение расчетной формулы нахождения частоты реализации сценария возможной взрывопожароопасной чрезвычайной ситуации:

$$Q_1 = Q_{ав25} \cdot \bar{Q}_{мгн25} \cdot Q_{посл25} \cdot Q_{шт} \cdot Q_{сд25}$$

где «25» - индекс, обозначающий расчет для локальной разгерметизации РВС с диаметром отверстия истечения, равным 25 (100) мм;

$Q_{шт}$ – максимальная повторяемость штиля на территории Воронежской области - 0,14

Этап 2. Определение значения частот реализации, инициирующих пожароопасные ситуации при разгерметизации РВС- 2000

Обозначение	Определение	Значение
<i>Локальная разгерметизация РВС - 2000 (диаметр отверстия истечения 25 мм/100 мм) Сценарий 1</i>		
$Q_{ав}$	Частота разгерметизации с последующим проливом бензина в пределах огражденной площадки, год [6]	$5,010^7/5,010^8$
$Q_{мгн}$	Условная вероятность мгновенного воспламенения бензина	0,035/0,035
$Q_{посл}$	Условная вероятность последующего воспламенения бензина при отсутствии мгновенного воспламенения	0,036/0,036
$Q_{сд}$	Условная вероятность сгорания с образованием избыточ давления при образовании взрывоопасной зоны и ее последующего воспламенения	0,240/0,240

Этап 3. Расчет частоты реализации выбранного сценария

$$Q_1 = Q_{ав25} \bar{Q}_{мгн25} Q_{посл25} Q_{шт} Q_{сд25}$$

$$= 5 \cdot 10^{-7} \times 1 - 0,035 \times 0,036 \times 0,14 \times 0,24 = 0,058 \cdot 10^{-7}$$

$$Q_1 = Q_{ав100} \bar{Q}_{мгн100} Q_{посл100} Q_{шт} Q_{сд100}$$

$$= 5 \cdot 10^{-8} \times 1 - 0,035 \times 0,036 \times 0,14 \times 0,24 = 0,00583 \cdot 10^{-8}$$

Рис. 3. Алгоритм расчета частоты реализации неблагоприятных событий

Тогда максимально возможная площадь пролива бензина в рамках резервуарного парка определяется по формуле (1), а максимальный уровень бензина по формуле (2):

$$F_{огр} = L_{огр} \cdot B_{огр} = 74,53 \cdot 190 = 14160 \text{ кв. м}; \quad (1)$$

$$h_a = \frac{V_H}{F_{огр}} = \frac{2000}{14160} = 0,14 \text{ м} \quad (2)$$

Так как $H_{огр} = 1,5 \text{ м} > h_a = 0,14 \text{ м}$, то перелив бензина за пределы ограждающей площади осуществлен не будет. Определим массу нефтепродукта, вышедшего из резервуара, по формуле (3), а также давление насыщенных паров по формуле (4) и интенсивность испарения по формуле (5):

$$m_{ж} = \rho_{ж} \cdot V_H = 75 \cdot 10 \cdot 2000 = 15 \cdot 10^5; \quad (3)$$

$$\ln P_s = A - B/(C_a + t_p) = 1,587 \text{ кПа}; \quad (4)$$

$$P_s = 38,636 \text{ Па};$$

$$\omega = 10^{-6} \sqrt{M P_s} = 10^{-6} \cdot \sqrt{113} \cdot 38,636 = 4,1 \cdot \frac{10^{-4} \text{ кг}}{\text{м}^2 \text{ с}}. \quad (5)$$

Поскольку масса бензина, вышедшего из РВС, более 40 кг, то согласно работе [4] принимаем максимальное время полного испарения 3 600 с и определим массу бензина, испарившегося при полном разрушении РВС по формуле:

$$m_{\pi} = FW\tau = 4,1 \cdot 10^{-6} \cdot 14160 \cdot 3600 = 209,776 \text{ кг.}$$

Определим размер взрывоопасной зоны, ограниченной нижним концентрационным пределом распространения пламени, в случае выхода кислородсодержащего продукта нефтепереработки из резервуара. Основными условиями будут являться отсутствие мгновенного воспламенения и наличие неподвижной воздушной среды [7–9]. При этом плотность паров находим по формуле:

$$\rho_n = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367t_p)} = \frac{113}{25,74} = 4,39 \text{ кг/м}^3 \quad (6)$$

Тогда радиус взрывоопасной зоны в случае локального разрушения находим по формуле:

$$R_{\text{НКРПР}} = 7,8 \cdot \left(\frac{m}{\rho_n \cdot C_{\text{НКРПР}}} \right)^{0,33} = 11,52 \text{ м}$$

Спрогнозируем размер зоны возможного поражения при быстром сгорании продуктов нефтепереработки в открытом пространстве (рис. 4). Для этого необходимо определить возможную массу исследуемого вещества в облаке по формуле [5–8]:

$$m_g = m_{\pi} \cdot Z = 209,776 \cdot 0,8 = 167,82 \text{ кг.}$$

Находим значение удельного энергетического выделения при горении бензина по формуле:

$$E_{\text{уд}} = \beta \cdot E_{\text{уд}0} = 1 \cdot 44 \cdot 10^6 = 44 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг.}$$

Определим два стехиометрических коэффициента: коэффициент участия кислорода в реакции сгорания по формуле (7) и концентрации паров нефтепродукта по формуле (8):

$$k = n_c + \frac{n_{\text{H}} - n_{\text{X}}}{4} - \frac{n_{\text{O}}}{2} = 7,024 + 3,426 = 10,45; \quad (7)$$

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84k} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 10,45} = 1,93 \% (\text{об.}) . \quad (8)$$

В результате расчетов получили максимальную стехиометрическую концентрацию, но вести дальнейшие расчеты целесообразно по концентрации НКРПР, значения которой равны 1,06 % (об.) и далее находим плотность воздуха по ранее представленной формуле (6):

$$\rho_{\text{в}} = \frac{28,98}{22,41 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 40,5)} = 1,126 \text{ кг/м}^3.$$

Отметим, что паровзрывоопасное облако продуктов нефтепереработки располагается на поверхности земли (над зеркалом пролива) и плотность паров бензина выше, чем воздуха, целесообразно определить эффективность энергетического запаса горючей смеси (E) по формуле:

$$E = \begin{cases} 2 \cdot m_g \cdot E_{\text{уд}}, & \text{если } C_{\text{Г}} \leq C_{\text{ст}} \\ 2 \cdot m_g \cdot E_{\text{уд}} \cdot \frac{C_{\text{ст}}}{C_{\text{Г}}}, & \text{если } C_{\text{Г}} > C_{\text{ст}} \end{cases}$$

Поскольку $C_r \leq C_{ст}$, энергетический запас будет равен:

$$E = 2 \cdot m_g \cdot E_{уд} = 2 \cdot 207,82 \cdot 44 \cdot 10^6 = 18,288 \cdot 10^9 \text{ Дж.}$$

Определим скорость фронта пламени при сгорании паровоздушной смеси по формуле:

$$U_p = k_1 \cdot m_g^{1/6} = 43 \cdot 207,82^{1/6} = 104,65 \text{ м/с.}$$

где k_1 – константа, равная 43 [4, 5].

Так как значение скорости фронта пламени менее чем 300, то $u_p = 300$. Следовательно, расстояние от центра взрывоопасного облака будет рассчитано по формуле:

$$r_x = \frac{r}{(E / \rho_0)^{1/3}} = \frac{20}{(18,288 \cdot 10^9 / 101325)^{1/3}} = 0,35$$

где r – характеристика присутствия человека на открытом пространстве от центра резервуара, 20; ρ_0 – атмосферное давление, Па (101325 Па).

Таким образом, подошли к расчету величины безразмерного давления по формуле (9), а также определим по формуле (10) импульс сжатия и выведем формулу:

$$p_x = \left(\frac{u^2}{c_0^2}\right) \cdot \left(\frac{\sigma - 1}{\sigma}\right) \cdot \left(\frac{0,83}{r_x} - \frac{0,14}{r_x^2}\right) = 0,778 \cdot 0,857 \cdot (2,371 - 1,142) = 0,819 \quad (9)$$

$$I_x = W \cdot (1 - 0,4 \cdot W) \cdot \left(\frac{0,06}{r_x} + \frac{0,01}{r_x^2} + \frac{0,0025}{r_x^3}\right) = W = \frac{u}{c_0} \cdot \left(\frac{\sigma - 1}{\sigma}\right) = \frac{300}{340} \cdot \left(\frac{7 - 1}{7}\right) = 0,756$$

$$I_x = 0,756 \cdot (1 - 0,4 \cdot 0,756) \cdot (0,171 + 0,081 - 0,058) = 0,102 \quad (10)$$

В заключении определим максимальную величину избыточного давления по формуле (11) и импульса фазы сжатия по формуле (12):

$$\Delta p = p_x \cdot p_0 = 0,819 \cdot 101325 = 8,298 \cdot 10^4 \text{ Па,} \quad (11)$$

$$I^+ = \frac{I_x \cdot p_0^{2/3} E^{1/3}}{C_0} = \frac{0,102 \cdot 101325^{2/3} \cdot 18,288 \cdot 10^9}{340} = 1717,858 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (12)$$

Бывают случаи, когда взрывопожароопасное облако может образовываться в оборудовании, при этом источником зажигания может послужить любая искра, то в этом случае сгорание смеси проходит с небольшими скоростями. Это явление называется пожар-вспышка. Поэтому определим радиус зоны поражения людей продуктами сгорания в случае локальной разгерметизации по формуле:

$$R_F = 1,2 \cdot R_{НКПП} = 1,2 \cdot 11,52 = 13,824 \text{ м.}$$



Рис. 4. Зоны возможного поражающего фактора (ударная волна взрыва) при взрыве газозвушных смесей

Проведена оценка возможных рисков на действующем объекте защиты нефтегазовой отрасли, а анализ полученных результатов дает основания сделать следующие выводы. Характерной причиной локальной аварийной ситуации является разгерметизация РВС-2000. В результате такого неблагоприятного события авторами спрогнозированы возможные зоны поражения, которые характеризуются взрывной волной, интенсивностью теплового излучения при разных воздушных потоках.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (одобр. Сов. Федерации 11 июля 2008 г.) // Рос. газ. 2008. № 163.

2. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах МЧС РФ: приказ МЧС РФ от 30 июня 2009 г. № 382. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.

3. Королев Д.С., Калач А.В., Зенин А.Ю. Важность принятия решений при обеспечении пожарной безопасности // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2015. № 2 (15). С. 42–46.

4. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов / Д.М. Гордиенко [и др.]. М.: ВНИИПО, 2012.

5. Клубань В.С., Петров А.П., Рябиков В.С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса. М.: Стройиздат, 1987. 477 с.

6. Королев Д.С., Калач А.В. Прогнозирование, основанное на молекулярных дескрипторах и искусственных нейронных сетях, как способ исключения образования горючей среды // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2016. № 2. С. 68–72.

7. Швырков С.А. Пожарная безопасность технологических процессов. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2012.

8. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. Доступ из Электронного фонда правовых и нормативно-технических документов.

9. Mathematical simulation of the process of forecasting the fire hazard properties of substances / D.S. Korolev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020.

References

1. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ (odobr. Sov. Federacii 11 iyulya 2008 g.) // Ros. gaz. 2008. № 163.

2. Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob"ektah MCHS RF: prikaz MCHS RF ot 30 iyunya 2009 g. № 382. М.: FGU VNIPO MCHS Rossii, 2009.

3. Korolev D.S., Kalach A.V., Zenin A.Yu. Vazhnost' prinyatiya reshenij pri obespechenii pozharnoj bezopasnosti // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. 2015. № 2 (15). S. 42–46.

4. Posobie po opredeleniyu raschetnyh velichin pozharnogo riska dlya proizvodstvennyh ob"ektov / D.M. Gordienko [i dr.]. М.: VNIPO, 2012.

5. Kluban' V.S., Petrov A.P., Ryabikov V.S. Pozharnaya bezopasnost' predpriyatij promyshlennosti i agropromyshlennogo kompleksa. М.: Strojizdat, 1987. 477 s.

6. Korolev D.S., Kalach A.V. Prognozirovanie, osnovannoe na molekulyarnyh deskriptorah i iskusstvennyh nejronnyh setyah, kak sposob isklyucheniya obrazovaniya goryuchej sredy // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. 2016. № 2. S. 68–72.

7. Shvyrkov S.A. Pozharnaya bezopasnost' tekhnologicheskikh processov. М.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2012.

8. SP 131.13330.2012. Stroitel'naya klimatologiya. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 23-01-99*. Dostup iz Elektronnoho fonda pravovyh i normativno-tekhnicheskikh dokumentov.

9. Mathematical simulation of the process of forecasting the fire hazard properties of substances / D.S. Korolev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020.

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

УДК 614.841

ПРОЦЕССЫ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ПРИ ЗАЖИГАНИИ НЕДЕФОРМИРУЕМОЙ ПОРИСТО-ДИСПЕРСНОЙ СРЕДЫ

А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;

Н.Н. Романов, кандидат технических наук, доцент;

А.А. Пермяков, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложена модель зажигания недеформируемой пористо-дисперсной среды. Составлена схема основных физико-химических процессов зажигания, протекающих в ее наружном слое. Выявлены факторы, позволяющие упростить задачу нахождения зависимости минимальной энергии зажигания от определяющих характеристик горючей среды. Сформирована модель, представляющая собой систему дифференциальных уравнений, описывающую процесс теплообмена между наружной поверхностью цилиндрического источника теплоты и недеформируемой пористо-дисперсной средой заданного влагосодержания в условиях свободной конвекции окружающего воздуха. Представлены результаты численного моделирования процесса зажигания наружного слоя недеформируемой пористо-дисперсной среды.

Ключевые слова: пористо-дисперсная среда, зажигание, влагосодержание, итерационно-интерполяционный метод

HEAT AND MASS TRANSFER PROCESSES DURING IGNITION OF NONDEFORMABLE POROUS-DISPERSE MEDIUM

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov; A.A. Permyakov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

A model of ignition of a non-deformable porous-dispersed medium is proposed. A diagram of the main physical and chemical processes of ignition occurring in its outer layer is drawn up. Factors that simplify the task of finding the dependence of the minimum ignition energy on the determining characteristics of the combustible medium are identified. A model is formed, which is a system of differential equations describing the process of heat exchange between the outer surface of a cylindrical heat source and a non-deformable porous-dispersed medium of a given moisture content under conditions of free convection of the surrounding air. The results of numerical simulation of the ignition process of the outer layer of a non-deformable porous-dispersed medium are presented.

Keywords: porous-dispersed medium, ignition, moisture content, iterative-interpolation method

Решение проблем пожарной безопасности промышленных объектов, связанных с переработкой и хранением на их территории значимых объемов недеформируемых пористо-дисперсных сред, в значительной степени зависит от понимания механизма их зажигания от локального источника тепла и умения оценить значение минимальной энергии зажигания в зависимости от основных характеристик [1]. К таким средам относятся опилки, отходы переработки зерновых и масличных культур, шрот, а также, и прежде всего, торфяная масса различной степени зернистости и уровня влагосодержания.

Простейшая двумерная модель зажигания, изображенная на рис. 1, предполагает, что на наружной поверхности пласта пористо-дисперсной многокомпонентной среды располагается цилиндрический источник теплоты радиусом r .

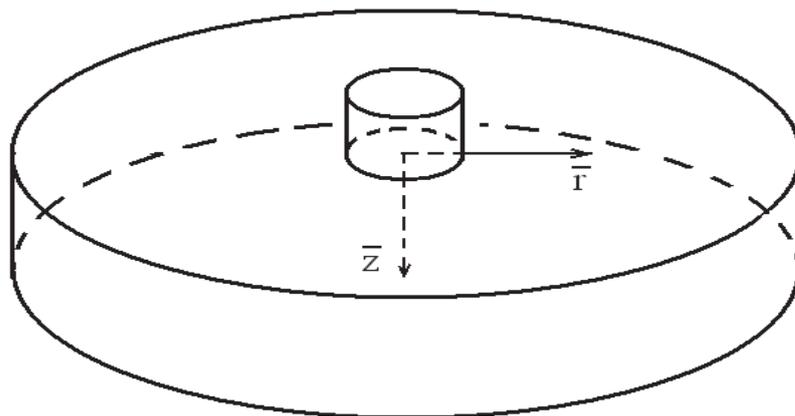


Рис. 1. Модель зажигания недеформируемой пористо-дисперсной среды

Модель предполагает исследование теплообмена между наружной поверхностью цилиндрического источника теплоты и недеформируемой пористо-дисперсной средой заданного влагосодержания в условиях свободной конвекции окружающего воздуха. Конечным продуктом моделирования является зависимость минимальной энергии зажигания от определяющих характеристик горючей среды, ее влажности и теплофизических параметров окружающего воздуха [2]. Схема основных физико-химических процессов зажигания, протекающих в наружном слое недеформируемой пористо-дисперсной среды, представлена на рис. 2.

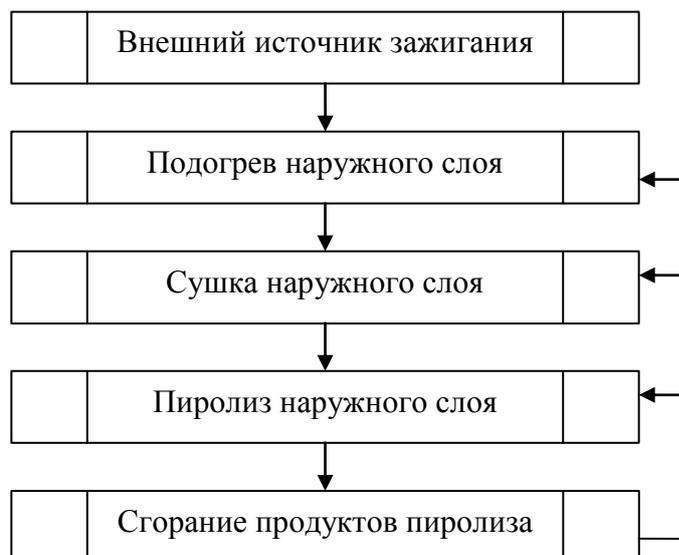


Рис. 2. Схема основных физико-химических процессов зажигания

Решение задачи исследования зависимости минимальной энергии зажигания от определяющих характеристик горючей среды, ее влажности и теплофизических параметров окружающего воздуха можно упростить, если:

– считая задачу цилиндрически симметричной, а условия теплообмена источника зажигания с поверхностью горючей среды аутентичными, использовать цилиндрическую систему координат с осями: r – радиус-вектор, z – высота;

– высокие теплопроводящие свойства материала источника зажигания обуславливают возможность пренебрежения возможными колебаниями температуры на его наружной поверхности;

– учитывать тепловые потери источника зажигания в направлении внешней среды конвекцией и тепловым излучением и в направлении недеформируемой пористо-дисперсной среды молекулярной диффузией и тепловым излучением [3, 4].

Тогда система дифференциальных уравнений, описывающая анализируемый процесс теплообмена между наружной поверхностью цилиндрического источника теплоты и недеформируемой пористо-дисперсной средой заданного влагосодержания в условиях свободной конвекции окружающего воздуха, будет включать, прежде всего, уравнения, описывающие закон сохранения массы исходного горючего вещества (1), а также влаги, кокса и золы, индексы 1, 2, 3, 4 соответственно:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_1 \cdot \frac{\partial \varphi_1}{\partial t} = -R_p; \rho_2 \cdot \frac{\partial \varphi_2}{\partial t} = -R_{s2}; \rho_{13} \cdot \frac{\partial \varphi_3}{\partial t} = -\gamma_c \cdot R_p - R_s; \\ \rho_4 \cdot \frac{\partial \varphi_4}{\partial t} = -\gamma_s \cdot R_p; \sum_{j=1}^4 \varphi_j = 1. \end{array} \right. \quad (1)$$

Уравнение сохранения массы газовой фазы продуктов горения недеформируемой пористо-дисперсной среды имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_5 \cdot \varphi_5) + \frac{1}{\bar{r}} \cdot \frac{\partial}{\partial \bar{r}}(\bar{r} \cdot \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot u) + \frac{\partial}{\partial \bar{z}}(\rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot v) = \gamma_g \cdot R_p + R_{s2} + R_{s3}, \quad (2)$$

где массовая скорость разложения среды описывается зависимостью:

$$R_p = k_p \cdot \rho_1 \cdot \varphi_1 \cdot \exp\left(-\frac{E_p}{R \cdot T}\right), \quad (3)$$

аналогично, массовая скорость испарения влаги в соответствии с аналогом закона Герца – Кнудсена:

$$R_{s2} = \frac{S_2 \cdot M_2 \cdot A_s \cdot \varphi_2 \left[k_{s2} \cdot \exp\left(-\frac{E_{s2}}{R \cdot T}\right) - P_2 \right]}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot R \cdot T \cdot M_2}}, \quad (4)$$

где P_2 – парциальное давление водяных паров определяется их объемной долей в соответствии законом Дальтона [5]:

$$P_2 = P \cdot c_2 \cdot \frac{M}{M_2}. \quad (5)$$

Массовая скорость окисления твердых компонентов продуктов разложения недеформируемой пористо-дисперсной среды с учетом значения удельной поверхности пор S :

$$R_{s3} = \frac{M_3}{M_{51}} \cdot S \cdot \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot C_1 \cdot \exp\left(-\frac{E_{s2}}{R \cdot T}\right). \quad (6)$$

Для отдельных компонентов продуктов горения: кислорода ($\alpha=1$), углекислого газа ($\alpha=2$), паров воды ($\alpha=3$) уравнение сохранения массы (7) дополняется соответствующим алгебраическим соотношением (8):

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot c_\alpha) + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial \bar{r}}(\bar{r} \cdot \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot u \cdot c_\alpha) + \frac{\partial}{\partial \bar{z}}(\rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot v \cdot c_\alpha) = \\ = \frac{1}{\bar{r}} \cdot \frac{\partial}{\partial \bar{r}}\left(\bar{r} \cdot \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot D_\alpha \cdot \frac{\partial c_\alpha}{\partial \bar{r}}\right) + \frac{\partial}{\partial \bar{z}}\left(\rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot D_\alpha \cdot \frac{\partial c_\alpha}{\partial \bar{z}}\right) + R_{5\alpha} + R_{5s\alpha}; \end{aligned} \quad (7)$$

$$\alpha = 1, 2, 3; \sum_{\alpha=1}^3 c_\alpha = 1. \quad (8)$$

Тепловой баланс процесса описывается уравнением сохранения энергии:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^5 \rho_j \cdot \varphi_j \cdot c_{pj} \cdot \frac{\partial T}{\partial t} + \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot c_{p5} \cdot \left(u \cdot \frac{\partial T}{\partial \bar{r}} + v \cdot \frac{\partial T}{\partial \bar{z}}\right) = \frac{1}{\bar{r}} \cdot \frac{\partial}{\partial \bar{r}}\left(\bar{r} \cdot \lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial \bar{r}}\right) + \\ + \frac{\partial}{\partial \bar{z}}\left(\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial \bar{z}}\right) + q_{co} \cdot R_{co} + q_{s3} \cdot R_{s3} - q_{s2} \cdot R_{s2}. \end{aligned} \quad (9)$$

В проекциях цилиндрических координат векторных значений r и z уравнение движения продуктов горения недеформируемой пористо-дисперсной среды в форме Дарси (9) имеет вид:

$$u = -\frac{K}{\mu} \cdot \frac{\partial P}{\partial \bar{r}}; v = -\frac{K}{\mu} \cdot \left(\frac{\partial P}{\partial \bar{z}} - \rho_5 \cdot g\right); p = \frac{\rho_5 \cdot R \cdot T}{M}; M = \frac{1}{\sum_{\alpha=1}^4 \frac{c_\alpha}{M_{5\alpha}}}. \quad (10)$$

Решение системы дифференциальных уравнений (1, 2, 6–10) предполагает формулирование краевых условий, соответствующих поставленной задаче.

Начальные условия (11) описывают состояние анализируемой системы до начала процесса зажигания:

$$t = 0: \varphi_j = \varphi_{jH}; j = 1, 4; c_\alpha = c_{\alpha P}; \alpha = 1, 3; \rho_5 = \rho_{5H};$$

$$T_{\bar{r} \leq r_o, \bar{z} = 0} = T_o; T_{\bar{r} > r_o, \bar{z} = 0} = T_H; T_{\bar{z} \neq 0} = T_H. \quad (11)$$

Граничные условия (12) описывают закономерности взаимодействия наружной поверхности источника зажигания с недеформируемой пористо-дисперсной средой по оси r :

$$\bar{r} = 0; \frac{\partial c_\alpha}{\partial \bar{r}} = 0; \frac{\partial P}{\partial \bar{r}} = 0; \frac{\partial T}{\partial \bar{r}} = 0; \bar{r} = L; c_\alpha = c_{\alpha H}; T = T_H; P = P_H. \quad (12)$$

Взаимодействия сред по оси z описывают выражения:

$$\bar{z} = 0; P_{\bar{r} > r_o} = P_e; \frac{\partial P}{\partial \bar{z}_{\bar{r} \leq r_o}} = 0; V_o \cdot c_o \cdot \rho_o \cdot \frac{dT}{dt} = S_o \cdot \lambda_s \cdot \frac{\partial T}{\partial \bar{z}_{\bar{r} \leq r_o}} - S_e \cdot q_e;$$

$$\lambda_s \cdot \frac{\partial T}{\partial \bar{z}_{\bar{r} > r_o}} = \alpha_1 \cdot (T - T_e); \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot D_\alpha \cdot \frac{\partial c_\alpha}{\partial \bar{z}_{\bar{r} > r_o}} = \beta_1 \cdot (c_\alpha - c_{\alpha e}); \rho_5 \cdot \varphi_5 \cdot D_\alpha \cdot \frac{\partial c_\alpha}{\partial \bar{z}_{\bar{r} \leq r_o}} = 0. \quad (13)$$

В уравнениях (1–13) приняты следующие обозначения: T_s, T_e – абсолютные температуры на поверхности недеформируемой пористо-дисперсной среды и омывающего воздуха соответственно; $T_H, P_H, r_H, c_{\alpha H}$ – абсолютная температура, абсолютное давление, плотность и массовая доля α -компонента продуктов горения в момент начала процесса зажигания; h, L – геометрические размеры прогреваемого слоя недеформируемой пористо-дисперсной среды; u, v – скорость фильтрации продуктов горения в слое пористо-дисперсной среды в направлениях векторов r и z соответственно.

Процесс теплопроводности между источником зажигания и зажигаемой средой описывается комплексным коэффициентом теплопроводности, включающим контактную составляющую пористо-дисперсной среды и лучистую составляющую:

$$\lambda = \sum_{j=1}^5 \lambda_j \cdot \varphi_j + 16 \cdot \sigma \cdot T_s^3,$$

где λ_j и φ_j – коэффициенты теплопроводности и газопроницаемости недеформируемой пористо-дисперсной среды соответственно; σ – постоянная Стефана-Больцмана.

Плотность потока тепла q_e от источника зажигания в окружающую воздушную среду включает в себя конвективную и лучистую составляющую и описывается уравнением:

$$q_e = \alpha_o \cdot (T_o - T_e) + \varepsilon_o \cdot \sigma \cdot (T_o^4 - T_e^4),$$

где α_o – коэффициент конвективного теплообмена между поверхностью источника зажигания и омывающим воздухом; T_o – абсолютная температура на поверхности источника зажигания; ε_o – степень черноты поверхности источника зажигания.

Численное моделирование процесса зажигания наружного слоя недеформируемой пористо-дисперсной среды от локального источника теплоты основано на использовании итерационно-интерполяционного метода и программного комплекса MathWorks MATLAB & Simulink. Причем необходимые теплофизические и кинетические характеристики были найдены в работах [6, 7].

В качестве модельной недеформируемой пористо-дисперсной среды анализировалось поведение торфяной массы малой степени разложения с плотностью в диапазоне $60\div 80 \text{ кг/м}^3$ и влагосодержанием до 15 %. Такой выбор обусловлен актуальностью поставленной задачи как с точки зрения распространенности этого материала, так и ее пожарной опасности вследствие его пористости, поскольку существенные запасы накопленного воздуха в порах торфяной массы позволяют поддерживать процесс ее горения даже при прекращении притока воздуха из слоя атмосферы, прилежащем к верхней поверхности торфяного пласта. В роли источника зажигания выступает стальной цилиндр высотой 50 мм и диаметром 50 мм.

Условиями численного эксперимента были выбраны:

$$\varphi_{1H} = 0,7; \varphi_{2H} = 0,2; c_{3H} = 0,23; T_e = 1200K; \alpha_e = 2 \frac{Bm}{M^2 \cdot \sigma C}; \sum_{i=1}^4 \rho_{is} \cdot \varphi_{is} = 925 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \rho_{s1} = 750 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

В ходе численного эксперимента на основе представленной математической модели применялась последовательность пространственных сгущающихся сеток с параметрами итерации: $h_r = 10^{-2} \text{ м}$; $h_z = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, откуда из работы [8] принимаем:

$$h_i = 2 \cdot h_{xi}; h_i = \frac{h_{xi}}{4}; h_{xi} = \frac{h_{xi}}{8}; i = 1, 2, 3, \dots$$

Для вычисления значения поверхностной скорости тления модельного пласта недеформируемой пористо-дисперсной среды по координатам r и z использовались уравнения:

$$w_r = \frac{(\Delta r)_*}{(\Delta t)_*} = \frac{r_j - r_{j-1}}{t_{*,j} - t_{*,j-1}}.$$

$$w_z = \frac{(\Delta z)_*}{(\Delta t)_*} = \frac{z_k - z_{k-1}}{t_{*,k} - t_{*,k-1}}.$$

Момент зажигания пласта $t=t^*$ наступает при соблюдении условия $T_{w2} \geq T^*$, при этом скорость распространения процесса тления в направлении оси z становится равной и даже становится больше характерного значения, то есть $w_z \geq w^*$, а температура на поверхности T_{w2} может достигнуть значения в 1050 К . В работе [9] приводятся следующие экспериментальные данные: значению характерной температуры $T^* = 650 \text{ К}$ соответствует значение характерной скорости распространения процесса тления $w^* = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$, с которыми хорошо согласуются результаты численного моделирования: $T^* = 650 \text{ К} \leftrightarrow w^* \approx 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$.

Если в ходе увеличения влагосодержания ψ исследуемого материала интенсивность процесса теплоотдачи при испарении содержащейся в пласте влаги начинает преобладать над тепловыделением в ходе экзотермической реакции процессов окисления, наблюдается увеличение необходимого времени прогрева, что отражается в данных численного моделирования, представленных на рис. 3 и хорошо согласующихся с экспериментальными данными, приведенными в [10].

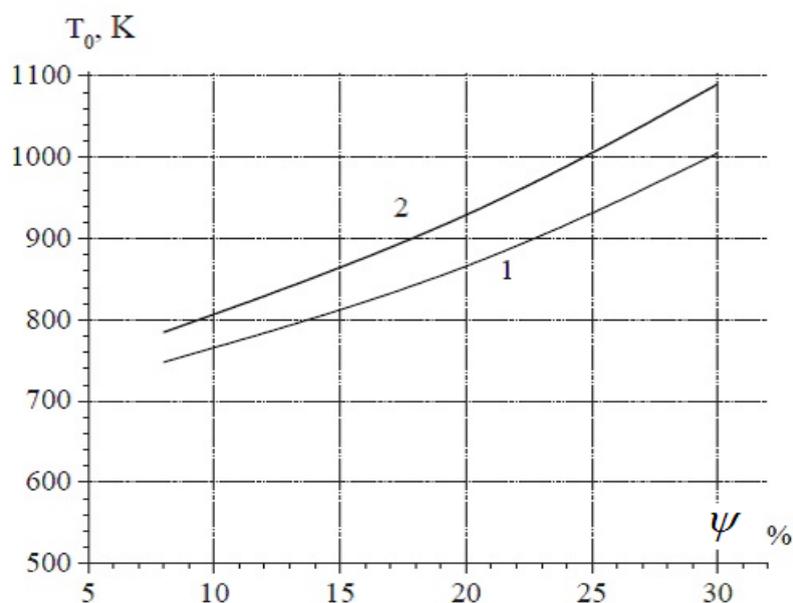


Рис. 3. Зависимость начальной температуры T_0 от влагосодержания ψ :
1 – натурный эксперимент; 2 – численный эксперимент

В ходе численного моделирования была получена графическая зависимость продолжительности теплового воздействия на торфяной пласт с влагосодержанием $\psi=15\%$ от плотности теплового потока, отображенная на рис. 4.

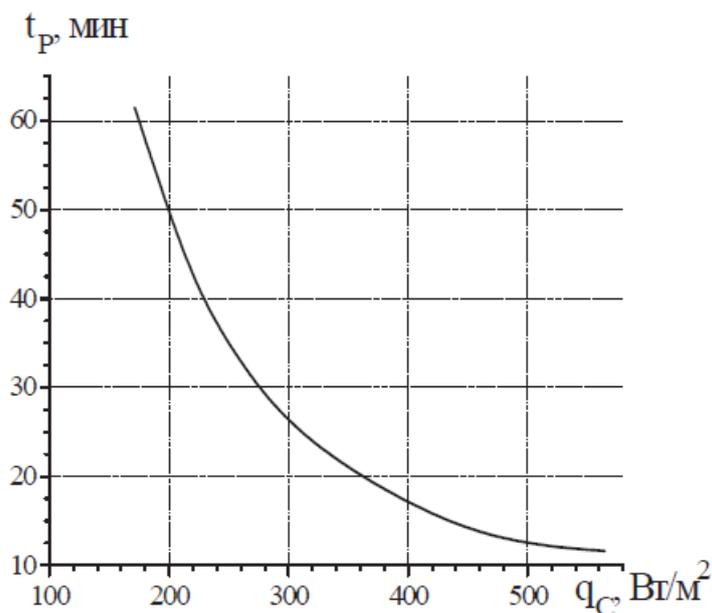


Рис. 4. Зависимость продолжительности теплового воздействия от плотности теплового потока

Таким образом, сформированная модель процесса зажигания недеформируемых пористо-дисперсных сред позволяет с достаточной точностью описать этот процесс и полученные результаты применять для оценки пожарной опасности объектов, связанных со складированием опилок, отходов переработки зерновых и масличных культур, шрота, а также, и прежде всего, торфяной массы различной степени зернистости и уровня влагосодержания.

Литература

1. Гришин А.М., Зима В.П., Касымов Д.П. Моделирование воздействия очага горения на торф и древесину на испытательном комплексе в лабораторных условиях // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 12. С. 30–36. DOI: 10.18333/PVB.2016.25.12.30-36.
2. Физическое и математическое моделирование и распространение торфяных пожаров / А.Н. Голованов [и др.]. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2017. 124 с.
3. Субботин А.Н. Математическое моделирование распространения фронта пожара на торфяниках // Механика реагирующих сред и ее приложения: сб. науч. трудов. Новосибирск: Наука, 2015. С. 57–63.
4. Крейтор В.П., Потеряев Ю.К. Моделирование процессов горения торфа при развитии торфяных пожаров // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. № 4. С. 56–63.
5. Теплофизические закономерности развития пожарной опасности на промышленных предприятиях и нефтегазовых объектах: монография / Д.Ю. Минкин [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2018. 464 с.
6. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука, 1972. 720 с.
7. George I.J., Black R.R., Geron C.D., Aurell J., Hays M.D., Preston W.T., Gullett B.K. Volatile and semivolatile organic compounds in laboratory peat fire emissions. *Atmospheric Environment*, 2016. № 132. pp. 163–170.
8. Итерационно-интерполяционный метод и его приложения / А.М. Гришин [и др.]. Томск: Изд-во ТГУ, 2014. 320 с.
9. Борисов А.А., Киселев Я.С., Удилов В.П. Кинетические характеристики низкотемпературного горения торфа // Теплофизика лесных пожаров. Новосибирск: Наука, 2014. С. 23–30.
10. Звягильская А.И., Субботин А.Н. Влияние влагосодержания и тепло и массообмена с окружающей средой на критические условия возникновения очага низового пожара // Физика горения и взрыва. 1996. Т. 32. № 5. С. 99–106.

References

1. Grishin A.M., Zima V.P., Kasymov D.P. Modelirovanie vozdejstviya ochaga goreniya na torf i drevesinu na ispytatel'nom komplekse v laboratornyh usloviyah // *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2016. T. 25. № 12. S. 30–36. DOI: 10.18333/PVB.2016.25.12.30-36.
2. Fizicheskoe i matematicheskoe modelirovanie i rasprostranenie torfyanyh pozharov / A.N. Golovanov [i dr.]. Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 2017. 124 s.
3. Subbotin A.N. Matematicheskoe modelirovanie rasprostraneniya fronta pozhara na torfyanihah // *Mekhanika reagiruyushchih sred i ee prilozheniya: sb. nauch. trudov*. Novosibirsk: Nauka, 2015. S. 57–63.
4. Krejtor V.P., Poteryaev Yu.K. Modelirovanie processov goreniya torfa pri razvitii torfyanyh pozharov // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2009. № 4. S. 56–63.
5. Teplofizicheskie zakonomernosti razvitiya pozharnoj opasnosti na promyshlennyh predpriyatiyah i neftegazovyh ob"ektah: monografiya / D.Yu. Minkin [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2018. 464 s.
6. Vargaftik N.B. Spravochnik po teplofizicheskim svojstvam gazov i zhidkostej. M.: Nauka, 1972. 720 s.
7. George I.J., Black R.R., Geron C.D., Aurell J., Hays M.D., Preston W.T., Gullett B.K. Volatile and semivolatile organic compounds in laboratory peat fire emissions. *Atmospheric Environment*, 2016. № 132. pp. 163–170.
8. Iteracionno-interpolyacionnyj metod i ego prilozheniya / A.M. Grishin [i dr.]. Tomsk: Izd-vo TGU, 2014. 320 s.

9. Borisov A.A., Kiselev Ya.S., Udilov V.P. Kineticheskie harakteristiki nizektemperaturnogo goreniya torfa // *Teplofizika lesnyh pozharov*. Novosibirsk: Nauka, 2014. S. 23–30.

10. Zvyagil'skaya A.I., Subbotin A.N. Vliyanie vlagosoderzhaniya i teplo i massoobmena s okruzhayushchej sredoj na kriticheskie usloviya vznikoveniya ochaga nizovogo pozhara // *Fizika goreniya i vzryva*. 1996. T. 32. № 5. S. 99–106.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 004:005.584.1:502/504

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В.В. Ничепорчук, кандидат технических наук.

**Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук» обособленного
подразделения Института вычислительного моделирования Сибирского
отделения Российской академии наук (ИВМ СО РАН), г. Красноярск.**

А.В. Калач, доктор химических наук, профессор.

Воронежский государственный технический университет.

С.В. Шарапов, доктор технических наук, профессор.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Статья посвящена построению архитектуры информационных ресурсов систем мониторинга природно-техногенной безопасности. Показано, что связи между видами информационных ресурсов поддержки управления и видами ресурсов информационно-аналитических систем взаимно однозначны, но имеют разные архитектуры. Разработана концептуальная схема систематизации информационных ресурсов на разных уровнях обобщения.

Ключевые слова: информационный ресурс, модель управления, мониторинг, онтология, чрезвычайная ситуация

THE CONCEPT OF BUILDING THE ARCHITECTURE OF INFORMATION RESOURCES OF NATURAL AND MAN-MADE SAFETY MONITORING SYSTEMS

V.V. Nichiporchuk. Federal research center «Krasnoyarsk scientific center of the Siberian branch of the Russian academy of sciences», a separate division of the Institute of computational modeling of the Siberian branch of the Russian academy of sciences, Krasnoyarsk.

A.V. Kalach. Voronezh state technical university.

S.V. Sharapov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article is devoted to the construction of the architecture of information resources of natural and man-made safety monitoring systems. It is shown that the relations between the types of information resources of management support and the types of resources of information and analytical systems are one-to-one, but have different architectures. A conceptual scheme of systematization of information resources at different levels of generalization is developed.

Keywords: information resource, management model, monitoring, ontology, emergency

Чрезвычайные ситуации (ЧС) техногенного характера являются опасными происшествиями, произошедшими в результате аварии, катастрофы или другого бедствия по вине человека на промышленных предприятиях, транспорте, нанешие ущерб здоровью населения и окружающей среде, повлекшие за собой человеческие жертвы [1, 2]. Одна из основных причин, приводящая к ЧС, – несовершенство техники и технологических процессов, вызванных ошибками, допущенными при проектировании, износ оборудования, использование устаревших средств производства, ошибки персонала [3]. Значительный процент в общем количестве техногенных ЧС составляют аварии на наземном, воздушном и водном транспорте, в хранилищах высокотоксичных продуктов на промышленных объектах и ряд других причин [4]. К техногенным ЧС в 2018 г. относятся 75,94 % от общего числа ЧС, в которых пострадало 2 532 человек, что составляет 2,09 % от общего количества 64 пострадавших, погибло 498 человек (93,61 % от общего количества погибших) и спасено 1 979 человек. В 2019 г. произошло 202 ЧС техногенного характера, погибло 498 человек, пострадало 2 532 человек, были спасены 1 979 человек. Число пострадавших уменьшилось соответственно на 29,8 % (709 человек) и на 34 % (3 838 человек), а количество спасенных увеличилось на 81,2 % (1 092 человек) [5]. Согласно данным МЧС России, по виду источников ЧС техногенного характера в 2019 г. преобладали дорожно-транспортные происшествия; аварии пассажирских и грузовых поездов (10 ед., в 2018 г. – 4 ед.); взрывы в зданиях, коммуникациях, на промышленных объектах (5 ед., в 2018 г. – 4 ед.); обрушения зданий и сооружений (5 ед., в 2018 г. – 2 ед.), а также другие аварии.

Анализ причин возникновения ЧС техногенного характера показал, что предотвращение их возникновения – наиболее эффективная мера при разработке стратегии управления системой защиты населения. В первую очередь подобная практика связана с разработкой методологии оценки риска возникновения ЧС [6, 7]. Необходимо проведение глубокого статистического анализа вероятных источников ЧС, степени их опасности с точки зрения последствий аварии при оценке риска для экологии, жизни и здоровья людей [8]. Это весьма необходимо для эффективного управления конкретными рисками при возникновении ЧС.

Таким образом, представляется актуальной разработка единой архитектуры информационных ресурсов систем мониторинга природно-техногенной безопасности.

В последние годы всё отчетливее наблюдается колоссальное нарастание объемов информации, информационные технологии постоянно развиваются, в связи с чем повышается значимость системного подхода к их структурированию – формированию архитектуры информационных ресурсов [9–12].

Рассматривая вопросы унификации доступа к данным, нельзя оставить в стороне значение термина «архитектура информационных ресурсов», под данным определением авторы обозначают описание организации информационных ресурсов, которое неотделимо связано с взаимоотношениями компонентов и окружения информационной среды, а также с основными принципами, определяющими проектирование, актуализацию и формирование информационных ресурсов.

Концептуальная схема систематизации информационных ресурсов на разных уровнях обобщения – детализации представлена на рис. 1.

Модели верхних уровней содержат меньшее количество сущностей, но обладают большей степенью свободы при переходе к реализации конкретных структур данных. Уровни 1–3 используются при концептуальном проектировании и остаются неизменными в процессе эксплуатации информационно-аналитических систем. По мере появления новых источников данных, изменения задач управления и требований технологий обработки данных даталогическая и физическая модели информационных ресурсов 4–5 уровней могут быть изменены в определенных пределах. Поэтому в процессе эксплуатации региональных информационно-аналитических систем иногда целесообразно циклическое повторение процесса проектирования для расширения структур данных. Систематизация информационных ресурсов в модели системной архитектуры представлена выше.



Рис. 1. Концептуальная схема систематизации информационных ресурсов

Онтология архитектуры информационных ресурсов

Рассмотрим дальнейшую детализацию концептуальной схемы рис. 1 с использованием понятия онтологии.

Архитектуру информационных ресурсов представим в виде онтологии:

$$A = \langle S, D, T, H, Q, W \rangle,$$

где S – виды информационных ресурсов, использующихся для информационной поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий, отражающие понятийный аппарат лиц, принимающих решения (ЛПР); D – виды информационных ресурсов, использующихся при построении информационно-аналитических систем поддержки управления; T – задачи управления; H – виды ситуаций; Q – виды источников данных; W – виды доступа к данным.

Рассмотрим подробнее классы объектов онтологии и отношения между ними. Виды ситуаций $H = \{h_1, \dots, h_{127}\}$ описываются в соответствии с классификатором ситуаций МЧС России [13].

В классификаторе разделение ЧС основано на следующих правилах иерархии: разделение на техногенные ЧС (54 вида), биолого-социальные (16 видов), природные (47 видов), которые, в свою очередь, имеют промежуточную группировку «аварии на транспорте» или «опасные метеорологические явления». При формировании информационных ресурсов на основе существующего каталога событий целесообразно введение дополнительного типа – «Прочие ЧС», включающего события, фиксируемые органами управления МЧС России как чрезвычайные происшествия. К их числу относятся

инциденты на водных объектах, находящихся под контролем Государственной инспекции по маломерным судам, анонимные звонки о минировании, обнаружение ртути, боеприпасов и т.д.

Виды источников данных, информация из которых используется в региональных информационно-аналитических системах поддержки управления:

$$Q = \{q_1, \dots, q_5\},$$

где q_1 – приборы инструментального контроля; q_2 – системы сбора донесений; q_3 – информационные системы мониторинга, включая корпоративные, объектовые, а также интеграторы мониторинговых данных; q_4 – способы организации хранения данных мониторинга (порталы, сайты, информационные шлюзы); q_5 – выборки из баз данных и других информационных ресурсов, загружаемых с использованием «ручной» пакетной обработки.

Виды доступа к данным, использующимся в задачах аналитической обработки:

w_1 – единое централизованное хранилище данных;

w_2 – распределённые (облачные) сервисы хранения;

w_3 – доступ к ограниченным выборкам данных распределённых ресурсов и использованием ссылок.

Связи между классами онтологической модели архитектуры информационных ресурсов показаны на рис. 2.

Связи между видами ситуаций H и задачами T «определяют постановку задач» можно представить как $(\forall h \in H)(\exists t \in T)(h \rightarrow t)$ – каждый конкретный вид ситуации определяет постановку задачи, требования к результатам её решения и необходимые информационные процессы. Связи между H и S , обозначенные на рис. 2 как «определяют состав информации», можно описать как $(\forall h \in H)(\exists s \in S)(h \rightarrow s)$, то есть каждый вид ситуации определяет состав информации, необходимый для описания конкретной ситуации или обстановки.

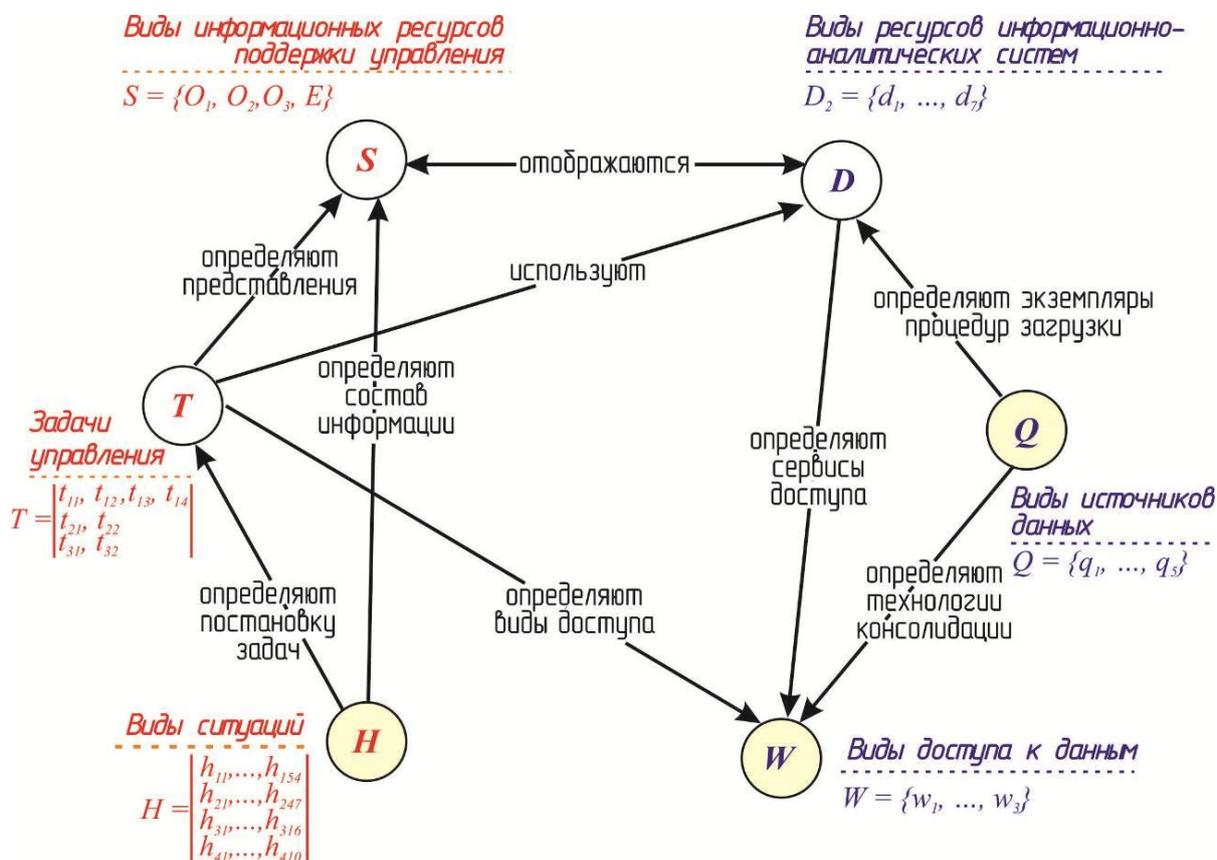


Рис. 2. Онтология архитектуры информационных ресурсов

Связи между задачами T и видами информационных ресурсов S , обозначенные на рис. 2 как «определяют представления», можно описать как $(\forall t \in T)(\exists s \in S)(t \rightarrow s)$. Каждая задача определяет специфический состав и представления информации, требующейся в процессе ее решения. Например, для задачи оперативного реагирования на ситуацию «пожар в медицинском учреждении» необходимы сведения о распределении людей в здании, пожарной нагрузке, путях эвакуации, количестве маломобильных пациентов, наличии систем сигнализации, оповещения, дымоудаления (описание объекта защиты O_2), а для той же задачи в ситуации «массовое заболевание людей» – число резервных коек, наличие специалистов, специализированных препаратов и средств диагностики (описание объекта управления O_3).

Связи между видами информационных ресурсов поддержки управления S и видами ресурсов информационно-аналитических систем D взаимно однозначны, но имеют разные архитектуры. Отображение между S и D двунаправлено и нетривиально. Для любой информации, применяемой в решении задач специалистами, в информационной системе задана структура необходимых данных, и любой элемент из D имеет соответствие в S .

Виды информационных ресурсов S и D , необходимых для решения конкретных задач $t \in T$, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Детализация информационных ресурсов S и D по задачам T

Задача T	Связанные информационные ресурсы	
	S	D
t_{11} – идентификация опасностей и угроз	O_1, O_2, O_3, E	$d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$
t_{12} – формирование сценариев ситуаций	O_2, O_3, E	d_1, d_5, d_6, d_7
t_{13} – прогнозирование обстановки	O_1, O_2	$d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$
t_{14} – информирование и оповещение	O_1, O_2, O_3, E	d_4, d_5, d_7
t_{21}, t_{22} – оперативное реагирование на ситуацию	O_1, O_2, O_3	d_1, d_5, d_6, d_7
t_{31} – оценка территориальных рисков	O_1, O_2, O_3, E	$d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6$
t_{32} – контроль превентивных мероприятий	O_2, O_3	d_1, d_5, d_6

Например, информационная поддержка задач оперативного реагирования t_{21}, t_{22} заключается в предоставлении ЛПР характеристик опасностей O_1 ; характеристик защищаемых объектов O_2 , полученных путём ситуационного моделирования и запросов к базам данных; данных о возможностях сил и средств (объектов управления O_3), являющихся результатом работы экспертной системы. Каталоги событий E в оперативном режиме управления не используются, поскольку с их помощью уже спроектированы сценарии опасных ситуаций (задача t_{12}). В процессе формирования различных представлений Y задействуются данные мониторинга r_4 , статистические r_5 и пространственные r_6 данные, а также базы знаний r_7 .

Связи между источниками Q и видами данных D , обозначенные на рис. 2 как «определяют экземпляры процедур загрузки», можно описать как $(\forall q \in Q)(\exists d \in D)(q \rightarrow d)$, то есть для каждого источника и конкретного вида данных необходим способ консолидации данных из внешней среды. Экземпляры (q, d) определяют типизированные процедуры загрузки данных. В случае доступа к ограниченным выборкам данных распределённых ресурсов с использованием ссылок w_3 решение задач управления T реализуется, минуя этап консолидации.

Несмотря на большое количество элементов Q и H в архитектуре информационных ресурсов многие элементы имеют вырожденный характер. Например, приборы инструментального контроля являются только источником данных об опасностях O_1 , а данные O_2, O_3, E консолидируются в хранилище данных из других информационных систем и веб-ресурсов. Сбор информации о событиях E различных видов H реализован в МЧС России по формам донесений 2/ЧС, дополненных впоследствии формами табеля

срочных донесений. Уровень развития технологий и особенности ситуаций природного и биолого-социального характера не позволяет решить задачу раннего предупреждения опасностей.

По аналогичным причинам часть связей элементов онтологии информационных ресурсов являются пустыми. Системный анализ всего множества сочетаний элементов позволяет выявить такие связи и спроектировать хранилища данных на основе значимых экземпляров онтологии.

Связи между задачами управления T и видами доступа к данным W , обозначенные на рис. 2 как «определяют виды доступа», можно описать как $(\forall t \in T)(\exists w \in W)(t \rightarrow w)$, то есть каждая задача определяет приемлемый по скорости и требованиям актуализации способ хранения данных. Примеры экземпляров (t, w) :

– в задачах оценивания рисков t_{31} и формирования сценариев ситуаций t_{12} , где требуется использование большого объёма информационных ресурсов, используется единое централизованное хранилище данных w_1 ;

– в оперативном режиме (задачи t_{21} и t_{22}), а также при аналитической обработке данных оперативного мониторинга t_{11} и t_{13} , когда требуются актуальные данные, целесообразно использование распределённых (облачных) сервисов хранения w_2 ;

– при оперативном реагировании (задачи t_{21} и t_{22}), когда невозможно получить доступ ко всему объёму данных из-за больших размеров и (или) конфиденциальности информации, используется доступ к ограниченным выборкам данных по ссылкам w_3 . Это могут быть данные вида r_4 – характеристики абонента мобильного телефона, обратившегося в Службу-112, либо вида r_6 – пространственные объекты, попадающие в опасную зону (данные Росреестра), перечень гидрантов, использующихся для тушения пожаров (данные Водоканала).

В процессе проектирования структуры данных, представленных в информационно-аналитических системах как элементы D , а во внешней среде (источники данных и представления результатов обработки) как элементы подмножества S , необходимо установить соответствие элементов подмножеств D и S (табл. 2).

Возможное количество экземпляров онтологической модели архитектуры, которые в дальнейшем используются при проектировании структур данных, равно произведению мощностей всех элементов A с учётом нижнего уровня иерархий. Информационные ресурсы D , как правило, консолидируются из 1–2 источников данных Q и используют один способ доступа W .

Экземпляры объектов онтологии и их атрибуты далее раскрываются на конкретных примерах, позволяющих в дальнейшем перейти к даталогическому и физическому проектированию структур данных, конкретизирующих решение задач T .

Таблица 2. Соответствие видов информационных ресурсов

Элементы множества D	Перечни материалов, используемых при проектировании структур данных
d_1	Требования к представлениям аналитических моделей. Константы методик ситуационного моделирования
d_2	Техническое описание приборов
d_3	Нормативные документы МЧС России и других ведомств
d_4	Описание информационных потоков систем мониторинга
d_5	Описание информационных потоков систем мониторинга и сбора данных
d_6	Требования к картографическому отображению результатов аналитического и ситуационного моделирования
d_7	Состав и содержание сценарного описания ситуаций в планах действий по ликвидации ЧС

Поясним подробнее структуру данных для каждого вида информационных ресурсов множества D .

Структура справочников d_1 имеет вид (σ, τ) , где σ – элемент списка, τ – время актуализации. Справочники могут иметь дополнительные элементы, расположенные в основном массиве или таблице свойств: ρ – пространственная характеристика, ν – числовые значения (например, предельные значения показателя).

Структура данных мониторинга d_1, \dots, d_4 представлена набором элементов $(\tau, \rho, \sigma, \nu)$, где τ – момент времени, ρ – пространственная характеристика, σ – наименование показателя (элемент соответствующего справочника), ν – значение показателя (число, элемент из справочника и др.).

Примеры представления данных показаны в табл. 3.

Таблица 3. Примеры представления исходных данных в информационно-аналитических системах

Элементы подмножеств		время, τ	место, ρ	параметр, σ	число, μ
S	D				
O_1	d_2, d_4	момент измерения	пункт наблюдения	физический параметр	значение параметра
O_2	d_3, d_5	время актуализации	географические координаты, код территории, адрес	показатель	значение показателя
O_3	d_3, d_5	регламент представления донесений о готовности	место нахождения, реквизиты для связи	показатель (личный состав, техника, ресурсы, виды работ)	значение показателя
E	d_3, d_5	период	территория, объект, участок	вид события, вид работ	масштаб события, объём работ

Например, запись данных о метеорологической обстановке содержит поля «дата/время», «станция», «погодное явление», «количественное значение». Для опасных событий фиксируется время «обнаружения/реагирования/локализации/ликвидации», место «строение/населенный пункт/дистанция», а вид события выбирается из классификатора МЧС России, масштаб события определяется в зависимости от количества потерь и материального ущерба. Для информации о характеристиках территории показатель времени актуализации данных относится к служебной информации. Полей типов σ и μ в записи может быть несколько.

Практическое использование информационно-аналитических систем показало, что акцентировать внимание на выявлении опасностей и угроз в повседневном режиме функционирования g_1 , а также на основных характеристиках ситуации при оперативном управлении g_2 , позволяет использование различных сочетаний элементов множества Y .

В отличие от нормативно утверждённых отчётных форм, использование динамически настраиваемых таблиц, карт и графиков позволяет адаптировать формируемые решения под конкретную ситуацию и предпочтения лиц, принимающих решения, исключить избыточность информации, замедляющей выработку системы неотложных мероприятий.

Современные информационные технологии позволяют решить проблему частого изменения представления результатов обработки мониторинговых данных, предписываемого нормативными документами. При явном преимуществе средств динамической визуализации результатов аналитической обработки данных на основе веб-технологий, интегрирующих различные способы представления с инструментами манипулирования данными.

Структуру **пространственных данных** d_6 на верхнем уровне можно описать в виде набора элементов:

$$d_6 = \langle b, z, x, k \rangle,$$

где b – топографическая основа; z – цифровая модель рельефа; x – тематические слои в векторном формате, k – пространственные данные в растровом формате.

Векторные данные b и x состоят из графических элементов и табличной (атрибутивной) информации. При отображении результатов аналитической обработки в качестве b целесообразно использование веб-ресурсов, таких как YandexMap, Google, OSM, состоящих из иерархии тайловых слоёв для отображения различных масштабов. Мультимасштабная цифровая топографическая основа используется в ситуационном моделировании опасных событий. Растровый формат представления k используется при работе с данными дистанционного зондирования Земли, а также в качестве топографической основы при необходимости использования крупномасштабных планов или тематических карт. Библиотеки растровых форматов содержат сведения о порядке «сшивки» листов и картографической привязки объектов для формирования композитных карт в ГИС и выполнения операций картографического анализа.

Тематические слои x линейного и площадного типа представляются в открытых форматах, например shp, kml, geojson; цифровые модели рельефа – в виде текстовых файлов, содержащих данные регулярной сетки высот.

Поддержка геоданных r_6 в актуальном виде с учётом больших объёмов информации наиболее эффективна с использованием распределённых информационных ресурсов w_2 или в виде оперативного доступа WMS w_3 . При этом взаимодействие с пользователем осуществляется через веб-интерфейс. Поступающие запросы обрабатывает сервер приложений с установленными на нем компонентами системы. Вызов вычислительных модулей выполняется через сервис WPS, расположенный на картографическом сервере, который отвечает также за отображение пространственных данных и результатов расчетов. Масштабируемость обеспечивается за счёт объединения кэширующего сервера с набором картографических серверов. Управление картографическим сервером осуществляется через REST API.

Структура баз знаний d_7 в обобщенном виде отражает представление многоуровневой агрегированной модели знаний, использующейся в процессе решения задач t_{12}, t_{21}, t_{22} .

$$d_7 = \langle frames, rules, models, solver, interfaces, thesaurus, decisions \rangle,$$

где *frames* – база фреймов, представляющих возможные сценарии развития и ликвидации ЧС; *rules* – база правил типа «condition-action-rules»; *models* – библиотека расчетных моделей развития ЧС; *solver* – решатель – машина логического вывода; *interfaces* – библиотека интерфейсов базы знаний; *thesaurus* – словарь, описывающий фактовые переменные и их свойства; *decisions* – база проектов решений.

Фреймы используются для представления сценариев возникновения и развития ситуаций; правила представляют события, действия и условия их выполнения. Правила могут использоваться в качестве присоединенных процедур во фреймах.

Решатель выполняет интерпретацию расчётных и интерфейсных процедур и реализует стратегию вывода путем выбора по заданным критериям предпочтительного правила или процедуры из числа применимых в текущей ситуации.

Создание структуры информационных ресурсов d_7 , понимаемых в данном случае как «базы знаний», в хранилище данных wI включает реализацию перечисленных выше элементов, которые представляются как логически связанные таблицы.

Таким образом, разработана обобщенная системная архитектура информационной поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, позволяющая создавать мультизадачные проблемно ориентированные программные комплексы территориального управления. Архитектура конкретизирует системную модель в виде описаний источников данных, блока консолидации информационных ресурсов, подсистем и сервисов обработки данных, человеко-машинных интерфейсов.

Функционирование подсистем и сервисов обработки данных реализует аналитическое и ситуационное моделирование, а также динамическую визуализацию результатов формирования решений. Человеко-машинные интерфейсы включают всё разнообразие доступа к информации для лиц, формирующих и принимающих управленческие решения, – настольные программные комплексы, веб-сайты и мобильные приложения.

Литература

1. Алексеев С.П. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях. М.: Изд-во Политехнического университета, 2017. 482 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учеб. пособие / В.А. Акимов [и др.]. М.: Высш. шк., 2016. 592 с.
3. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях / В.М. Емельянов [и др.]. М.: Академический проект, 2015. 480 с.
4. Жуков В.И., Горбунова Л.Н. Защита и безопасность в чрезвычайных ситуациях. М.: ИНФРА-М, 2016. 400 с.
5. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 году: Государственный доклад. М.: МЧС России. ФГБУВНИИГОЧС(ФЦ), 2020. 239 с.
6. Цаликов Р.Х., Акимов В.А., Козлов К.А. Оценка природной, техногенной и экологической безопасности России. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. 464 с.
7. Концептуальные основы государственной стратегии снижения рисков и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций / С.Г. Харченко, А.А. Прохожев [и др.]. М., СПб.: Питер, 2017. 461 с.
8. Юсупова Н.И., Еникеева К.Р. Интеллектуальная информационная поддержка принятия решений при анализе рисков чрезвычайных ситуаций и управлении ими. М.: Машиностроение, 2017. 208 с.
9. Ничепорчук В.В., Ноженков А.И. Архитектура территориальной системы мониторинга чрезвычайных ситуаций // Информатизация и связь. 2018. № 2. С. 35–41.
10. Ничепорчук В.В. Концепция формирования и использования информационных ресурсов для управления безопасностью территорий // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: сб. статей по материалам Всерос. науч.-практ. конф. 2019. С. 14–22.
11. Ничепорчук В.В. Принципы формирования информационных ресурсов поддержки управления природно-техногенной безопасностью // Моделирование сложных процессов и систем: сб. трудов секции № 12 XXIX Междунар. науч.-практ. конф. М.: Акад. гражданской защиты МЧС России, 2019. С. 42–49.
12. Ничепорчук В.В. Перспективы виртуализации управления единой государственной системой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 2. С. 118–127.
13. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: постановление Правительства Рос. Федерации от 21 мая 2007 г. № 304. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

References

1. Alekseev S.P. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti v chrezvychajnyh situatsiyah. M.: Izd-vo Politekhnicheskogo universiteta, 2017. 482 c.
2. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. Bezopasnost' v chrezvychajnyh situatsiyah prirodno i tekhnogenno haraktera: ucheb. posobie / V.A. Akimov [i dr.]. M.: Vyssh. shk., 2016. 592 c.
3. Zashchita naseleniya i territorij v chrezvychajnyh situatsiyah / V.M. Emel'yanov [i dr.]. M.: Akademicheskij proekt, 2015. 480 c.
4. Zhukov V.I., Gorbunova L.N. Zashchita i bezopasnost' v chrezvychajnyh situatsiyah. M.: INFRA-M, 2016. 400 c.
5. O sostoyanii zashchity naseleniya i territorij Rossijskoj Federacii ot chrezvychajnyh situatsij prirodno i tekhnogenno haraktera v 2019 godu: Gosudarstvennyj doklad. M.: MCHS Rossii. FGBUVNIIGOCHS(FC), 2020. 239 s.
6. Calikov R.H., Akimov V.A., Kozlov K.A. Ocenka prirodnoj, tekhnogennoj i ekologicheskoy bezopasnosti Rossii. M.: FGU VNII GOCHS (FC), 2009. 464 s.
7. Konceptual'nye osnovy gosudarstvennoj strategii snizheniya riskov i smyagcheniya posledstvij chrezvychajnyh situatsij / S.G. Harchenko, A.A. Prohozhev [i dr.]. M., SPb.: Piter, 2017. 461 c.
8. Yusupova N.I., Enikeeva K.R. Intellektual'naya informacionnaya podderzhka prinyatiya reshenij pri analize riskov chrezvychajnyh situatsij i upravlenii imi. M.: Mashinostroenie, 2017. 208 c.
9. Nicheporchuk V.V., Nozhenkov A.I. Arhitektura territorial'noj sistemy monitoringa chrezvychajnyh situatsij // Informatizaciya i svyaz'. 2018. № 2. S. 35–41.
10. Nicheporchuk V.V. Konceptsiya formirovaniya i ispol'zovaniya informacionnyh resursov dlya upravleniya bezopasnost'yu territorij // Aktual'nye problemy obespecheniya pozharnoj bezopasnosti i zashchity ot chrezvychajnyh situatsij: sb. statej po materialam Vseros. nauch.-prakt. konf. 2019. S. 14–22.
11. Nicheporchuk V.V. Principy formirovaniya informacionnyh resursov podderzhki upravleniya prirodno-tekhnogennoj bezopasnost'yu // Modelirovanie slozhnyh processov i sistem: sb. trudov sekcii № 12 HKHIX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: Akad. grazhdanskoj zashchity MCHS Rossii, 2019. S. 42–49.
12. Nicheporchuk V.V. Perspektivy virtualizacii upravleniya edinoj gosudarstvennoj sistemoy preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situatsij // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 2. S. 118–127.
13. O klassifikacii chrezvychajnyh situatsij prirodno i tekhnogenno haraktera: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 21 maya 2007 g. № 304. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

УДК: 005.95

МЕТОДИКА ОТБОРА И ОЦЕНКИ КАНДИДАТОВ НА ВАКАНТНЫЕ ДОЛЖНОСТИ В СИСТЕМЕ МЧС РОССИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

**А.П. Корольков, кандидат технических наук, профессор;
А.А. Балобанов.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Предложена методика, позволяющая в процессе оценки кандидатов с целью выявления наиболее соответствующего по выбранным критериям конкретной должности повысить достоверность принимаемых решений. В отличие от существующей методики процесс кадрового отбора усовершенствован путем использования модели и дополнительных критериев, что позволяет перейти от качественных оценок кандидатов на вакантные должности к количественным.

Ключевые слова: методика отбора и оценки, критерий отбора, вакантная должность, кадровая работа, кадровая структура

THE METHOD OF SELECTION AND EVALUATION OF CANDIDATES FOR VACANT POSITIONS IN THE SYSTEM OF EMERCOM OF RUSSIA BASED ON ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

A.P. Korolkov; A.A. Balobanov.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article proposes a methodology that allows in the process of evaluating candidates, in order to identify the most appropriate for the selected criteria for a specific position, to increase the reliability of decisions. In contrast to the existing methodology, the personnel selection process has been improved by using a model and additional criteria, which makes it possible to move from qualitative assessments of candidates for vacant positions to quantitative ones.

Keywords: method of selection and evaluation, selection criteria, vacancy, personnel management, staffing structure

Современные темпы роста развития различных отраслей влекут за собой все более высокие квалификационные требования к персоналу и к процессу его отбора. Появляется необходимость модернизации ранее существующих методик путем автоматизации различных процедур отбора и оценки, что подразумевает под собой использование научно-обоснованных методов.

Процесс отбора и оценки кандидатов представляет собой многоэтапный, достаточно сложный и трудоемкий процесс, характерный для всех звеньев иерархии кадрового управления системы МЧС России [1]. На систему кадрового обеспечения министерства накладывается ряд ограничений, что исключает использование методик отбора коммерческими организациями, которые показали свою эффективность, но появляется возможность использовать их достижения с учетом специфики кадровой работы МЧС России.

Ряд ограничений, накладываемых на кадровые процедуры в процессе отбора кандидатов на вакантные должности, представлен на рис. 1.

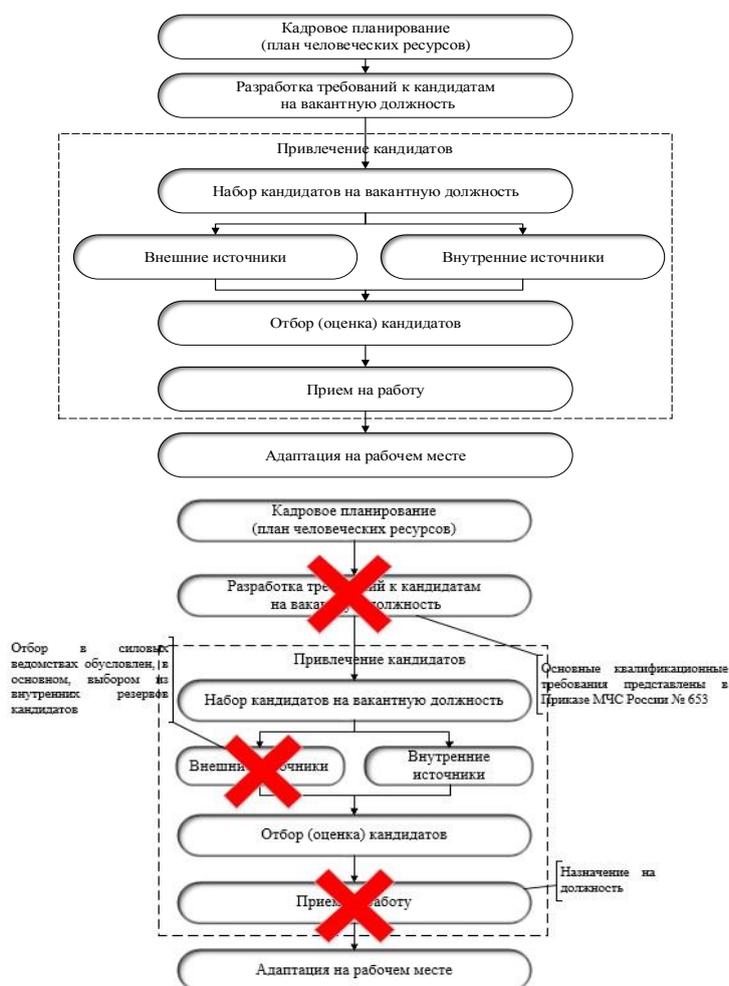


Рис. 1. Типовые схемы отбора персонала для организаций, не входящих в состав силовых ведомств, и отбора кандидатов в силовых ведомствах и их основные отличия

Основное отличие отбора в силовых ведомствах заключается в ряде ограничений, таких как:

- основные квалификационные требования отражены в нормативных документах министерства (возможно выделение дополнительных критериев, но применить их в процессе отбора появится возможность только на этапе аттестации);
- набор кандидатов на вакантную должность, в основном, ограничен внутренними резервами (кадровый состав министерства);
- отсутствует возможность корректировки контракта о прохождении службы в области условий труда (оплата труда, рабочее время и т.д.).

Таким образом, основные методики отбора персонала в организациях, не входящих в состав силовых ведомств, имеют схожую схему отбора с силовыми ведомствами, за исключением некоторых моментов, обусловленных рядом ограничений и специфики прохождения службы (работы).

Разработку и реализацию кадровой политики в министерстве осуществляет Департамент кадровой политики, кураторством которого напрямую занимается министр МЧС России. Основные направления совершенствования кадровых процессов отражены в Концепции кадровой политики и представляют собой следующее [2, 3]:

- совершенствование управления кадровыми процессами на основе системы научно-аналитического и информационного обеспечения;
- разработка и внедрение современных методик отбора, основанных на новых научных достижениях.

На сегодняшний день к сотруднику МЧС России предъявляется ряд квалификационных требований, изложенных в приказе МЧС России от 1 декабря 2016 г. № 653 «О квалификационных требованиях к должностям в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы» [4].

В данном перечне представлены общие минимальные требования, которые не позволят в полной мере оценить соответствие кандидата должности, что, в свою очередь, в случае выбора неоптимального кандидата влечет снижение эффективности выполнения задач.

Для более детального изучения сотрудников, участвующих в конкурсе на замещение вакантных должностей, предлагается использовать ряд дополнительных критериев, определяемых экспертной группой, которые позволят учесть специфику деятельности. Процедура формирования перечня дополнительных критериев представлена на рис. 2.

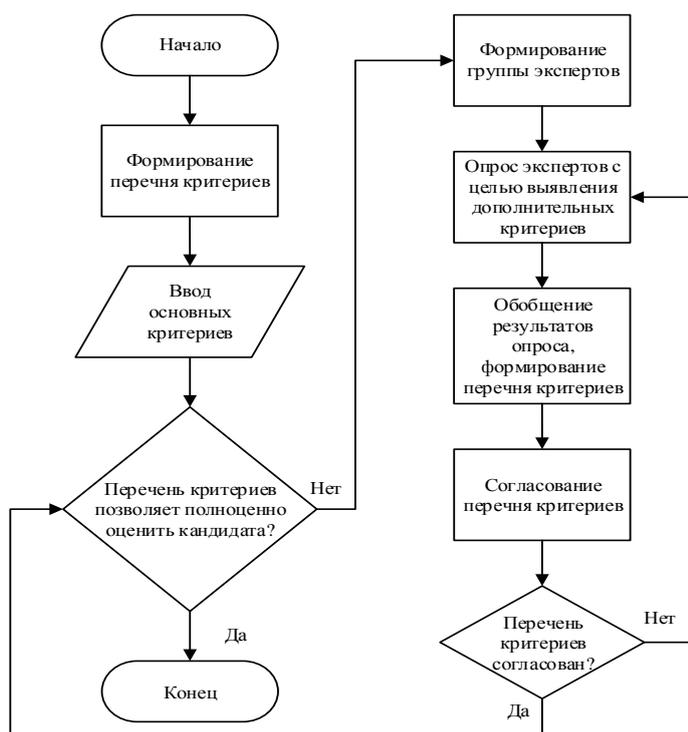


Рис. 2. Алгоритм выбора профессионально-важных качеств

Представленный алгоритм позволяет сформировать полный перечень критериев, позволяющий более детально оценить кандидатов на должность.

Формирование экспертной группы проводится на основании общеустановленных правил.

Экспертная оценка делится на следующие этапы [5]:

1. Формулировка цели проведения экспертизы.
2. Формирование экспертной группы.
3. Установление правил работы экспертов в группе.
4. Проведение экспертного опроса.

Имеющиеся ограничения в работе кадровых органов в процессе отбора и оценки кандидатов и приоритетные задачи, стоящие перед МЧС России в области совершенствования кадровых процедур, показывают необходимость разработки новой методики на основе новых научных достижений [6].

Всю процедуру отбора и оценки можно разделить на три основных этапа [7, 8]:

1. Подготовительный (формирование перечня критериев и кандидатов).
2. Оценка (сравнение кандидатов по выделенным критериям).

3. Вывод (сравнение полученных результатов, заключение аттестационной комиссии, заключение контракта).

Методика оценки и отбора кандидатов на вакантную должность включает в себя следующие этапы (рис. 3):

1. Объявление конкурса на замещение вакантной должности.
2. Формирование полного перечня критериев:
 - ввод перечня основных критериев (от 1 декабря 2016 г. № 653 «О квалификационных требованиях к должностям в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы»);
 - выбор состава экспертной комиссии и ее формирование;
 - опрос экспертной комиссии на предмет формирования списка наиболее профессионально-важных качеств;
 - согласование перечня критериев и его формирование.
3. Обобщение и структуризация полного перечня критериев (основного и наиболее профессионально-важных качеств).
4. Формирование перечня соискателей на вакантную должность из числа резерва.
5. Проверка соответствия кандидатов основным предъявляемым квалификационным требованиям (если кандидат соответствует, то происходят дальнейшие действия согласно алгоритму, если нет, то повторяется пункт 4).
6. Оценка кандидатов с учетом перечня дополнительных наиболее профессионально-важных качеств (используя алгоритм оценки кандидатов на вакантную должность на основе метода анализа иерархий).
7. Подготовка документов для аттестационной комиссии.
8. Оценка профессиональных навыков и знаний аттестационной комиссией.
9. Обобщение результатов.
10. Выводы по результатам отбора (если из перечня кандидатов не выбран подходящий, то действия повторяются с пункта 4).

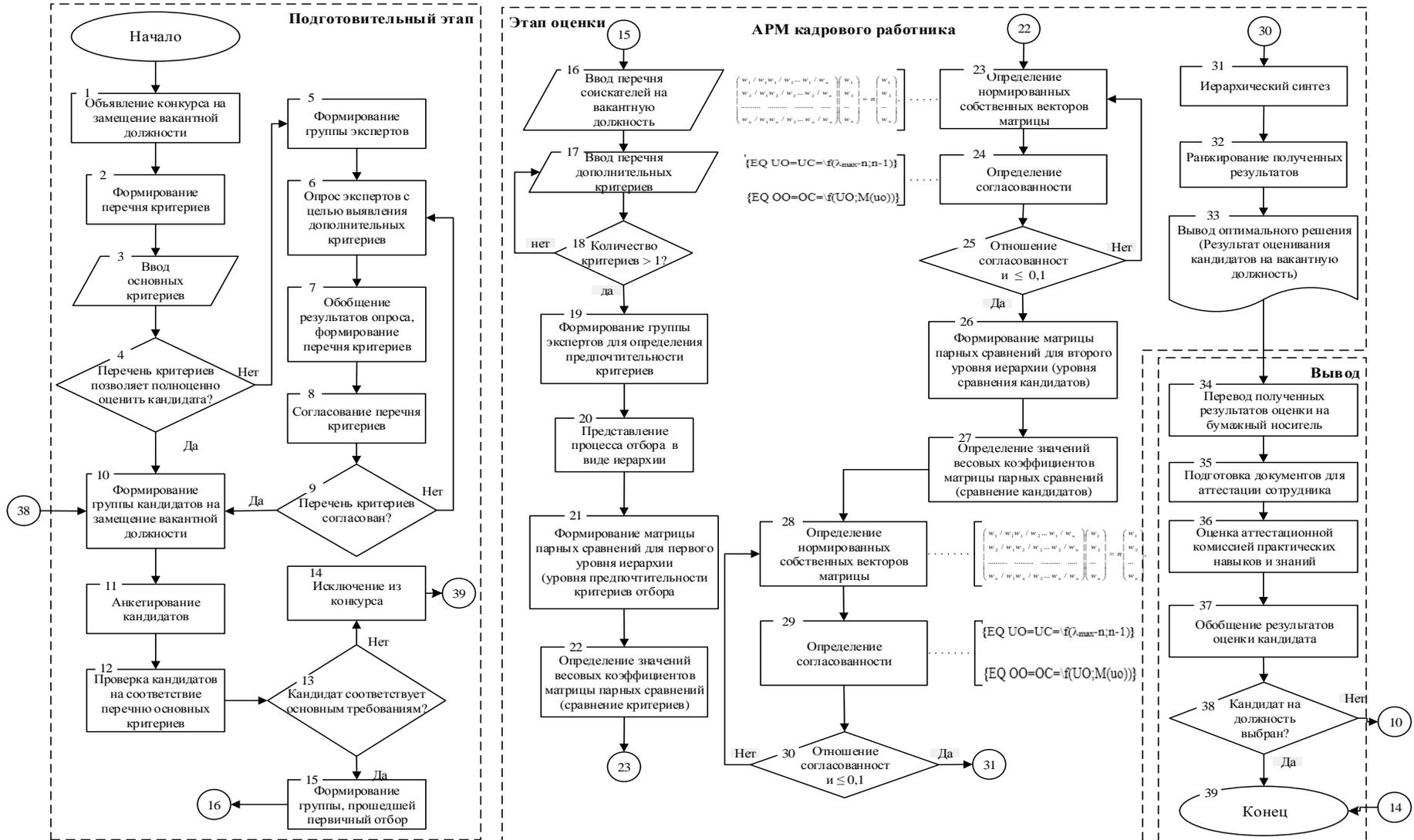


Рис. 3. Методика оценки и отбора кандидатов, реализованная с использованием метода анализа иерархий (АРМ – автоматизированное рабочее место)

Данная методика позволяет проводить более тщательный отбор по сравнению с существующим на сегодняшний день за счет автоматизации ряда процедур и возможности выделения и учета дополнительных критериев, что отвечает требованиям концепции кадровой политики в области внедрения более современных способов отбора и оценки кандидатов на основе научно-обоснованных методов [9, 10].

Литература

1. Система управления кадровым потенциалом современной организации / Н.Р. Балынская [и др.] // Вопросы управления. 2016. № 2 (20). С. 214–220.
2. Корольков А.П., Анашечкин А.Д., Балобанов А.А. Формирование кадровых потоков в системе МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 4. С. 55–59.
3. Балобанов А.А. Управленческие решения при подборе кадров и профессиональная подготовка сотрудников для ликвидации чрезвычайных ситуаций // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. № 1-2 (5).
4. Saaty, Thomas L. Ernest H. Forman. The Hierarchon: A Dictionary of Hierarchies. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 1992. ISBN 0-9620317-5-5. 496 p.
5. Методологический подход к кадровому потенциалу предприятия / О.В. Беспалова [и др.] // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2014. № 1. С. 44–51.
6. Рыженко Н.Ю., Долгополов С.С. Адаптация методов и моделей поддержки управления персоналом к системе МЧС России // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. № 1-2 (5).
7. Саенко И.И., Андреева О.С. Стратегия управления персоналом // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. № 10-2.
8. Пронюшкина Т.Г. Эффективность управления персоналом // Russian Journal of Education and Psychology. 2016. № 9 (65).
9. Пильман К.С. Основы управления персоналом // Политика, экономика и инновации. 2019. № 2 (25).
10. Пильман К.С. Мероприятия по совершенствованию системы управления персоналом // Политика, экономика и инновации. 2018. № 5 (22).

References

1. Sistema upravleniya kadrovym potencialom sovremennoj organizacii / N.R. Balynskaya [i dr.] // Voprosy upravleniya. 2016. № 2 (20). S. 214–220.
2. Korol'kov A.P., Anashechkin A.D., Balobanov A.A. Formirovanie kadrovyyh potokov v sisteme MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 4. S. 55–59.
3. Balobanov A.A. Upravlencheskie resheniya pri podbore kadrov i professional'naya podgotovka sotrudnikov dlya likvidacii chrezvychajnyh situacij // Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij. 2016. № 1-2 (5).
4. Saaty, Thomas L. Ernest H. Forman. The Hierarchon: A Dictionary of Hierarchies. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 1992. ISBN 0-9620317-5-5. 496 p.
5. Metodologicheskij podhod k kadrovomu potencialu predpriyatiya / O.V. Bepalova [i dr.] // Innovacionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya. 2014. № 1. S. 44–51.
6. Ryzhenko N.Yu., Dolgopolov S.S. Adaptaciya metodov i modelej podderzhki upravleniya personalom k sisteme MCHS Rossii // Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij. 2016. № 1-2 (5).
7. Saenko I.I., Andreeva O.S. Strategiya upravleniya personalom // Ekonomika i biznes: teoriya i praktika. 2019. № 10-2.

8. Pronyushkina T.G. Effektivnost' upravleniya personalom // Russian Journal of Education and Psychology. 2016. № 9 (65).
9. Pil'man K.S. Osnovy upravleniya personalom // Politika, ekonomika i innovacii. 2019. № 2 (25).
10. Pil'man K.S. Meropriyatiya po sovershenstvovaniyu sistemy upravleniya personalom // Politika, ekonomika i innovacii. 2018. № 5 (22).

УДК 004.056.5

МОДЕЛЬ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АЖИОТАЖНЫМ АНОМАЛИЯМ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ

В.Ф. Минаков, доктор технических наук.

Санкт-Петербургский государственный экономический университет.

В.Я. Трофимец, доктор технических наук, профессор;

С.А. Нефедьев, доктор военных наук, профессор.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Разработана математическая модель ажиотажных процессов в социально-экономических системах. Показано, что в цифровой экономике такие процессы характерны для конъюнктуры мировых рынков и способны на порядки изменять значения показателей экономических и социальных процессов по сравнению с фундаментальными. Установлено, что наряду с позитивным влиянием информации и информационных потоков на социально-экономические процессы, они порождают и негативные последствия, влияя на поведение граждан, вплоть до противоправных и несанкционированных действий. Разработанная математическая модель позволяет количественно оценить необходимые мероприятия для противодействия аномальным тенденциям и процессам.

Ключевые слова: противодействие, ажиотажные аномалии, модель, социально-экономические системы, конвергенция

MODEL OF COUNTERACTING AGITATIONAL ANOMALIES OF SOCIO-ECONOMIC BEHAVIOR

V.F. Minakov. Saint-Petersburg state university of economics.

V.Ya. Trofimets; S.A. Nefediev.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

A mathematical model of hype processes in socio-economic systems has been developed. It has been shown that in the digital economy such processes are characteristic of world market conditions and are able to change the values of indicators of economic and social processes by orders of magnitude compared to fundamental ones. It has been established that, along with the positive influence of information and information flows on socio-economic processes, they also produce negative consequences, affecting the behavior of citizens, up to illegal and unauthorized actions. The developed mathematical model allows you to quantify the necessary events to counter abnormal trends and processes.

Keywords: counter-action, hype anomalies, model, socio-economic systems, convergence

Критически важное влияние информационных потоков на формирование поведения групп граждан в социально-экономических системах проявилось в 2016 г., когда Комитетом по делам разведки Сената США были представлены доклады, посвященные активности российских пользователей социальных сетей в период выборов президента США. Доклад утверждал, что аккаунты с территории России якобы оказали влияние на победу Трампа. С тех пор мониторингу и противодействию информационным потолкам и даже позитивным и негативным оценкам аккаунтов, влияющих на состояние социально-экономических систем, уделяется большое внимание. В этой связи актуальность приобретают методы и модели

количественной оценки, формируемые информационными потоками трендов с целью их поддержки в случаях заинтересованности субъектов управления социально-экономическими системами, либо, наоборот, противостояния им, если они носят деструктивный характер.

В научной литературе выделяются, прежде всего, деструктивные действия (кибератаки, направленные на коммуникационные системы, целевые серверы; несанкционированный доступ, распространение вирусов) [1–3], которые можно отнести к категории киберпреступлений [4, 5]. Вместе с тем прецеденты влияния легитимных потоков информации, особенно ажиотажного характера, исследованы недостаточно. В этой связи настоящее исследование ставит своей целью разработку математических методов и моделей указанных процессов, причем как конструктивного, так и деструктивного характера.

Можно считать хрестоматийным прецедент аномального роста курса акций компании GameStop Corp в 2021 г. Компания в течение нескольких лет теряла прибыль. И на фондовом рынке ее акции традиционно использовались инвестиционными и хедж-фондами для получения прибыли за счет «коротких позиций», то есть за счет продажи акций по текущей цене, после чего котировки снижаются из-за избытка предложения акций, а игроки покупают те же акции, но по более низкой цене. Однако очередное открытие коротких позиций хедж-фондами в конце 2020 г. вызвало ажиотажную реакцию противодействия, распространяемую на платформе Reddit, которую используют около трех миллионов человек. Большое значение имел пост Илона Маска в поддержку сообщества Reddit, после чего котировки выросли до 347,51 долл. за акцию при средней цене за год 7,138 долл. (рост цены составил 4 868 % от среднегодовой). Визуализация данных (<https://ru.investing.com/equities/gamestop-corp-historical-data>), положенных в основу представленных выводов об аномальном повышении цены акций GameStop, выполнена на рис. 1.

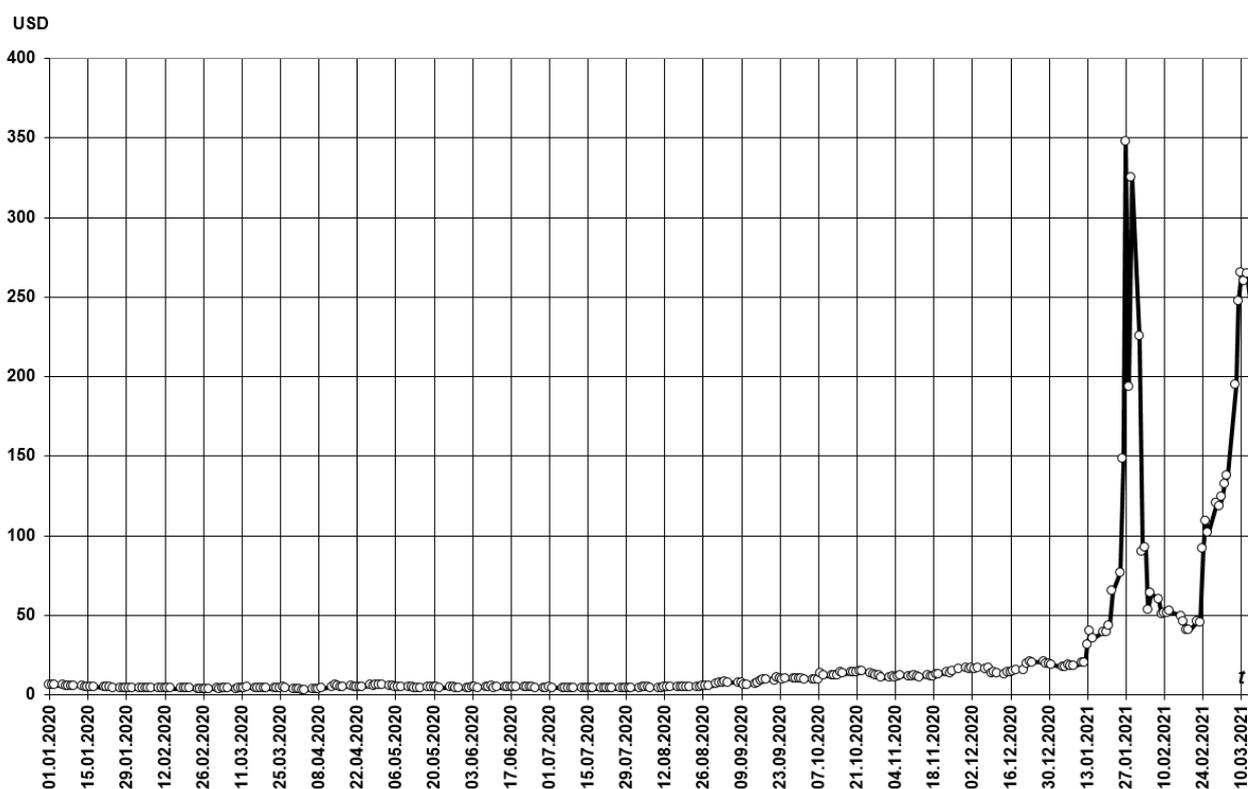


Рис. 1. Ажиотажные циклы роста курса акций GameStop Corp

Представленный результат иллюстрирует формирование ажиотажных аномалий под влиянием информации и информационных потоков. Очевиден негативный эффект для шорт-акторов (инвестиционных и хедж фондов): их потери составили свыше 6 млрд долл. США. Важно отметить, что информация с призывом о приобретении названных акций имела легитимный характер.

Влияние цифровых ресурсов на сознание и поведение в социально-экономических системах

Влияние информации и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) на поведение граждан доказано научными исследованиями [6, 7] и многократно подтверждено практикой. Появилось даже целое поколение Y (1980–1999 г. рождения, плюс-минус три года для левой и правой границ диапазона), именуемое сетевым. Расширение и усиление влияния цифровых технологий на социально-экономические системы и акторов проявляется в последние два десятилетия, когда сформировалось поколение Z (2000–2019 г. рождения, плюс-минус три года для левой и правой границ диапазона), именуемое цифровым. Названные поколения характеризуются не только перманентным использованием мировых информационных ресурсов, но и такой зависимостью от них, что их социальная и экономическая активность проявляется в большей степени в сетевом пространстве, причем в режиме реального времени (онлайн), нежели чем в реальной жизни и «живом» социальном взаимодействии «офлайн». Указанная зависимость от информационных ресурсов субъектов экономической деятельности, мобильных гаджетов является отличительным признаком, характеризующим и предопределяющим особенности социального и экономического поведения поколений Y и Z.

Хотя остальные поколения населения Земли не подвержены такой непреодолимой зависимости от цифровых ресурсов, влияние виртуализации настолько выросло [8, 9], что годовые денежные потоки маркетологов блогерам, провайдерам, авторитетным участникам социальных сетей составляет 40 млрд долл. США. Важно отметить, что такое воздействие информации и информационных потоков продолжает стремительно расти [10, 11]. Особенно сильно такой рост проявился в период пандемии коронавируса и вызванных ею ограничений на физическое взаимодействие людей в реальном мире. Капитализация телекоммуникационных компаний и компаний, разрабатывающих и предоставляющих сервисы видеоконференцсвязи, росла быстрее других.

Математическая модель ажиотажных социальных и экономических процессов

В основу математического описания процессов формирования и распространения ажиотажа положим следующие эмпирические положения. Первое: для граждан всегда характерна гетерогенность (неоднородность и противоположность) мнений (плюрализм) по любому аспекту социальных и экономических процессов. Следовательно, любое новое утверждение, которое появляется в ИКТ-пространстве, априори имеет свою аудиторию как одобрения и поддержки, так и потенциального противодействия. Второе: большая часть акторов принимает решение о поддержке той или иной альтернативы на основе сопоставительного анализа, рейтингов и рэнкингов по важнейшему для субъекта показателю. Для этого требуются данные, формируемые другими субъектами, чтобы на их основе построить последовательность альтернатив и отдать предпочтение одной из них либо ТОП-листам альтернативных вариантов. Следовательно, такие группы акторов неизбежно становятся последователями. Часть из них нуждается лишь в сведениях о мнении авторитетных акторов. Такая практика получает массовое распространение в ИКТ-пространстве. Следовательно, темп роста последователей пропорционален числу предшественников, обосновавших и представивших свое суждение. Третье: предельное число участников ажиотажного процесса (хайпа) конечно, как конечны ресурсы, спрос или

предложение на которые подвержен ажиотажному циклу [12]. Сказанное может быть формализовано математически [13] дифференциальным уравнением:

$$\frac{dA}{dt} = s \cdot A \cdot \left(1 - \frac{A}{A_m}\right), \quad (1)$$

где A – текущее значение исследуемого показателя социального или экономического процесса; A_m – предельное значение исследуемого показателя (например, объема спроса), то есть уровень насыщения; s – показатель темпа распространения реакции, например, на информационный поток (степень влияния информации на принятие ее содержания).

Уравнение (1) имеет решение в виде сигмоиды:

$$A = \frac{A_m}{1 + e^{p-s \cdot t}}, \quad (2)$$

где p – постоянная интегрирования, определяемая начальными условиями (началом отсчета времени); e – константа (2,71828459).

Графически сигмоида роста отображена на рис. 2.

Очевидно, что информационное противодействие подчиняется тем же закономерностям распространения, которые положены в основу уравнений (1) и (2). Следовательно, противодействующие процессы описываются аналогичными уравнениями, но с противоположным знаком:

$$dA_-/dt = s_- \cdot A_- \cdot (1 - A_-/A_{m_-});$$

$$A_- = -\frac{A_{m_-}}{1 + e^{p_- - s_- \cdot t}}. \quad (3)$$

Сигмоида спада (3) также представлена на рис. 2.

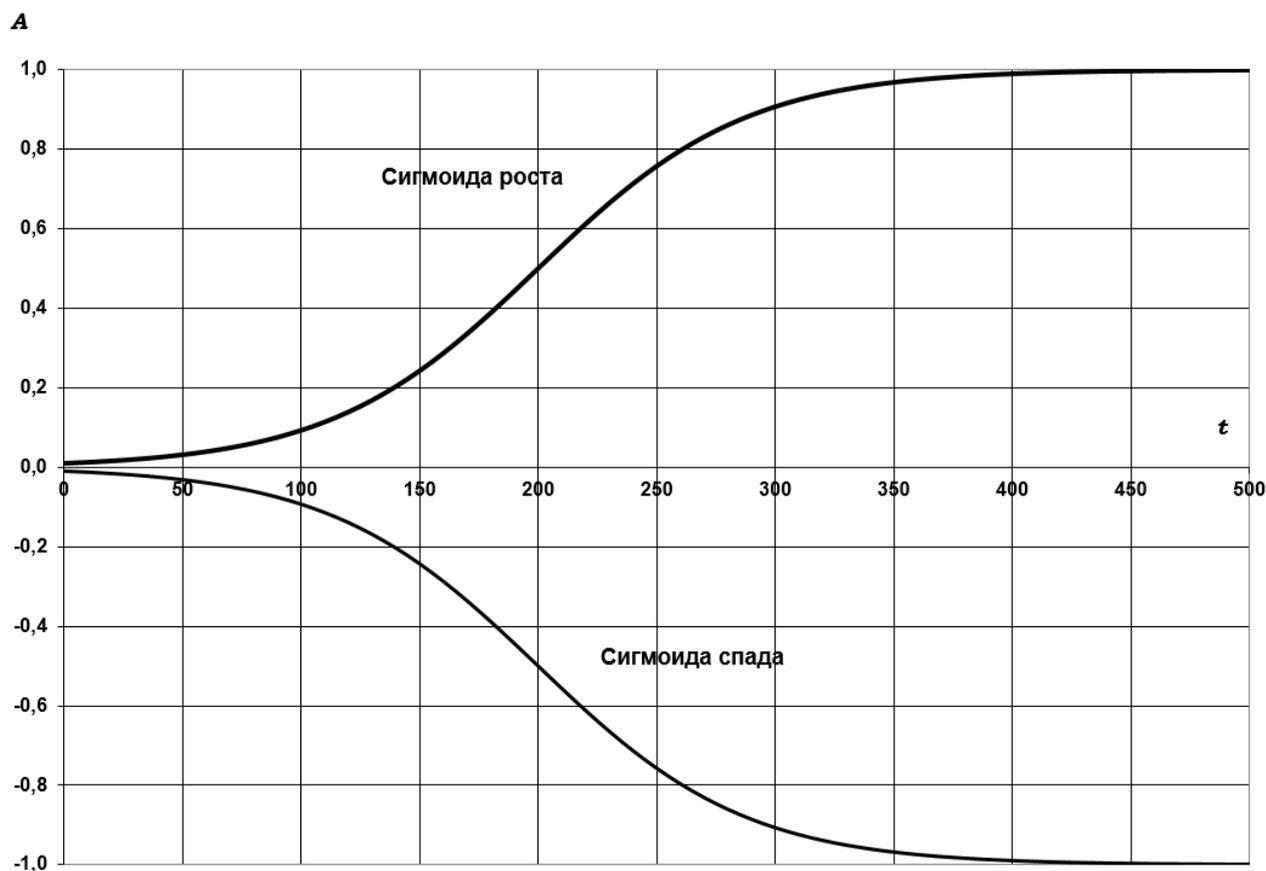


Рис. 2. Сигмоиды роста и спада

Теперь уравнение совместного влияния информации и информационных потоков на сигмоидальные процессы роста и спада ажиотажных процессов можно представить суперпозицией (2) и (3):

$$A_{sum} = \frac{A_m}{1+e^{p-s \cdot t}} - \frac{A_m}{1+e^{p-s \cdot t}} \quad (4)$$

Динамика изменения параметров в соответствии с (4) иллюстрируется рис. 3. Отметим, что полученное решение имеет характер изменения, согласующийся с ажиотажным циклом Гартнер.

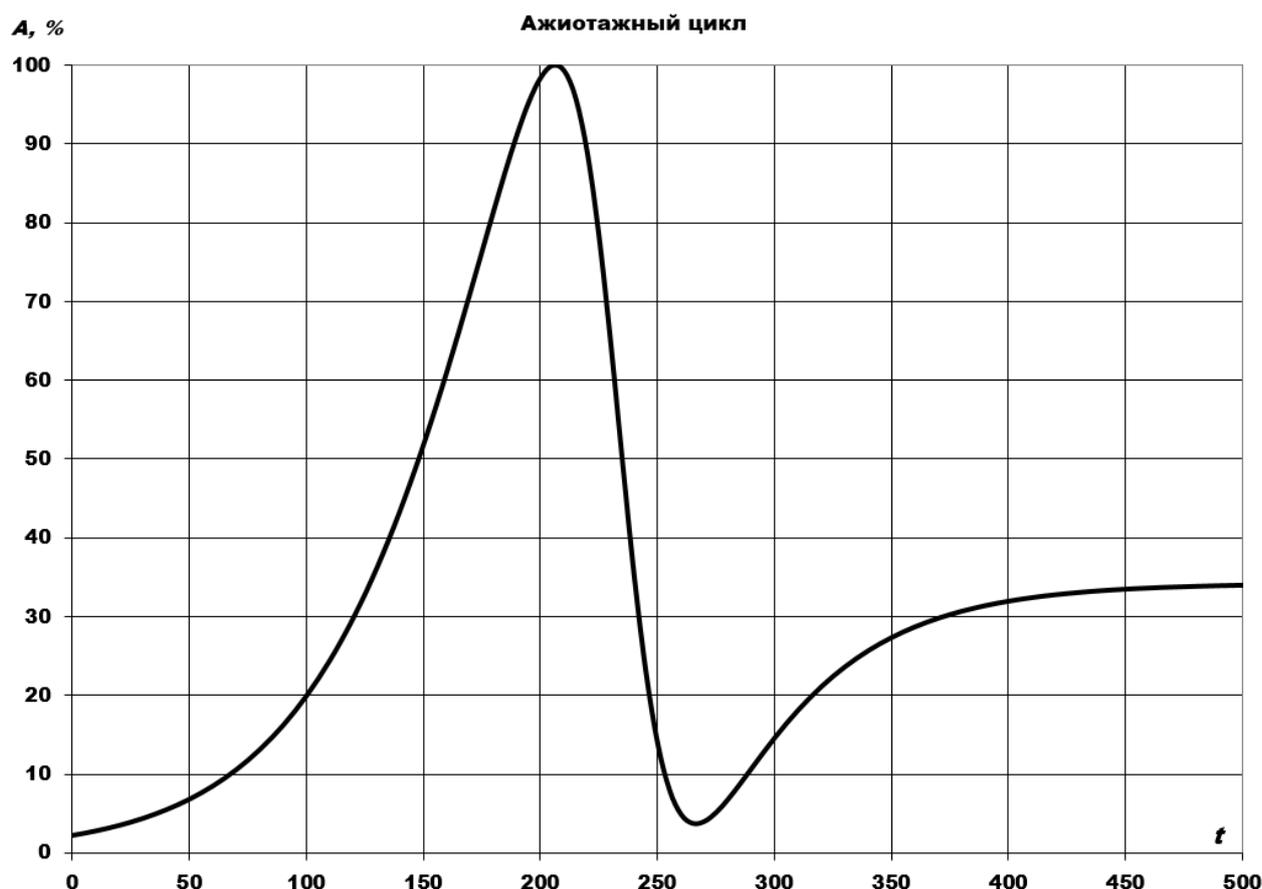


Рис. 3. Характер ажиотажного цикла

Полученное решение позволяет выполнять оценки и сопоставление характера ажиотажной динамики, например, в зависимости от веса или объема информационных потоков в социально-экономических системах [14], формирующих фазу подъема (k_+) и спада (k_-), а, соответственно, риски деструктивного их воздействия [15]:

$$A_{sum} = k_+ \cdot \frac{A_m}{1+e^{p-s \cdot t}} - k_- \cdot \frac{A_m}{1+e^{p-s \cdot t}}$$

В зависимости от их соотношения:

$$k = k_-/k_+,$$

получаем результат управления ажиотажными процессами, визуализированный на рис. 4.

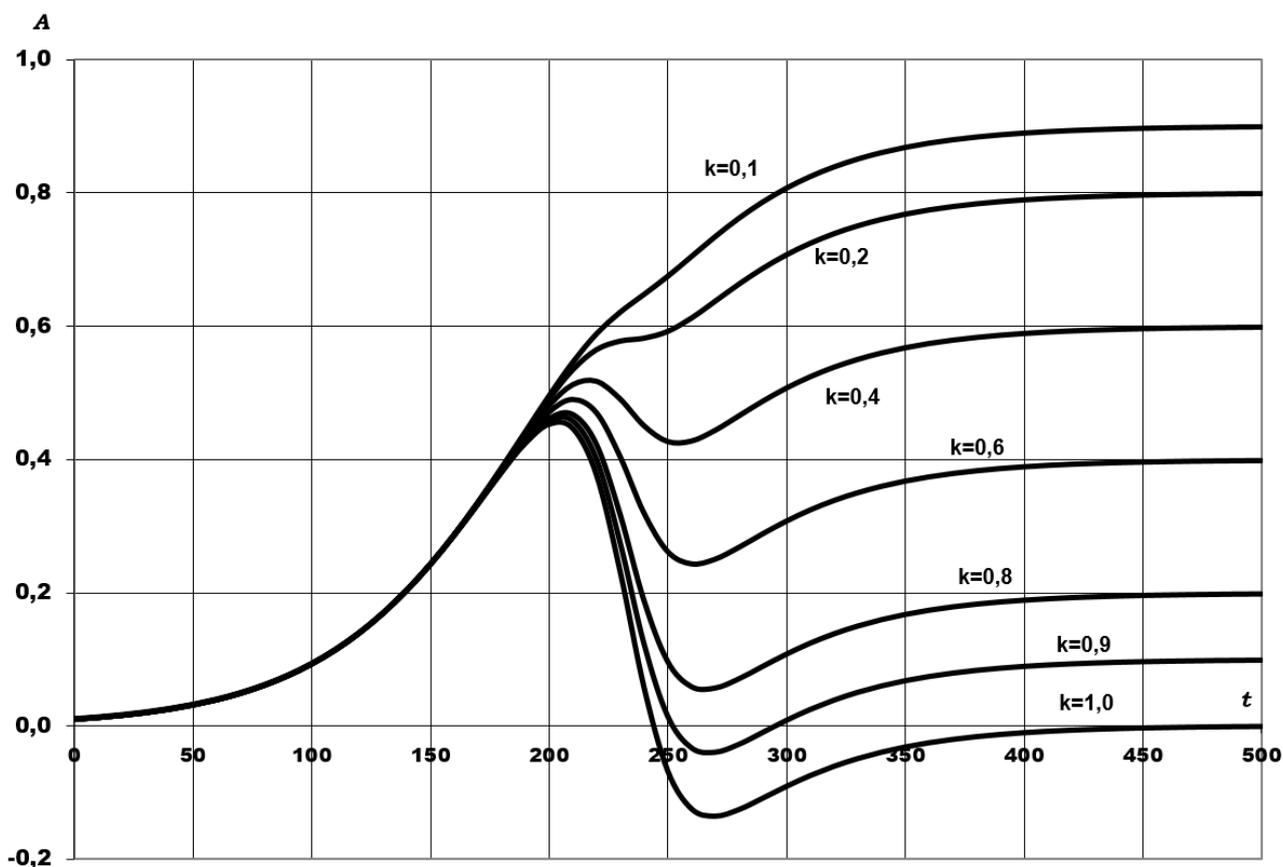


Рис. 4. Влияние степени противодействия на ажиотажные процессы

Полученный результат моделирования ажиотажных циклов с различной степенью противодействия, например, аномальным процессам, позволяет количественно оценивать необходимые для такого противодействия ресурсы на основе соотношения информационных потоков деструктивного и конструктивного характера.

Заключение

Верифицирована математическая модель ажиотажных социально-экономических процессов. Установлены закономерности ажиотажного роста и спада, показана их идентичность, противоположность направления временной динамики. Введен параметр, позволяющий выполнить оценку и сопоставление влияния как аномальных, так и противодействующих мер, например, в форме создаваемых информационных потоков.

Литература

1. Мелешко А.В., Десницкий В.А. Методика применения процесса выбора контрмер на основе игрового подхода // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 4. С. 70–77.
2. Buinevich M., Vladyko A. Forecasting issues of wireless communication networks' cyber resilience for an intelligent transportation system: an overview of cyber attacks // Information (Switzerland). 2019. Т. 10. № 1. С. 27.
3. Сети, информация и знания – основные драйверы четвертой индустриальной революции (INDUSTRIE 4.0) / И.Г. Малыгин [и др.] // Информация и космос. 2016. № 1. С. 14–25.
4. Макаренко С.И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетевых войнах начала XXI века. СПб., 2017. 546 с.

5. Вероятностная модель оценки эффективности открытых информационных систем в условиях деструктивных воздействий. Ч. 1: Аналитическое моделирование / О.Ф. Дворникова [и др.] // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 1. С. 42–50.
6. Камалетдинова А.И. Информационно-коммуникативные технологии вовлечения российских граждан в избирательный процесс: дис. ... канд. полит. наук. Самара: Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С.П. Королева, 2018. 246 с.
7. Мартыненко Б.В., Мартыненко В.В. Новые вызовы цифровизации политической системы государства // Международный академический вестник. 2020. № 3 (47). С. 84–88.
8. Малик Е.Н. Цифровизация политико-управленческой модели в государстве: проблемы трансформации и перспективы // Социальная политика и социальное партнерство. 2019. № 12. С. 12–16.
9. Савченко И.В. Влияние информационно-коммуникационных технологий на развитие личности // Образование и развитие личности в современном коммуникативном пространстве. 2016. С. 241–247.
10. Халин В.Г., Чернова Г.В. Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски // Управленческое консультирование. 2018. № 10 (118). С. 46–63.
11. Грибанов Ю.И. Цифровая трансформация социально-экономических систем на основе развития института сервисной интеграции: дис. ... д-ра экон. наук. СПб.: С.-Петербур. гос. экон. ун-т, 2019. 355 с.
12. Minakov V.F., Lobanov O.S., Dyatlov S.A. Three-dimensional trends superposition in digital innovation life cycle model // International Journal of Technology. 2020. Т. 11. № 6. С. 1201–1212.
13. Как управлять массовым сознанием Современные модели: монография / В.А. Минаев [и др.]. М., 2013. 200 с.
14. Chernova G.V., Kalayda S.A., Khalin V.G., Yurkov A.V. Matters of economic ecosystem classification // Journal of Applied Informatics. 2021. Т. 16. № 1 (91). С. 69–82.
15. Буйневич М.В., Ахунова Д.Г., Ярошенко А.Ю. Комплексный метод решения типовой задачи риск-менеджмента в инфологической среде (на примере ранжирования требований пожарной безопасности). Ч. 2 // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 4. С. 78–89.

References

1. Meleshko A.V., Desnickij V.A. Metodika primeneniya processa vybora kontrmer na osnove igrovogo podhoda // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 4. S. 70–77.
2. Buinevich M., Vladyko A. Forecasting issues of wireless communication networks' cyber resilience for an intelligent transportation system: an overview of cyber attacks // Information (Switzerland). 2019. Т. 10. № 1. S. 27.
3. Seti, informasiya i znaniya – osnovnye drayvery chetvertoj industrial'noj revoljucii (INDUSTRIE 4.0) / I.G. Malygin [i dr.] // Informaciya i kosmos. 2016. № 1. S. 14–25.
4. Makarenko S.I. Informacionnoe protivoborstvo i radioelektronnaya bor'ba v setecentricheskix vojnah nachala XXI veka. SPb., 2017. 546 s.
5. Veroyatnostnaya model' ocenki effektivnosti otkrytyh informacionnyh sistem v usloviyah destruktivnyh vozdejstvij. Ch. 1: Analiticheskoe modelirovanie / O.F. Dvornikova [i dr.] // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 1. S. 42–50.
6. Kamaletdinova A.I. Informacionno-kommunikativnye tekhnologii vovlecheniya rossijskix grazhdan v izbiratel'nyj process: dis. ... kand. polit. nauk. Samara: Samarskij nacional'nyj issledovatel'skij universitet im. akad. S.P. Koroleva, 2018. 246 s.
7. Martynenkov B.V., Martynenkov V.V. Novye vyzovy cifrovizacii politicheskoy sistemy gosudarstva // Mezhdunarodnyj akademicheskij vestnik. 2020. № 3 (47). S. 84–88.

8. Malik E.N. Cifrovizaciya politiko-upravlencheskoj modeli v gosudarstve: problemy transformacii i perspektivy // Social'naya politika i social'noe partnerstvo. 2019. № 12. S. 12–16.
9. Savchenko I.V. Vliyanie informacionno-kommunikacionnyh tekhnologij na razvitie lichnosti // Obrazovanie i razvitie lichnosti v sovremennom kommunikativnom prostranstve. 2016. S. 241–247.
10. Halin V.G., Chernova G.V. Cifrovizaciya i ee vliyanie na rossijskuyu ekonomiku i obshchestvo: preimushchestva, vyzovy, ugrozy i riski // Upravlencheskoe konsul'tirovanie. 2018. № 10 (118). S. 46–63.
11. Griбанov Yu.I. Cifrovaya transformaciya social'no-ekonomicheskikh sistem na osnove razvitiya instituta servisnoj integracii: dis. ... d-ra ekon. nauk. SPb.: S.-Peterb. gos. ekon. un-t, 2019. 355 s.
12. Minakov V.F., Lobanov O.S., Dyatlov S.A. Three-dimensional trends superposition in digital innovation life cycle model // International Journal of Technology. 2020. T. 11. № 6. S. 1201–1212.
13. Kak upravlyat' massovym soznaniem Sovremennye modeli: monografiya / V.A. Minaev [i dr.]. M., 2013. 200 s.
14. Chernova G.V., Kalayda S.A., Khalin V.G., Yurkov A.V. Matters of economic ecosystem classification // Journal of Applied Informatics. 2021. T. 16. № 1 (91). S. 69–82.
15. Bujnevich M.V., Ahunova D.G., Yaroshenko A.Yu. Kompleksnyj metod resheniya tipovoj zadachi risk-menedzhmenta v infologicheskoy srede (na primere ranzhirovaniya trebovanij pozharnoj bezopasnosti). Ch. 2 // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 4. S. 78–89.

УДК 004.05:64.841+004.032.26

РАСЧЕТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОЦЕССА КОНТРОЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ $PM_{2,5}$ ТЛЕЮЩЕГО ТОРФА НА ПОЖАРНОГО

**Б.В. Гавкалюк, кандидат технических наук, доцент;
В.Н. Ложкин, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Предложен оригинальный информационный процесс контроля негативного воздействия на пожарного дымовых частиц $PM_{2,5}$, обеспечиваемый расчетом превышений концентраций предельной максимально-разовой величины содержания $PM_{2,5}$ по адекватной математической модели диффузии поллютантов в стратифицированной атмосфере. Информационный процесс протестирован обучающим экспериментом на физической модели распространения смога от локального источника тлеющего торфа.

Ключевые слова: информационный процесс, расчет, пожарный, тлеющий торф, поллютанты, модель

CALCULATION SUPPLY OF INFORMATION PROCESS FOR CONTROL OF IMPACT OF $PM_{2,5}$ SMELLING PEAT ON FIRE

B.V. Gavkalyuk; V.N. Lozhkin.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

An original informational process for monitoring the negative impact of $PM_{2,5}$ smoke particles on a firefighter is proposed, which is provided by calculating the excess of concentrations of the maximum one-time $PM_{2,5}$ content according to an adequate mathematical model of the diffusion of pollutants in a stratified atmosphere. The information process was tested by a training experiment on a physical model of the spread of smog from a local source of smoldering peat.

Keywords: information process, calculation, fireman, smoldering peat, pollutants, model

Кафедра пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России на протяжении последних шести лет проводит научно-прикладные изыскания по разработке информационных процессов контроля и мониторинга негативного воздействия поллютантов горящих торфяников на население, инфраструктурные транспортные объекты и пожарных, осуществляющих локализацию и ликвидацию возгораний [1, 2].

Теоретические аспекты процессов воспроизведения и представления актуальной информации при решении этих задач, аналогично мировой практике [3], исследуются инструментами искусственного интеллекта: нейроморфных вычислений [1, 3], цифровизации [4] и машинного обучения моделей диффузии поллютантов в стратифицированной атмосфере [1, 2, 4–6].

Настоящее исследование было посвящено адаптации принципов информационной технологии прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха угарным газом [2]

к информационному процессу контроля воздействия частиц опасного размера $PM_{2,5}$ тлеющего торфа на пожарного.

Выбор в качестве объекта токсикологического исследования частиц тлеющего торфа размера $PM_{2,5}$ был не случайным. Частицы $PM_{2,5}$ относят к респираторной фракции аэрозоля, характеризующейся максимальной способностью проникновения в нижние дыхательные пути пожарного и, далее беспрепятственно, в кровотоки, доставляя в клетки тканей, адсорбированные на поверхности, сильнейший канцероген и мутаген $C_{20}H_{12}$, а также свинец, вызывающий хронические заболевания пожарных цереброваскулярной дистонии [5, 6].

Согласно с требованиями ГН 2.1.6.2604-10 «Дополнение № 8 к ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» от 21 июня 2010 г. значение предельно-допустимой максимальной разовой концентрации $PM_{2,5}$ ($ПДК_{PM_{2,5},MP}$) составляет величину 160 мкг/м^3 [6].

Методология информационного процесса

Основывается на совмещении двух машинно-обучаемых моделей, а именно расчета санитарно-эпидемиологического риска заболевания пожарного от действия смога тлеющего торфа (аналогично работе [2]) и цифрового контроля превышений концентраций $PM_{2,5}$ над $ПДК_{PM_{2,5},MP}$ в шлейфе распространения дымового облака от физической модели единичного «гейзера» дымового [1, 2].

По аналогии с моделью, изложенной в работах [1, 2], цифровой контроль расчетных значений концентраций $PM_{2,5}$ в шлейфе распространения смога от «гейзера» дымового, непосредственно воздействующего на пожарного при тушении горящего торфяника (рис. 1), в новом информационном процессе основан на применении аналитического выражения документа [7].



Рис. 1. Тушение «гейзеров» дыма на горящем торфянике в Иркутской обл., зима 2016 г. [1, 2]

Согласно информационной модели уровень загрязненности воздуха частицами $PM_{2,5}$ от тлеющего торфа характеризуется стационарным распределением в пространстве

расчетных значений максимальной разовой приземной концентрации $C'_{M,PM_{2.5}}$, г/м³, которая устанавливается на некотором расстоянии X_m от источника-гейзера на тлеющем торфяном болоте в условиях нормально-неблагоприятных метеорологических условий (ННМУ) – когда скорость ветра приближается к опасному значению ($v'_M = 2$ м/с и в приземном инверсионном слое атмосферы идет турбулентный массообмен) [1, 2].

$$C'_{M,PM_{2.5}} = k \frac{AMF\eta D_1}{8H^{4/3}V_1},$$

где A – безразмерный коэффициент, характеризующий условия распределения $PM_{2.5}$; H – высота выброса $PM_{2.5}$ из дымового «гейзера» (учитывает рельеф местности), м; D_1 – условный диаметр устья дымового «гейзера» при его стилизации как «площадного источника» выброса в атмосферу $PM_{2.5}$ [7], м; η – безразмерный коэффициент, характеризующий влияние рельефа местности на диффузию $PM_{2.5}$ [7]; n – безразмерный коэффициент, учитывающий геометрические и тепловые особенности дымового «гейзера» как источника выброса $PM_{2.5}$ [7]; V_1 – объем выброса дымового газа из устья дымового «гейзера» в единицу времени, м³/с, $V_1 = S\vartheta$ (S – площадь устья дымового «гейзера», м²; ϑ – скорость выброса дымового газа в устье дымового «гейзера», м/с); M – «мощность» эмиссии $PM_{2.5}$ дымовым «гейзером», г/с, $M = S\vartheta C$ (C – концентрация $PM_{2.5}$ в устье дымового «гейзера», г/м³); k – коэффициент согласования размерности концентрации $PM_{2.5}$.

В отличие от эмиссии угарного газа [2], принципиальное значение при моделировании в информационном процессе эмиссии и последующей диффузии частиц $PM_{2.5}$ в облаке смога имеет оценка скорости гравитационного их оседания w_i , м/с как частиц фракции i с размером в поперечнике r_A [7].

Результаты машинного обучения модели информационного процесса

Принимая во внимание статус [7] как нормативного документа для Российской Федерации, получившего широчайшую проверку на практике в течение не менее пяти десятков лет, формулу, связывающую концентрации $PM_{2.5}$ с мощностью их выброса локальным источником – «гейзером дымовым» [1, 2], стилизованным под «источник точечный», принимают в качестве детерминированной функции физического закона диффузии $PM_{2.5}$ в атмосфере.

Такое обоснованное применение документа [7], реализующего известный в мировой практике теоретический подход К-теории [1, 2, 4–6], позволило методом решения обратных задач [6] «настроить» – обучить математическую модель нового информационного процесса по данным экспериментальных измерений концентраций $PM_{2.5}$ на разных удалениях от модельного источника с подветренной стороны [1, 2] прибором DUSTTRAK 8530 (рис. 2).

Организация и проведение эксперимента на физической модели дымового «гейзера» подробно описаны в работах [1, 2]. В соответствии с вышеописанным информационным процессом был выполнен расчет ожидаемого содержания $PM_{2.5}$ (на уровне 1,5 м от земли, в долях $ПДК_{PM_{2.5},MP}=160$ мкг/м³) с подветренной, от дымового «гейзера», стороны – вероятной зоне работы пожарного (рис. 1) при проливе водой тлеющего на болоте торфа. Расчеты производились с использованием унифицированной аттестованной программы «Эколог 4» ООО «Фирма «Интеграл-Софт»» (Санкт-Петербург) для условий ННМУ по методике [7] и представлены в форме «изолиний» на рис. 3 на ГИС-карте совмещенно с данными измерений концентраций в 13 точках (выделены синим цветом) на том же уровне от поверхности земли – 1,5 м.



Рис. 2. Анализатор *DUSTTRAK 8530* с устройством отбора частиц и четырьмя сменными элементами фильтрации частиц PM_{10} , PM_4 , $PM_{2,5}$ и PM_1

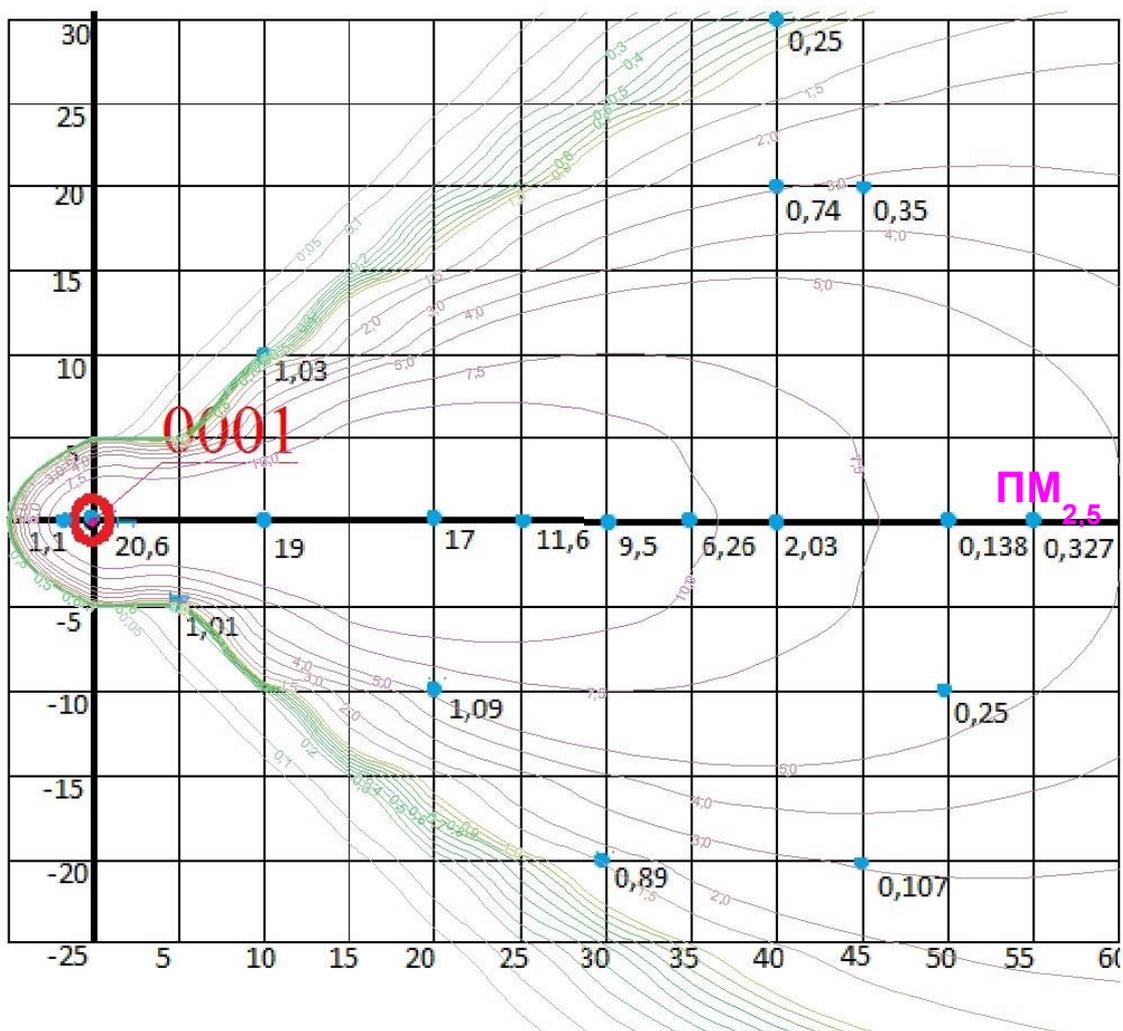


Рис. 3. Данные измерений и расчёта загрязнения воздуха $PM_{2,5}$ в вероятной зоне работы пожарного (рис. 1) при проливе водой тлеющего на болоте торфа (расстояния по шкалам приведены в метрах)

В таблице приведены данные расчета концентраций $PM_{2,5}$ для 13 указанных точек с анализом погрешностей расчета относительно данных измерений.

Таблица. Расхождение между результатами расчета и измерений по $PM_{2,5}$

КТИ	Координаты			C_1 , мг/м ³	C_2 , мг/м ³	C_3 , мг/м ³	$\bar{C} \pm \Delta C$, мг/м ³	$C_{рас-т}$ мг/м ³	D, %
	КТИ, м								
	X	Y	Z						
1	0	0	1,5	18,5	16,5	16,7	17,24±2,68	22,2	29
2	0	1	1,5	17,8	17,5	14,5	16,56±4,54	19,8	20
3	0	2	1,5	17,1	15,8	14,1	15,67±3,71	17,7	13
4	0	5	1,5	11,9	12,9	12,5	12,44±1,25	14,7	18
5	0	10	1,5	10,5	10,8	10,3	10,54±0,62	6,8	35
6	0	20	1,5	6,4	6,9	7,2	6,83±1,00	4,8	30
7	0	25	1,5	5,4	5,6	5,7	5,57±0,38	3,6	35
8	0	30	1,5	4,3	4,3	4,0	4,20±0,43	2,7	36
9	0	35	1,5	3,3	3,1	2,9	3,10±0,50	2,1	32
10	0	40	1,5	1,4	1,3	2,0	1,57±0,95	1,4	11
11	0	50	1,5	1,3	1,2	1,8	1,44±0,73	1,2	17
12	0	55	1,5	0,7	0,9	1,0	0,86±0,43	1,0	16
13	0	60	1,5	0,8	0,7	0,7	0,73±0,18	0,8	10

Примечание: C_1 , C_2 , C_3 – содержание $PM_{2,5}$ для трех циклов измерений, мг/м³; \bar{C} – среднее арифметическое значение содержания $PM_{2,5}$; ΔC – расхождение расчета от измерений в абсолютных единицах; $C_{рас-т}$ – содержание $PM_{2,5}$ по расчету; D – значение приведенной погрешности расчета относительно данных измерений; X, Y, Z – координаты КТИ (контрольные точки измерений), м

Выводы:

1. Теоретически обоснован информационный методический инструмент для численной реализации информационного процесса контроля опасного токсикологического воздействия $PM_{2,5}$ на пожарного, производящего тушение тлеющего торфа на болоте для средних ННМУ в зависимости от площади и концентрации $PM_{2,5}$ в устье дымового «гейзера», скорости ветра, степени инверсии температуры, географических координат расположения проблемного горящего болота (чрезвычайной ситуации).

2. Методология оригинального информационного процесса протестирована на возможность ее применения по физической имитационной модели дымового «гейзера».

3. В последующих изысканиях рекомендуется адаптировать методологию информационного процесса к оценкам, на ее основе, «риска условного» по информационной технологии, представленной в работе [2].

Литература

1. Vasilyev A., Lozhkin V., Tarkhov D., Lozhkina O., Timofeev V. Physical and mathematical modeling of pollutant emissions when burning peat // 6thCICMCM, IOP Publishing, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 919. 2017. 012001. doi: 10.1088/1742-6596/919/1/012001.

2. Ложкин В.Н. Развитие информационной технологии прогноза воздействия оксида углерода горящего торфа на огнеборца // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 1. С. 117–124. DOI: 10.24412/2218-130X-2021-1-100-108.

3. Peng Yao, Huaqiang Wu, Bin Gao, Jianshi Tang, Qingtian Zhang, Wenqiang Zhang, J. Joshua Yang & He Qian Fully hardware-implemented memristor convolutional neural network. *Nature* 577, 641–646. 2020. URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-1942-4> (дата обращения: 30.04.2021).

4. Kosovets M.A., Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Engineering Method for Calculating Changes in the Structure and Intensity of Traffic Flow // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 666. 052043. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/666/5/052043> (дата обращения: 30.04.2021).

5. Lozhkin V., Gavkalyk B., Lozhkina O., Evtukov S., Ginzburg G. Monitoring of extreme air pollution on ring roads with PM_{2,5} soot particles considering their chemical composition (case study of Saint Petersburg) // *Transportation Research Procedia*. 2020. V. 50. Pp. 381–388.

6. Ложкин В.Н., Невмержицкий Н.В. О решении обратной задачи моделирования опасного воздействия частиц PM_{2,5} и PM₁₀ в окрестности автомагистрали // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России»*. 2015. № 2. С. 13–23.

7. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (утв. приказом Минприроды России от 6 июня 2017 г. № 273; зарег. в Минюсте Рос. Федерации 10 авг. 2017 г., рег. № 47734). URL: <http://docs.cntd.ru/document/456074826> (дата обращения: 30.04.2021).

References

1. Vasilyev A., Lozhkin V., Tarkhov D., Lozhkina O., Timofeev V. Physical and mathematical modeling of pollutant emissions when burning peat. 6thCICMCM, IOP Publishing, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 919. 2017. 012001. doi: 10.1088/1742-6596/919/1/012001.

2. Lozhkin V.N. Razvitie informacionnoj tekhnologii prognoza vozdejstviya oksida ugleroda goryashchego torfa na ogneborca // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2021. № 1. S. 117–124. DOI: 10.24412/2218-130X-2021-1-100-108.

3. Peng Yao, Huaqiang Wu, Bin Gao, Jianshi Tang, Qingtian Zhang, Wenqiang Zhang, J. Joshua Yang & He Qian Fully hardware-implemented memristor convolutional neural network. *Nature* 577, 641–646. 2020. URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-1942-4> (data obrashcheniya: 30.04.2021).

4. Kosovets. M.A., Lozhkin V.N., Lozhkina O.V. Engineering Method for Calculating Changes in the Structure and Intensity of Traffic Flow // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 666. 052043. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/666/5/052043> (data obrashcheniya: 30.04.2021).

5. Lozhkin V., Gavkalyk B., Lozhkina O., Evtukov S., Ginzburg G. Monitoring of extreme air pollution on ring roads with PM_{2,5} soot particles considering their chemical composition (case study of Saint Petersburg) // *Transportation Research Procedia*. 2020. V. 50. Pp. 381–388.

6. Lozhkin V.N., Nevmerzhickij N.V. O reshenii obratnoj zadachi modelirovaniya opasnogo vozdejstviya chastic RM_{2,5} i RM₁₀ v okrestnosti avtomagistrali // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2015. № 2. S. 13–23.

7. Metody raschetov rasseivaniya vybrosov vrednyh (zagryaznyayushchih) veshchestv v atmosfernom vozduhe (utv. prikazom Minprirody Rossii ot 6 iyunya 2017 g. № 273; zareg. v Minyuste Ros. Federacii 10 avg. 2017 g., reg. № 47734). URL: <http://docs.cntd.ru/document/456074826> (data obrashcheniya: 30.04.2021).

УДК 004.7; 004.9

КОНФИДЕНЦИАЛЬНАЯ И СЛУЖЕБНАЯ ИНФОРМАЦИЯ В МЧС РОССИИ: МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

**А.Н. Метельков, кандидат юридических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Информатизация деятельности МЧС России и связанные с ней процессы актуализируют проблему соотношения понятий конфиденциальной и служебной информации при автоматизированной обработке данных.

Практическая значимость проведенного автором исследования обусловлена применимостью полученных результатов и выводов для обработки сведений конфиденциального характера, содержащихся в автоматизированных системах, в сфере деятельности МЧС России при совершенствовании информационного взаимодействия с другими субъектами путем моделирования описания информационных процессов.

Ключевые слова: конфиденциальность, конфиденциальная информация, служебная информация, взаимодействие, информационный процесс

CONFIDENTIAL AND OFFICIAL INFORMATION IN THE EMERCOM OF RUSSIA: MODELS FOR DESCRIBING INFORMATION PROCESSES

A.N. Metel'kov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Informatization of the activities of the EMERCOM of Russia and related processes actualize the problem of the relationship between the concepts of confidential and proprietary information in automated data processing.

The practical significance of the research carried out by the author is due to the applicability of the results and conclusions obtained for processing confidential information contained in automated systems in the field of EMERCOM of Russia in improving information interaction with other subjects by modeling the description of information processes.

Keywords: confidentiality, confidential information, service information, interaction, information process

Содержание обрабатываемой в автоматизированных системах служебной и иной конфиденциальной информации является одним из доминирующих факторов для создания моделей описания информационных процессов в деятельности государственных органов при изменении статуса защищаемой информации.

Ограничение прав на информацию связано со встречающимися в нормативных правовых актах МЧС России понятиями служебной информации «ограниченного распространения», «содержащей сведения ограниченного распространения», «конфиденциальной информации», «информации, содержащей сведения конфиденциального характера». Отнесение информации к разряду ограниченного распространения проводится в соответствии с перечнем сведений, утверждаемым приказом МЧС России от 10 марта 2006 г. № 144 ДСП «Об утверждении Перечня сведений, составляющих служебную информацию ограниченного распространения, Министерства Российской Федерации

по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

Режимы информации ограниченного доступа обеспечиваются государством. Однако роль государства в этом различна. Обязательным является соблюдение конфиденциальности информации, доступ к которой федеральными законами ограничен. Широкое внедрение информационных технологий для обработки служебных сведений ставит актуальную задачу защиты служебной информации в МЧС России согласно требованиям законодательства. Безусловно, основной объем регулирования приходится на служебную тайну, защите которой с июня 2019 г. в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий уделяется особое внимание. В целях реализации норм об обращении со служебной информацией приказом МЧС России от 14 сентября 2020 г. № 684 «Об утверждении Инструкции по организации работы с документами, содержащими служебную информацию ограниченного распространения, в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» была утверждена соответствующая инструкция по организации работы с такого рода документами. В инструкции определены особенности работы с электронными документами, содержащими такую информацию. Мероприятия по защите служебной информации, содержащей сведения ограниченного распространения в МЧС России, определены приказом МЧС России от 3 сентября 2018 г. № 368 «О проведении мероприятий по защите служебной информации, содержащей сведения ограниченного распространения в МЧС России» и включают пункт о персональной ответственности за соблюдение требований по защите конфиденциальной информации отдельных категорий руководителей. Важным для ускорения процессов информатизации путем широкого внедрения в сферу обработки служебной информации автоматизированных (информационных) систем является признание утратившего силу раздела VI Инструкции по делопроизводству в территориальных органах, учреждениях и организациях МЧС России, утвержденной приказом МЧС России от 3 декабря 2014 г. № 670 (в ред. от 14 сентября 2020 г.) «О совершенствовании делопроизводства в территориальных органах, учреждениях и организациях МЧС России». Пункт 6.11 документа в прежней редакции предусматривал размещение и уничтожение информации ограниченного доступа на автоматизированных рабочих местах, подключенных к сети Интранет, в соответствии с нормативными правовыми актами, регламентирующими порядок защиты сведений, составляющих государственную тайну, и безопасности информации. Такая норма заметно усложняла процесс обработки служебных информационных ресурсов ограниченного распространения с применением средств вычислительной техники.

В государственных информационных системах защите подлежат: информационные ресурсы, содержащие сведения, отнесенные к служебной информации ограниченного распространения, в информационных системах и базах данных, на машинных носителях; программные средства (операционные системы, системы управления базами данных и др.), используемые в работе со служебной информацией. Защита информации осуществляется с использованием специального программного обеспечения установленными категориями должностных лиц, на которых регламентами возложены соответствующие обязанности.

При моделировании и организации информационных процессов внутриведомственного и межведомственного информационного обмена и взаимодействия в автоматизированных системах следует учитывать особенности «правовых режимов разновидностей конфиденциальной информации, специфику их субъектного состава, средств правового регулирования, носителей режимов в соотношении со смежными режимами» [1]. Разновидности конфиденциальной информации оказывают существенное влияние на модели описания информационных процессов в комплексных масштабных информационных системах. Такие автоматизированные информационные управляющие системы, как АИУС РСЧС-2030, обеспечивают сбор, хранение, обработку оперативной информации

о чрезвычайной ситуации (ЧС). Также они предоставляют возможность передачи органами повседневного управления указаний силам и средствам по ее ликвидации и обмена сведениями между подсистемами и звеньями единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). АИУС способна обеспечивать: выдачу информации, необходимой для органов управления РСЧС; автоматизацию процессов поддержки принятия управленческих решений; доведение до исполнителей и взаимодействующих субъектов управления принятых решений; контроль их исполнения. В составе системы, в том числе содержится комплекс средств автоматизации обмена информацией с внешними, по отношению к МЧС России, субъектами информационного обмена с использованием технических возможностей сети связи и передачи данных. Значимым при передаче информации одним субъектом взаимодействия другому представляется процесс трансформации одного режима информации и вида тайн в другой путем усиления, ослабления или сохранения конфиденциальности – характерного признака или свойства информации. Согласно Федеральному закону от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», конфиденциальность информации – это обязательное для выполнения лицом, получившим доступ к определенной информации, требование не передавать такую информацию третьим лицам без согласия ее обладателя. Конфиденциальность данных связана с деятельностью организации. Содержание этого характерного свойства информации представляет собой специально установленный законом или на его основании правовой режим. Такой режим включает в себя следующие компоненты: «ограничение доступа; запрет на распространение информации; возможность обладателя информации самостоятельно решать вопрос о сохранении конфиденциальности; производный характер обязанности по сохранению конфиденциальности информации одного субъекта от исполнения первичной обязанности другим субъектом – обладателем информации предоставить ее органу власти» [1, с. 44]. Основой программно-технических средств безопасности, которые обеспечивают первую линию защиты информации от угроз безопасности, является идентификация и аутентификация пользователей [2, с. 59]. Режим служебной информации обычно изменяется при различном статусе участвующих субъектов и сохраняется при их равном статусе. При передаче информации первичные тайны трансформируются во вторичные («производные») тайны или конфиденциальную информацию. С правом на установление режима конфиденциальности у обладателей соответствующей внутриведомственной информации связывают использование термина «первичные» служебные тайны. Обязанность устанавливать определенный режим конфиденциальности для так называемых «производных» тайн у субъекта появляется у государственных органов власти, которым на некотором основании передана и доверена информация ограниченного распространения. В рассматриваемом процессе одна и та же информация может отражаться у ее обладателя в режиме «коммерческая тайна» или «конфиденциально», а у организаций МЧС России, которым она доверена, в режиме «служебной информации ограниченного распространения». В этом случае при получении переданных сведений организация должна соблюдать их конфиденциальность. При этом использование информации, которая доверена, возможно лишь в определенных целях. Передавать такие сведения возможно только строго определенным в законе лицам. При этом на такую передачу должно быть получено согласие обладателя информации. Обращение с документами, имеющими ограничительные пометки или отнесенными к иным видам охраняемых тайн, в МЧС России осуществляется так же, как с «документами, содержащими служебную информацию ограниченного распространения».

Обязательным требованием для государственных органов является соблюдение конфиденциальности сведений. Причем свойство конфиденциальности требуется обеспечивать только при работе с документами, к которым федеральными законами ограничен доступ. Автор разделяет мнение о неочевидности соотношения терминов «конфиденциальность» и «тайна» ни для «законодателя ввиду противоречивости нормативной базы, ни для юридической науки» [1, с. 48], ни для информационных процессов

и защиты информации. В законодательстве Российской Федерации не содержится определения термина «тайна». Значение «тайна коррелирует со сведениями, не предназначенными для широкого круга лиц» [1]. Условия отнесения информации к сведениям, составляющим служебную тайну, а также обязательность соблюдения конфиденциальности информации и ответственность за ее разглашение устанавливается федеральными законами. Федеральным законом о персональных данных определяется порядок доступа к персональным данным.

Конфиденциальный характер защищаемых сведений является характерным признаком как служебной тайны, так и служебной информации. Для ее описания предлагаем использовать следующий предикат: любая служебная информация ограниченного органами государственной власти распространения относится к сведениям конфиденциального характера, но не каждая конфиденциальная информация является такой служебной информацией. Аргументами предиката являются следующие: сведения касаются деятельности организации, несекретность сведений (они не составляют государственной тайны), ограничения на их распространение диктуются необходимостью выполнения служебных задач, в организацию поступили сведения, доступ к ним ограничен федеральным законом. Свойство конфиденциальности сведений возникает в связи с регулирующим действием нормативных правовых актов, актов органа государственной власти, других уполномоченных субъектов в соответствии с федеральными законами.

Совокупность определенных признаков, которые ограничивают перечень охватываемой служебной тайной информации, качественно характеризует содержание служебной тайны. К таким признакам ученые относят: «управленческий характер» [3] сведений; определение «федеральным законом служебной информации о деятельности государственных органов, доступ к которой ограничивается по закону или в силу служебной необходимости; охраноспособность конфиденциальной информации другого лица» [4, с. 555]; невключение в перечень сведений, доступ к которым в силу закона не может быть ограничен; неотнесение к государственной тайне; получение в связи с исполнением должностных обязанностей информации в определенном федеральном порядке представителями органов государственной власти и органа местного самоуправления.

В Положении о порядке обращения со служебной информацией ограниченного распространения в федеральных органах исполнительной власти, уполномоченном органе управления использованием атомной энергии и уполномоченном органе по космической деятельности (Положение), утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 3 ноября 1994 г. № 1233, определено «неразглашение (нераспространение) служебной информации, содержащейся в проектах служебных документов». Правовой основой принятия Положения является комплекс содержащихся в различных законодательных актах нормативных положений, определяющих общий правовой режим конфиденциальной информации, в том числе в Федеральном законе «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». Конституционной обязанностью Правительства Российской Федерации является обеспечение эффективной реализации полномочий федеральных органов исполнительной власти, способствование устранению угрозы нарушения информационной безопасности государственного управления. Под информацией о деятельности государственных органов Федеральный закон от 9 февраля 2009 г. № 8-ФЗ понимает информацию, созданную государственными органами и подведомственными организациями в пределах их полномочий либо поступившую в указанные органы и организации. Закон предусматривает ограничение доступа к информации о деятельности государственных органов. Такой доступ может быть ограничен при условии отнесения указанной информации к сведениям, составляющим государственную или иную охраняемую законом тайну. При этом порядок должен быть установлен федеральным законом. Следует заметить, что в законодательстве не содержится определение термина «служебная информация ограниченного распространения», а также

не определен порядок доступа к таким сведениям. Законом установлен перечень сведений, которые не могут быть отнесены к служебной информации ограниченного распространения, включая сведения о ЧС и информацию, необходимую для обеспечения безопасного существования населенных пунктов, граждан и населения в целом, а также производственных объектов.

В понятии «служебной тайны» обычно объединяют правовой режим данной тайны и сведения, ее составляющие. Служебные сведения ограниченного доступа представляют собой родовую объект служебной тайны. Целями защиты являются следующие: предотвращение неправомерного или случайного доступа к служебной информации, утечки, хищения служебной информации по техническим каналам, а также несанкционированного уничтожения, искажения, подделки, копирования, распространения, блокирования служебной информации в системах информатизации; обеспечение полноты, целостности, достоверности служебной информации в системах обработки; сохранение возможности управления процессом обработки и пользования служебной информацией. Обращает внимание недостаточная теоретическая проработанность понятийного аппарата вопросов соотношения конфиденциальной информации и тайн, непоследовательность законодателя. В научной литературе нет единого мнения по содержанию понятия «конфиденциальная информация». Встречаются различные подходы к его определению. Термин конфиденциальная информация имеет «определенное значение, вследствие чего не любая информация с ограниченным доступом может быть рассмотрена в качестве таковой» [5, с. 72]. Понятие «конфиденциальный» применительно «к информации следует правильнее использовать в случаях передачи ее обладателем другим лицам, на которых возложена обязанность ..., обеспечить ее конфиденциальность» [6, с. 125]. Паршин С.М. к конфиденциальной относит «информацию, доступ к которой ограничен» [7, с. 8]. Служебная информация определяется Г.Г. Камаловой как «сведения, получаемые и создаваемые в ходе деятельности государственных органов и органов местного самоуправления, накапливаемые и используемые ими в целях реализации полномочий, возложенных на них государством», и предлагается ее разграничить «на общедоступную и служебную информацию ограниченного доступа – служебную тайну» [8, с. 149].

Дифференциация тайн на определенные виды и их структурирование важно для формирования средств нормативно-правовой ответственности за их разглашение. Кроме того, такая дифференциация также важна также для разработки отдельных требований по защите установленных видов тайн. Ловцовым Д.А. и Федичевым А.В. при разработке архитектуры общероссийского «классификатора правовых режимов информации ограниченного распространения» предложено рассматривать под «охраняемой государственным служащим служебной тайной ... тайны налоговую, аудиторскую, голосования, государственной регистрации, дактилоскопическую, получателя социальных услуг, мер безопасности, следствия, судопроизводства, исполнительного производства, персональных данных...» [9, с. 37]. В рассматриваемом случае субъектом правоотношения назван государственный служащий. Создание Единого классификатора может явиться «средством обеспечения терминологического единства и инструментом интеграции электронных информационных ресурсов» [9, с. 37].

Из описательной части приказа МЧС России от 3 сентября 2018 г. № 368 можно выделить попытку суженного определения термина «конфиденциальная информация» как служебной информации, содержащей сведения ограниченного распространения. Идентичное положению определение служебной информации содержится в нормативных правовых актах ряда других федеральных органов исполнительной власти, а выделение конфиденциальной информации, как правило, непосредственно связано с их деятельностью. В важном для организации криптографической защиты информации приложении к приказу Федерального агентства правительственной связи и информации при Президенте Российской Федерации от 13 июня 2001 г. № 152 «Об утверждении Инструкции об организации и обеспечении безопасности хранения, обработки и передачи по каналам связи с использованием средств

криптографической защиты информации с ограниченным доступом, не содержащей сведений, составляющих государственную тайну» весьма широко определяется конфиденциальная информация как «информация с ограниченным доступом, не содержащая сведений, составляющих государственную тайну».

В нормативных правовых актах, регулирующих документах и научной литературе понятие «служебная информация» трактуется по-разному по отношению к понятию «конфиденциальная информация». Так, в п. 1.2 Положения даны определение понятия служебной информации ограниченного распространения, и критерии, по которым информация может относиться к служебной информации ограниченного распространения, а также установлен порядок доступа к ней. Согласно данному пункту к служебной информации ограниченного распространения относится несекретная информация, касающаяся деятельности организаций, ограничения на распространение которой диктуются служебной необходимостью, а также поступившая в организации несекретная информация, доступ к которой ограничен в соответствии с федеральными законами. К такой служебной информации в предшествующей редакции относилась несекретная информация, касающаяся лишь деятельности организации. При этом ограничения на распространение информации вызывались служебной необходимостью.

В Перечне сведений конфиденциального характера, утвержденном Указом Президента Российской Федерации от 6 марта 1997 г. № 188, названы «служебные сведения, доступ к которым ограничен органами государственной власти в соответствии с Гражданским кодексом Российской Федерации (ГК РФ) и федеральными законами». Неудачной стала попытка в 1996 г. введения в законодательство понятия «служебная тайна». С 1 января 2008 г. ст. 139 ГК РФ утратила силу, однако это положение по юридической значимости не потеряло свою актуальность, так как ГК РФ является одним из федеральных законов. В тоже время ограничение служебных сведений именно органами власти остается важным характеристическим признаком такого вида информации.

Математически соотношение сведений конфиденциального характера и служебной информации ограниченного распространения можно описать с использованием теории множеств. Под множеством информации будем понимать совокупность данных, обладающих определенным признаком – конфиденциальностью. Множество M , на котором задан предикат, назовем областью определения предиката, а множество, на котором предикат принимает только истинные значения, областью истинности предиката $P(x)$. Объекты, обладающие этим признаком, будем называть элементом множества. Сведения конфиденциального характера можно представить в виде множества S , а служебные сведения (информацию) ограниченного распространения в виде вложенного в множество S подмножества S . Подмножество S обладает рядом других признаков. Доминирующим признаком является то, что ограничения на распространение информации, касающиеся деятельности организаций, вызваны служебной необходимостью. Множество S может быть задано с помощью характеристического свойства, то есть такого свойства, которым обладают все элементы множества и не обладают объекты, не принадлежащие множеству:

$$S = \{x \mid P(x)\},$$

где предикат $P(x)$ – суждение о конфиденциальности (характеристическом свойстве) служебной информации, доступ к которой ограничен согласно законодательству.

Предикат $P(x)$ – « x – единица информации» определен на множестве M , а множество для него есть множество всех сведений.

Определенный на конечном множестве $M = \{x_1, x_2, x_3 \dots, x_n\}$ одноместный предикат $P_c(x)$ представляет собой высказывание о том, что сведения конфиденциального характера определены регулятором, то предикат $P_s(x)$ – служебная информация, доступ к которой ограничен. С помощью диаграммы Эйлера-Венна изобразим множество истинности данных предикатов (рис.).

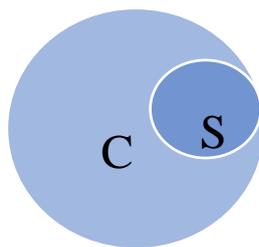


Рис. Множество истинности для импликации

Действительно, если предикат $P_c(x)$ превращается в истинное высказывание, то $P_s(x)$ становится истинным высказыванием при условии, что доступ к таким служебным сведениям ограничен органами государственной власти. Это соответствует ситуации, когда множество S является подмножеством C . В данном случае можно говорить об операции вложения множества S во множество C , то есть вложение множества служебной информации ограниченного распространения во множество сведений конфиденциального характера.

Если множество S является подмножеством множества C ($S \subset C$), то принадлежность элемента x (конкретные служебные сведения ограниченного распространения) множеству S является достаточным условием его принадлежности множеству C (сведениям конфиденциального характера), а принадлежность элемента x множеству C – необходимым, но недостаточным условием его принадлежности множеству S . Служебная информация является результатом процесса трансформации конфиденциальных данных. Связь сведений конфиденциального характера с деятельностью организации предопределяет их служебные содержание и форму. Служебная необходимость обосновывает необходимость ограничений на их распространение. Статус служебной информации ограниченного распространения получают несекретные данные, которые поступили по каналам информационного обмена от взаимодействующих субъектов. К этим сведениям в соответствии с федеральными законами доступ ограничен. Данное положение следует учитывать при выделении информационных ресурсов, подлежащих защите. Множество S является подмножеством множества C :

$$S \subset C.$$

Если каждый элемент S множества принадлежит множеству C , то:

$$S \subset C \Leftrightarrow \forall x (x \in S \Rightarrow x \in C).$$

В защите информации ограниченного доступа значима роль государственных органов. В последние годы в деятельности МЧС России уделяется особое внимание регулированию служебной информации. Руководитель МЧС России в пределах полномочий устанавливает: категории должностных лиц, уполномоченных относить служебную информацию к разряду ограниченного распространения; организацию защиты таких служебных сведений; порядок передачи служебной информации другим органам (организациям); процедуру снятия ограничительной пометки с носителей такой информации.

В условиях отсутствия законодательно закрепленной иерархии режимов конфиденциальности представляется важным в рамках МЧС России глубже исследовать вопрос ее определения и установления. Совершенствование правового регулирования специального правового режима служебной информации должно происходить путем упорядочения и согласования установленных правовых норм, их детальной проработки

и дальнейшей внутриведомственной систематизации. Научная проработка понятийного аппарата в деятельности МЧС России является одним из направлений деятельности по развитию правовых норм о тайне, служебной информации ограниченного распространения, конфиденциальной информации, по мнению автора, что позволит создать правовую платформу для моделирования и совершенствования процессов цифровизации.

Литература

1. Терещенко Л.К. Правовой режим информации: автореф. дис. ... д-ра юрид. наук. М., 2011. 54 с.
2. Метельков А.Н. О проблеме аутентификации с использованием паролей при информационном взаимодействии // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2020. № 3. С. 59–68
3. Алексенцев А.И. О составе защищаемой информации // Безопасность информационных технологий. 1999. № 2. С. 5–7.
4. Лопатин В.Н. Концептуальные основы развития законодательства в сфере обеспечения информационной безопасности // Управление защитой информации. Минск; М., 1999. Т. 3. № 1. С. 27–35.
5. Терещенко Л.К. Правовой режим информации. М., 2008. С. 72.
6. Бундин М.В. Система информации ограниченного доступа и конфиденциальность // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Право. 2015. № 1. С. 120–130.
7. Паршин С.М. Тайна в уголовном законодательстве (теоретико-прикладное исследование): автореф. дис. ... канд. юрид. наук. Н. Новгород, 2006.
8. Камалова Г.Г. О правовом режиме служебной тайны // Вестник Удмуртского университета. Экономика и право. 2014. Т. 24. Вып. 4. С. 145–152.
9. Ловцов Д.А., Федичев А.В. Архитектура национального классификатора правовых режимов информации ограниченного доступа // Правовая информатика. 2017. № 2. С. 35–54.

References

1. Tereshchenko L.K. Pravovoj rezhim informacii: avtoref. dis. ... d-ra jurid. nauk. M., 2011. 54 s.
2. Metel'kov A.N. O probleme autentifikacii s ispol'zovaniem parolej pri informacionnom vzaimodejstvii // Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2020. № 3. S. 59–68
3. Aleksencev A.I. O sostave zashchishchaemoj informacii // Bezopasnost' informacionnyh tekhnologij. 1999. № 2. S. 5–7.
4. Lopatin V.N. Konceptual'nye osnovy razvitiya zakonodatel'stva v sfere obespecheniya informacionnoj bezopasnosti // Upravlenie zashchitoj informacii. Minsk; M., 1999. T. 3. № 1. S. 27–35.
5. Tereshchenko L.K. Pravovoj rezhim informacii. M., 2008. S. 72.
6. Bundin M.V. Sistema informacii ogranichenogo dostupa i konfidencial'nost' // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. Pravo. 2015. № 1. S. 120–130.
7. Parshin S.M. Tajna v ugovolnom zakonodatel'stve (teoretiko-prikladnoe issledovanie): avtoref. dis. ... kand. jurid. nauk. N. Novgorod, 2006.
8. Kamalova G.G. O pravovom rezhime sluzhebnaj tajny // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Ekonomika i pravo. 2014. T. 24. Vyp. 4. S. 145–152.
9. Lovcov D.A., Fedichev A.V. Arhitektura nacional'nogo klassifikatora pravovyh rezhimov informacii ogranichenogo dostupa // Pravovaya informatika. 2017. № 2. S. 35–54.

УДК 004.82+614.86

ФОРМАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕАГИРОВАНИИ НА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ НА ТРАНСПОРТЕ

Е.М. Богданова;**А.В. Матвеев, кандидат технических наук, доцент.****Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Обоснована необходимость использования интеллектуальной системы поддержки принятия решений при реагировании аварийно-спасательных служб на чрезвычайные ситуации и другие происшествия на транспорте. При проектировании данной системы предложена модульная структура, в которой предполагается выделение модуля базы знаний, основанной на продукционной модели знаний. Предложено формализованное описание исходных данных в модели процесса принятия решений, необходимое для решения задачи идентификации сложившейся ситуации при происшествии на транспорте и принятия управленческих решений. При идентификации ситуации из множества прецедентов оценке результатов альтернативах вариантов управленческих решений предложено использование методов машинного обучения.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, идентификация ситуации, формализация, машинное обучение, чрезвычайная ситуация, реагирование, аварийно-спасательные службы

FORMALIZATION OF THE MODEL OF INTELLECTUAL SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN RESPONSE TO EMERGENCY IN TRANSPORT

E.M. Bogdanova; A.V. Matveev.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article substantiates the need to use an intelligent decision support system when responding to emergency situations and other incidents in transport. When designing this system, a modular structure is proposed, in which it is assumed that a knowledge base module is allocated based on the production knowledge model. A formalized description of the initial data in the model of the decision-making process is proposed, which is necessary for solving the problem of identifying the current situation in a transport accident and making managerial decisions. When identifying a situation from a set of precedents, evaluating the results of alternatives to options for management decisions, it is proposed to use machine learning methods.

Keywords: decision support system, situation identification, formalization, machine learning, emergency situations, response, emergency services

Введение

Огромную роль при реагировании на чрезвычайные ситуации (ЧС) и другие происшествия на транспорте играет правильность и оперативность принятия управленческих решений, принимаемых должностными лицами органов управления действиями аварийно-спасательных служб.

Подготовка, принятие и реализация адекватных управленческих решений по выполнению организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение согласованности действий структурных подразделений Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), является необходимым

условием для обеспечения безопасности при угрозе и возникновении ЧС, устранения возможных последствий в кратчайшие сроки.

Однако деятельность лиц, принимающих решения (ЛПР), осложняется необходимостью учета большого количества разнородной информации, зачастую наличием противоречивой информации либо вообще ее отсутствием в полном объеме, что не позволяет получить объективную оценку сложившейся ситуации. В данных обстоятельствах, с одной стороны, увеличивается ценность достоверной и оперативной информации, а с другой стороны, значительно повышаются требования к информационному обеспечению ЛПР в сфере управления действиями аварийно-спасательных служб. Учет большого количества разнородной информации позволяет более взвешенно подойти к вопросу принятия решения и тем самым обеспечить его адекватность, но при этом становится сложнее искать и обрабатывать все эти многочисленные данные, учитывать большие объемы разнородной информации при принятии решений и связывать их со стоящими перед ЛПР целями [1].

Происходящие ЧС на транспорте во многом характеризуются своей уникальностью. Принятие адекватных управленческих решений в этой связи может обеспечиваться как профессиональной компетенцией ЛПР, так и возможностью своевременно получать и обрабатывать информацию, характеризующую произошедшие ЧС или аварии на транспорте, а также формировать управленческие решения при ее противоречивости или недостатке. Все это предполагает применение экспертных систем и систем поддержки принятия решений (СППР). Применение данных систем обусловлено возможностью использования существующего опыта принятия решений экспертами в сложных ситуациях.

Для автоматизации оценки ситуации, возникшей в результате ЧС или какого-либо другого происшествия на транспорте, необходимо обработать большой объем информации о характере развития происшествия в пространстве и времени, готовности подразделений и результатах их действий, материально-техническом обеспечении подразделений, средствах индивидуальной защиты и т.д. Для минимизации последствий ЧС в условиях быстрого роста потока информации и дефицита времени, очевидно, возникает необходимость в прогнозировании и оценке масштабов ЧС, определении на основе прогноза потребностей в силах и материально-технических ресурсах для ликвидации происшествия.

Решение данных задач во многом облегчается за счет интеллектуализации управления в типовых ситуациях, связанных с ЧС и другими происшествиями на транспорте, обеспечивающих возможность использовать информацию об опыте и решениях ЛПР в базе знаний при реагировании на каждый вызов в зависимости от сложившейся ситуации.

Создание системы интеллектуальной поддержки для анализа ситуации, выработке решений по управлению в ЧС с использованием современных информационных технологий является крайне важной задачей с учетом существующих рисков, роста объемов накопленной информации в сфере реагирования на ЧС и другие происшествия на транспорте, а также развитием современных информационных технологий.

Постановка задачи

Решение задач по прогнозированию ЧС и других происшествий на транспорте, ожидаемого ущерба от них, повышения эффективности принятия управленческих решений при реагировании аварийно-спасательными службами требует автоматизации на многих этапах принятия решений [2, 3]. Анализ известных СППР показывает, что ни одна из них не является универсальной и не может предоставить ЛПР помощь в решении всех стоящих перед ним проблем. Это предполагает создание интеллектуальной СППР, включающей комплекс математических моделей и алгоритмов поиска решений, основанных на экспертных знаниях, на результатах анализа данных о прецедентах и оперативных данных о произошедших авариях [4].

При создании СППР по реагированию на ЧС на транспорте особое значение имеет разработка модели интеллектуальной поддержки принятия решений как сложного

динамического процесса с учетом существующих причинно-следственных связей. В данных условиях для описания решения могут быть использованы методы ситуационного моделирования [5, 6]. Если в прошлом имели место ситуации, характеристики которых схожи с текущей, то их в целом можно считать типовыми с известными решениями по реагированию на них. Это означает, что процесс принятия решения при каждом происшествии можно условно разделить на два этапа: идентификации ситуации из множества прецедентов и выбора решения.

Выбор решения осуществляется в виде последовательности действий (рис.).

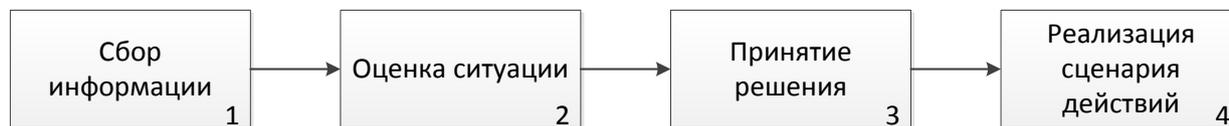


Рис. Этапы выбора решения при реагировании на ЧС

Большинство действий по сбору информации и оценке ситуации будут решаться при классификации происшествия, то есть на этапе идентификации ситуации из множества прецедентов [7]. Таким образом, требуется реализация модели идентификации сложившейся ситуации и процесса выработки рекомендаций по реагированию на произошедшие происшествия с учетом прошлого опыта экспертов и требований органов управления [8].

Этапу непосредственной разработки модели предшествует этап описания задачи через уяснение целей моделирования и ее формализации [9]. Целями настоящего исследования является формализация модели процесса оценки ситуации при ЧС или другом происшествии на транспорте, прогноза развития ситуации, разработка формализованного описания модели для модуля СППР, решающего задачу идентификации происшествия из множества прецедентов и выбора соответствующих решений.

Результаты

Должностные лица органов управления действиями аварийно-спасательных служб в процессе своей деятельности при реагировании на последствия сложных происшествий или ЧС на транспорте решают задачи принятия решений. Этот процесс, как правило, состоит из этапа генерации возможных альтернативных вариантов, их оценки и выбора наилучшего. Выбор альтернативных вариантов может быть основан на большом количестве противоречащих друг другу требований и оказаться в итоге многокритериальным. Противоречивость требований, неоднозначность оценки ситуации, неполнота и несвоевременность полученной информации относительно каждого произошедшего происшествия в значительной мере могут усложнять принятие итогового решения и существенно влияют на его качество, то есть итоговое решение не всегда может оказаться оптимальным.

Без дополнительной автоматизированной поддержки ЛПР используют упрощенные алгоритмы принятия решений, руководствуясь в основном только собственным опытом и интуицией, что в результате может привести к неэффективным решениям.

Внедрение интеллектуальной СППР в деятельность ЛПР предоставит им возможность интеллектуальной поддержки принятия решений и помощь в:

- анализе исходных данных, которые на начальном этапе реагирования могут оказаться неполными;
- формировании возможных альтернативных вариантов решения по реагированию на происшествие в конкретных условиях сложившейся обстановки;
- идентификации и отнесении происшествия к одной из известных категорий из множества прецедентов;

– прогнозировании динамики развития ситуации возможных последствий для различных альтернативных вариантов принятых решений;

– оптимизации решений, связанных с размещением сил и средств, потенциально задействованных при ликвидации происшествий и ЧС на транспорте.

Отличительной особенностью интеллектуальных систем является то, что они должны быть основаны на некотором представлении определенных знаний (базы знаний) в виде хранимой информации, формализованной в соответствии с множеством правил. Данную информацию СППР по определенным алгоритмам может использовать при формировании логического вывода.

В рамках настоящей задачи для представления знаний в СППР наиболее предпочтительным видится использование логических продукционных правил, структурированных в соответствии с образцом («если..., то ...»). Данные правила формируются на основе существующих регламентирующих документов (например, расписания выездов аварийно-спасательных формирований территориальных подразделений РСЧС) и экспертных знаний ЛПР. Использование базы знаний, основанных на множестве продукционных правил, позволяет на основе проведения декомпозиции задачи принятия управленческих решений реализовать модульный принцип синтеза продукционной системы, что в значительной степени облегчает процесс ее проектирования и автоматизацию. Кроме того, данная структура продукционных правил облегчает их смысловую интерпретацию, а также без существенных трудностей позволяет в случае необходимости добавлять новые функциональные модули.

Практическое использование модели, основанной на множестве продукционных правил, позволит выдавать рекомендации по применению конкретных сил и средств при реагировании на происшествия на транспорте, что действительно необходимо в ситуациях, когда ЛПР на начальном этапе может иметь неполный объем входных данных, представляющих определенную совокупность параметров, характеризующих информацию о сложившейся ситуации.

Предлагается формализованное описание модели интеллектуальной поддержки принятия решений при реагировании на ЧС на транспорте.

Для синтеза продукционной модели знаний, являющейся структурным элементом интеллектуальной СППР, на начальном этапе необходимо провести формализацию исходных данных.

На основе анализа деятельности органов управления аварийно-спасательными службами, участвующими в ликвидации последствий ЧС на транспорте, была проведена детализация выполняемых ими задач [10] после получения информации о ситуации и формализация исходных данных.

Вектор параметров $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ указывает виды транспортных средств, участвующих в происшествии (v_1 – авария на автотранспорте; v_2 – на железнодорожном транспорте; v_3 – на водном транспорте; v_4 – на воздушном транспорте).

Среди основных видов аварий на автотранспорте v_1 выделяют: v_{11} – наезд на препятствие; v_{12} – наезд на стоящее транспортное средство (ТС); v_{13} – лобовое столкновение; v_{14} – боковое столкновение; v_{15} – касательное столкновение; v_{16} – опрокидывание ТС; v_{17} – дорожно-транспортные происшествия (ДТП) с падением ТС с крутых склонов. Таким образом, вектор значений основных видов аварий выглядит следующим образом $A = \{v_{11}, v_{12}, v_{13}, v_{14}, v_{15}, v_{16}, v_{17}\}$.

Категории транспортных средств, участвующих в происшествии описываются вектором $K = \{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5\}$, где k_1 – мототранспорт; k_2 – легковые ТС; k_3 – среднегабаритные ТС; k_4 – грузовые автомобили; k_5 – микроавтобусы и автобусы.

Также немаловажным фактором, описывающим возникшую ситуацию, является наличие опасных грузов или потенциально опасных объектов (H) на месте ЧС. В связи с этим выделяют:

- ДТП с ТС, перевозящим горючие (ГЖ) или легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ), в результате которого произошел их разлив или утечка (h_1);
- ДТП с ТС, перевозящим аварийно химически опасные вещества (АХОВ), в результате которого произошел их разлив или утечка (h_2);
- ДТП с ТС, перевозящим биологически опасные вещества (БВ), в результате которого произошел их разлив или утечка, повлекшие заражение ими окружающей среды (h_3);
- ДТП с ТС, перевозящим радиационно опасные вещества (РВ), в результате которого произошел их разлив или утечка, повлекшие загрязнение ими окружающей среды (h_3);
- ДТП с ТС, перевозящим взрывчатые вещества и взрывоопасные предметы, при котором возникла угроза их детонации вследствие их перемещения, механического воздействия на них или нагрева (горения) (h_4).

Место, где произошло происшествие на транспорте, характеризуется следующими параметрами: s_1 – населенный пункт; s_2 – автомагистраль; s_3 – дорога со скоростным движением; s_4 – дорога обычного типа (нескоростная дорога); s_5 – туннель или путепровод. Это будет описываться вектором $S = \{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5\}$.

Вектор $G = \{g_1, g_2, g_3, g_4\}$ описывает тип дорожного покрытия, где g_1 – земляное покрытие; g_2 – гравийное; g_3 – битумное покрытие; g_4 – бетонное покрытие.

Расстояние до места расположения аварийно-спасательных служб характеризуется параметром R , а загруженность дороги – параметром C .

Время возникновения происшествия T характеризуется параметрами $t_1 = \{t_{11}, t_{12}, t_{13}, t_{14}\}$ – время года, где t_{11} – зима; t_{12} – весна; t_{13} – лето; t_{14} – осень; $t_2 = \{t_{21}, t_{22}, t_{23}, t_{24}\}$ – время суток, где t_{21} – утро; t_{22} – день; t_{23} – вечер; t_{24} – ночь.

Метеорологическая обстановка описывается вектором значений, соответствующих состоянию погоды в момент происшествия $W = \{w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, w_8, w_9\}$, где w_1 – ясно; w_2 – пасмурно; w_3 – туман; w_4 – дождь; w_5 – снегопад; w_6 – температура выше $+30^\circ$; w_7 – температура ниже -30° ; w_8 – метель; w_9 – ураганный ветер [11].

Также для формализации задачи распознавания ситуаций и принятия основных решений необходимо указать параметры, характеризующие вид необходимой помощи при реагировании на происшествие. К таким параметрам относятся:

- первая помощь (*first aid*);
- деблокирование пострадавших (*unblock*);
- смыв топлива (*fuel flush*);
- тушение пожара (*firefighting*);
- нейтрализация угрозы падения на аварийное ТС с пострадавшими грузом, конструкций и других опасных предметов (*falling structures*);
- ликвидация разлива горюче-смазочных материалов, АХОВ и других опасных грузов (*OSR operations*);
- транспортировка пострадавших (*transportation*).

Первоначальные данные о количестве погибших и пострадавших обозначим через L и W соответственно.

Обозначим множество различных ситуаций через $S = \{s_1, s_2, s_3, s_4, s_5\}$, где s_1 – параметр, определяющий необходимость привлечения пожарно-спасательных подразделений; s_2 – необходимость привлечения бригад скорой медицинской помощи (БСМП); s_3 – необходимость привлечения сотрудников Государственной инспекции безопасности дорожного движения (ГИБДД); s_4 – необходимость привлечения дорожных служб; s_5 – выполнение иных действий, не связанных с привлечением указанных сил и средств.

Если необходимо привлечь силы и средства определенного типа, то значение соответствующего параметра увеличивается, в противном случае – уменьшается. Состояние ситуации зависит от ее развития, если $S \rightarrow \min$, то ситуация нормальная, если $S \rightarrow \max$,

то это ситуация, близкая к ЧС. Множество возможных управленческих решений обозначим $D = \{d_j\}$, d_j – одно из возможных решений конкретной ситуации.

Формализованное описание модели для задачи распознавания ситуаций и принятия основных решений описывается следующим образом:

$$\begin{aligned}
 & d_j \in D_1, \text{ if } S \rightarrow \max \\
 & d_j \in D_2, \text{ if } s_3 \rightarrow \max, \quad s_1, s_2, s_4, s_5 \rightarrow \min \\
 & d_j \in D_2 \cup D_3 \cup D_4, \text{ if } s_1, s_2, s_3 \rightarrow \max, \quad s_4, s_5 \rightarrow \min \\
 & d_j \in D_2 \cup D_4, \text{ if } s_2, s_3 \rightarrow \max, \quad s_1, s_4, s_5 \rightarrow \min \\
 & d_j \in D_2 \cup D_3 \cup D_4 \cup D_5, \text{ if } s_1, s_2, s_3, s_4 \rightarrow \max \\
 & d_j \in D_2 \cup D_5, \text{ if } s_3, s_4 \rightarrow \max \\
 & d_j \in D_6, \text{ if } s_5 \rightarrow \max,
 \end{aligned} \tag{1}$$

где D_1 – множество решений об идентификации ЧС (признании происшествия как ЧС); D_2 – множество решений о привлечении сотрудников ГИБДД; D_3 – множество решений о привлечении подразделений МЧС России $D_3 = \{d_{3,1}, \dots, d_{3,e}\}$, $e = \overline{1, f}$ ($d_{3,e}$ – решение о привлечении соответствующих пожарно-спасательных подразделений МЧС России, f – максимальное количество пожарно-спасательных подразделений, находящихся в зоне ответственности ЛПР); D_4 – решение о привлечении БСМП, $D_4 = \{d_{4,1}, \dots, d_{4,o}\}$, $o = \overline{1, i}$, где $d_{4,o}$ – решение о привлечении соответствующей БСМП, i – максимальное количество БСМП, находящихся в зоне ответственности ЛПР); D_5 – множество решений о привлечении дорожных служб к месту аварии; D_6 – множество решений о признании ситуации, при которой не требуется привлечения дополнительных сил и средств, $D_6 = \{d_6\}$.

По причине слабоструктурированности рассматриваемой задачи [12] при идентификации ситуации из множества прецедентов, оценке результатов при определенных альтернативах и принятии решений по прогнозированию ее развития в интеллектуальной СППР необходимо использование методов машинного обучения. К наиболее часто используемым методам можно отнести метод опорных векторов, деревья решений, метод k -ближайших соседей, наивный байесовский классификатор, логистическую регрессию, нейросетевое моделирование. Каждый из представленных методов характеризуется определенными достоинствами и недостатками своего применения, причем зачастую на первый план выходит не качество результатов применения методов, а возможность интерпретации полученных результатов [13]. В рамках настоящей статьи сравнительный анализ данных методов и проблема выбора конкретного метода для решения задачи идентификации ситуации при реагировании на ЧС и другие происшествия на транспорте не рассматривается.

Выводы

Обоснована необходимость использования интеллектуальной СППР для анализа начальных данных о ЧС или другом происшествии на транспорте с целью выработки рекомендаций для ЛПР по оперативному принятию правильного решения по реагированию и ликвидации происшествия аварийно-спасательными службами.

Проведена декомпозиция процесса принятия решения по реагированию на происшествия на транспорте. Обосновано, что большинство действий по сбору информации и оценке ситуации будет решаться при классификации происшествия, то есть на этапе идентификации ситуации из множества прецедентов, хранимого в базе знаний.

При проектировании интеллектуальной СППР по реагированию на ЧС на транспорте предложена модульная структура, в которой предполагается выделение модуля базы знаний, основанной на продукционной модели знаний, что позволит выдавать рекомендации по применению конкретных сил и средств при реагировании на происшествия на транспорте.

Была проведена детализация выполняемых задач аварийно-спасательными службами после получения информации о ситуации. На основе этого проведена формализация исходных данных в модели процесса принятия решений.

Предложенное формализованное описание необходимо для решения задачи идентификации сложившейся ситуации при происшествии на транспорте и принятия управленческих решений.

Предложено при идентификации ситуации из множества прецедентов, оценке результатов при определенных альтернативах и принятии решений по прогнозированию ее развития использовать методы машинного обучения при использовании формализованных параметров, характеризующих сложившуюся ситуацию.

Дальнейшие направления работы связаны с разработкой непосредственно самой модели и методики решения проблемы идентификации ЧС или происшествия на транспорте с использованием методов машинного обучения, прогнозирования их развития, а также принятия решений на основе продукционной модели.

Литература

1. Максимов А.В. Организационное обеспечение информационной системы по разработке планов реагирования на чрезвычайные ситуации // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 2. С. 32–38.
2. Safiullin R., Kerimov M., Afanasyev A., Marusin A. A model for justification of the number of traffic enforcement facilities in the region. *Transportation Research Procedia*, 36, 493–499. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.135> (дата обращения: 20.03.2021).
3. Матвеев А.В., Богданова Е.М. Классификация методов прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2018. № 4 (24). С. 61–70.
4. Matveev A., Maximov A., Bogdanova E. Intelligent decision support system for transportation emergency response. *Transportation Research Procedia*. 2020. 50. 444–450.
5. Ситуационное моделирование в автоматизированных системах мониторинга и управления экологической безопасностью / О.А. Иващук [и др.] // Информационные системы и технологии. 2015. № 2 (88). С. 57–64.
6. Савиных В.П. Пространственное ситуационное моделирование // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2018. № 1 (5). С. 92–104.
7. Карпов Л.Е., Юдин В.Н. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов // Труды Института системного программирования РАН. 2007. Т. 13. № 2. С. 37–57.
8. Shah M.M.S., Chrapa L., Kitchin D., McCluskey T.L., Vallati M. 2013. Exploring knowledge engineering strategies in designing and modelling a road traffic accident management domain // In Twenty-Third International Joint Conference on Artificial Intelligence, 2373–2379.
9. Матвеев А.В. Математическое моделирование в сфере безопасности. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2020. 213 с.
10. Руководство по ведению аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий с комплектом типовых технологических карт разборки транспортных средств, деблокирования и извлечения пострадавших при ликвидации последствий ДТП: М.: МЧС России, 2012. 220 с.
11. Об издании и применении ОДМ 218.6.015–2015 «Рекомендации по учету и анализу дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах Российской Федерации: распоряжение Федер. дорожного агентства от 12 мая 2015 г. № 853-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
12. Будников Д.Н. Слабоструктурированные задачи в автоматизированных системах силовых структур // Направления совершенствования АСУ: сб. докладов Молодежной науч.-практ. конф. 2015. С. 37–43.

13. Микони С.В. Теория принятия управленческих решений: учеб. пособие. СПб., Изд-во «Лань», 2015. 448 с.

References

1. Maksimov A.V. Organizacionnoe obespechenie informacionnoj sistemy po razrabotke planov reagirovaniya na chrezvychajnye situacii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 2. S. 32–38.
2. Safiullin R., Kerimov M., Afanasyev A., Marusin A. A model for justification of the number of traffic enforcement facilities in the region. *Transportation Research Procedia*, 36, 493–499. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.135> (data obrashcheniya: 20.03.2021).
3. Matveev A.V., Bogdanova E.M. Klassifikaciya metodov prognozirovaniya chrezvychajnyh situacij // *Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie*. 2018. № 4 (24). S. 61–70.
4. Matveev A., Maximov A., Bogdanova E. Intelligent decision support system for transportation emergency response. *Transportation Research Procedia*. 2020. 50. 444–450.
5. Situacionnoe modelirovanie v avtomatizirovannyh sistemah monitoringa i upravleniya ekologicheskoy bezopasnost'yu / O.A. Ivashchuk [i dr.] // *Informacionnye sistemy i tekhnologii*. 2015. № 2 (88). S. 57–64.
6. Savinyh V.P. Prostranstvennoe situacionnoe modelirovanie // *ITNOU: Informacionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii*. 2018. № 1 (5). S. 92–104.
7. Karpov L.E., Yudin V.N. Adaptivnoe upravlenie po precedentam, osnovannoe na klassifikacii sostoyanij upravlyaemyh ob"ektov // *Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniya RAN*. 2007. T. 13. № 2. S. 37–57.
8. Shah M.M.S., Chrapa L., Kitchin D., McCluskey T.L., Vallati M. 2013. Exploring knowledge engineering strategies in designing and modelling a road traffic accident management domain // *In Twenty-Third International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 2373–2379.
9. Matveev A.V. Matematicheskoe modelirovanie v sfere bezopasnosti. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2020. 213 s.
10. Rukovodstvo po vedeniyu avarijno-spasatel'nyh rabot pri likvidacii posledstvij dorozhno-transportnyh proisshestvij s komplektom tipovyh tekhnologicheskikh kart razborki transportnyh sredstv, deblokirovaniya i izvlecheniya postradavshih pri likvidacii posledstvij DTP: M.: MCHS Rossii, 2012. 220 s.
11. Ob izdanii i primenenii ODM 218.6.015–2015 «Rekomendacii po uchetu i analizu dorozhno-transportnyh proisshestvij na avtomobil'nyh dorogah Rossijskoj Federacii: rasporyazhenie Feder. dorozhnogo agentstva ot 12 maya 2015 g. № 853-r. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
12. Budnikov D.N. Slabostrukturirovannye zadachi v avtomatizirovannyh sistemah silovyh struktur // *Napravleniya sovershenstvovaniya ASU: sb. dokladov Molodezhnoj nauch.-prakt. konf.* 2015. S. 37–43.
13. Mikoni S.V. Teoriya prinyatiya upravlencheskih reshenij: ucheb. posobie. SPb., Izd-vo «Lan'», 2015. 448 s.

УДК 004.658

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ИНТЕГРАЦИИ БАЗ ДАННЫХ СОСТОЯНИЯ ГЛОБАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

**М.В. Буйневич, доктор технических наук, профессор.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

В.В. Ефимов.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Рассматривается система сбора и хранения данных о состоянии «облачного» сервиса, состоящая из набора разрозненных информационных систем, каждая со своей базой данных. Показана необходимость интеграции этих баз данных. Декларируются принципы их интеграции на основе анализа существующих подходов и особенностей предметной области – эксплуатации «облачного» сервиса.

Ключевые слова: базы данных, глобальная распределенная информационная система, интеграция данных, «облачный» сервис, практики эксплуатации, мониторинг, принципы интеграции

PRINCIPLES OF A GLOBALLY DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEM STATE DATABASES INTEGRATION

M.V. Buynevich. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
V.V. Efimov. Saint-Petersburg polytechnic university of Peter the Great

A system for collecting and storing data on the state of a ‘cloud’ service, which consists of a set of disparate information systems, each with its own database is considered in this article. The necessity of integrating these databases is shown. The principles of their integration on the basis of the analysis of existing approaches and features of the subject area of operation of the «cloud» service are declared.

Keywords: databased, globally distributed information system, data integration, «cloud» service, operations practices, monitoring, principles of integration

Введение

В настоящее время широкое распространение получили «облачные» информационные услуги, такие как телефония, видеосвязь, услуги мгновенного обмена сообщениями, хранения данных и прочие. Национальный институт стандартов и технологий США фиксирует следующие обязательные характеристики таких услуг [1]:

1. Самообслуживание по требованию (*от англ. в ориг. – on-demand self-service*) – потребитель «облачной» услуги формирует запрос в необходимое для него время, самостоятельно настраивая скорости доступа к данным, объём хранимых данных и прочие параметры.

2. Универсальный доступ (*от англ. в ориг. – broad network access*) – доступность услуги по сети передачи данных, такой как интернет, вне зависимости от используемого оконечного устройства.

3. Объединение ресурсов (*от англ. в ориг. – resource pooling*) – поставщик услуг объединяет ресурсы для обслуживания большого количества потребителей в единый пул для

динамического перераспределения мощностей между потребителями в условиях постоянного изменения спроса на мощности.

4. Эластичность (*от англ. в ориг. – rapid elasticity*) – возможность изменять параметры предоставления услуги (объем, скорость и пр.) динамически, как правило, в автоматическом режиме, без взаимодействия с поставщиком услуги.

5. Учёт потребления (*от англ. в ориг. – measured service*) – поставщик услуг автоматически исчисляет потребленные ресурсы на определенном уровне абстракции (например, объём хранимых данных, пропускная способность, количество запросов и пользователей, количество транзакций) и на основе этих данных оценивает объём предоставленных потребителям услуг.

Такие характеристики дают возможность поставщику «облачных» услуг экономить вычислительные мощности, благодаря тому, что потребители используют их нерегулярно. Одни и те же вычислительные мощности могут обслуживать разных пользователей в разные промежутки времени. При этом экономия растет с ростом количества пользователей. Соответственно, для максимизации этого эффекта целесообразным для поставщика «облачной» услуги становится выход на глобальный рынок.

Однако с удалением потребителя от сервера поставщика услуги время ответа «облачного» сервиса будет расти из-за роста сетевой задержки, так, например, получение ответа на обращение из России к серверу в США занимает 200–300 миллисекунд. Это снижает потребительские свойства предоставляемой услуги и, чтобы избежать этого, поставщики «облачных» услуг вынуждены при проектировании своих информационных систем следовать принципу глобальной распределенности.

Таким образом, имеем дело с глобально распределенной информационной системой (ГРИС), предоставляющей «облачный» сервис. Одним из принципиальных недостатков ГРИС является трудоемкость эксплуатации, связанная с большим количеством элементов этой системы и их географической удаленностью друг от друга, так, например, «облачная» автоматическая телефонная станция компании RingCentral состоит из более чем 10 тысяч серверов, расположенных в 10 центрах обработки данных по всему миру [2]. Целью эксплуатации подобной ГРИС является достижение необходимого уровня предоставления услуг – SLA (*аббр. от англ. Service Level Agreement*), для чего применяются практики, описанные, например в ITIL (*аббр. от англ. Information Technology Infrastructure Library*) [3] и SRE Book [4], такие как: безопасное внесение изменений, предотвращение и устранение сбоев, своевременное добавление ресурсов и пр.

Для реализации этих практик требуется информация о состоянии ГРИС. Сбором этой информации занимаются различные специалисты – сетевые инженеры, системные администраторы, инженеры систем виртуализации. Одним из распространенных подходов при организации работы этих специалистов является объединение их в независимые узкоспециализированные группы, каждая из которых выбирает наиболее эффективный метод сбора и хранения информации о состоянии той части ГРИС, на которой она специализируется. Таким образом, при данном подходе информация о состоянии различных частей ГРИС собирается наиболее эффективным способом и используется для этого ряд узкоспециализированных информационных систем (ИС) – каждая со своей базой данных (БД) состояния ГРИС, как показано на рис. 1. При этом ряд задач эксплуатации требует получения обобщенного состояния ГРИС, что означает необходимость в интеграции БД состояния ГРИС.



Рис. 1. Сбор данных о состоянии «облачного» сервиса набором мониторинговых ИС – каждая со своей БД

Проблемы интеграции данных

Существует ряд проблем, связанных с интеграцией данных. Во-первых, это сложность с логикой интеграции. Данные из разных источников, которые явно описывают один и тот же объект – большая редкость, зачастую разные источники данных оперируют разными понятиями, что делает проблематичным сопоставление этих данных между собой. Более того, данные из разных источников могут относиться к одному и тому же объекту, дополняя друг друга, но не пересекаясь, что делает проблематичным их объединение.

Во-вторых, выделяется технологическая сложность. В зависимости от способа и цели интеграции, возникают сложности, которые связаны с тем, что источниками данных могут являться совершенно разные платформы, а формирование запроса к разным платформам может оказаться технически сложной задачей. Также стоит учесть, что источники данных – это независимые системы и каждый будет выполнять запрос со своей скоростью и своей надежностью, что требует правильной обработки ошибок и усилий по объединению результатов параллельных вычислений.

В-третьих, выделяется социальная сложность. В случае с интеграцией данных корпоративных информационных систем отдельной сложностью может стать обнаружение необходимой информационной системы, содержащей нужные данные, а также получение разрешения на доступ к этим данным. Ограничениями могут быть политика информационной безопасности в компании, охрана персональных данных пользователей и клиентов компании.

Таким образом, интеграция данных – это сложная проблема. Идеальной системой для интеграции данных представляется такая, которая смогла бы самостоятельно обнаружить и использовать новый источник данных и дала бы возможность формулировать такие запросы к данным, которые бы позволили получать данные как из старых, так и из этого нового источника данных. В настоящее время создание подобной системы интеграции не представляется возможным и, судя по вышеописанной сложности, подобная задача потребовала бы участие сильного искусственного интеллекта.

На сегодня задачами, которыми занимается наука, исследующая интеграцию данных, являются: снижение трудоемкости интеграции, повышение надежности интеграционной системы и доступности данных.

Принципы интеграции БД состояния ГРИС

Доан А.Х., Халеви А. и Ив З. в своей фундаментальной монографии «Принципы интеграции данных» [5] одним из ключевых называют необходимость создания интеграционной модели данных для реализации соответствующей задачи. Интеграционная модель данных представляет из себя итоговый набор типов данных с их атрибутами и взаимосвязями. Она описывает результат выполнения задачи по интеграции данных и должна быть проделана для каждой такой задачи. При этом на практике в работе службы эксплуатации, использующей набор ИС для сбора и хранения данных состояния ГРИС, количество задач по интеграции данных гораздо больше одной, и эти задачи достаточно часто изменяются во времени.

В предметной области эксплуатации ГРИС на данный момент существует набор стандартов, каждый из которых описывает практики эксплуатации ГРИС. Это уже упомянутые выше ITIL и SRE, а также MOF (*аббр. от англ. Microsoft Operations Framework*), ISO 2000, COBIT (*аббр. от англ. Control Objectives for Information and related Technology*) и некоторые другие. Каждый из них имеет свои отличительные особенности, однако важной характеристикой этих стандартов является их полнота – в каждом стандарте описывается необходимый и достаточный набор практик (Best Practices) и поэтому принятия нескольких стандартов не требуется. Второй важной характеристикой этих стандартов является то, что они не претерпевают существенных изменений со временем. Третьей значимой характеристикой является целостность этих стандартов – описываемые в них практики тесным образом взаимосвязаны (взаимозависимы, взаимообусловлены), что делает переход, в случае необходимости, от одного стандарта к другому трудоемкой задачей, так как требует пересмотра практически всех практик. Как результат, компания, занимающаяся эксплуатацией ГРИС, выбирает один из доступных стандартов и придерживается его длительное время.

При этом задачи, требующие интеграции данных состояния ГРИС, описываются в терминах выбранного стандарта, что позволяет сделать вывод об универсальности модели интеграции данных состояния ГРИС в каждой компании. Руководствуясь этим принципом, такая модель может быть создана один раз и использоваться для всех последующих задач интеграции данных состояния ГРИС, что снижает время выполнения этих задач. Пример такой модели, разработанной одним из авторов [6], приведен на рис. 2, где:

- Event Management (мониторинг событий) – сбор и анализ информации о состоянии удаленных серверов;
- Incident Management (управление инцидентами) – процесс, нацеленный на максимально быстрое восстановление сервисов после сбоя;
- Problem Management (контроль за проблемами) – процесс выявления и исправления ошибок в системе и предотвращения таким образом повторных инцидентов;
- Change Management (управление изменениями) – плановое обновление системы без нарушения работоспособности сервисов в режиме 24/7.

На рис. 2 показано, что вышеперечисленные процессы, традиционно применяемые при эксплуатации «облачных» сервисов:

- а) связаны логически, имея в виду, что один процесс может инициировать другой (изменение в системе порождает новые события, события сигнализируют об инциденте, инцидент инициирует процесс анализа проблемы, который, в свою очередь, заканчивается внесением определенных изменений в систему);
- б) процессы связаны с точки зрения данных, задействованных в этих процессах (результаты одного процесса являются исходной информацией для другого).

В каждом из процессов задействованы данные о конфигурации ГРИС, такие как информация о серверах (*англ. – hosts*) и предоставляемых услугах (*англ. – services*),

хранящиеся в отдельной БД, традиционно называемой Configuration Management DataBase (CMDB, аббр. от англ.) [7].

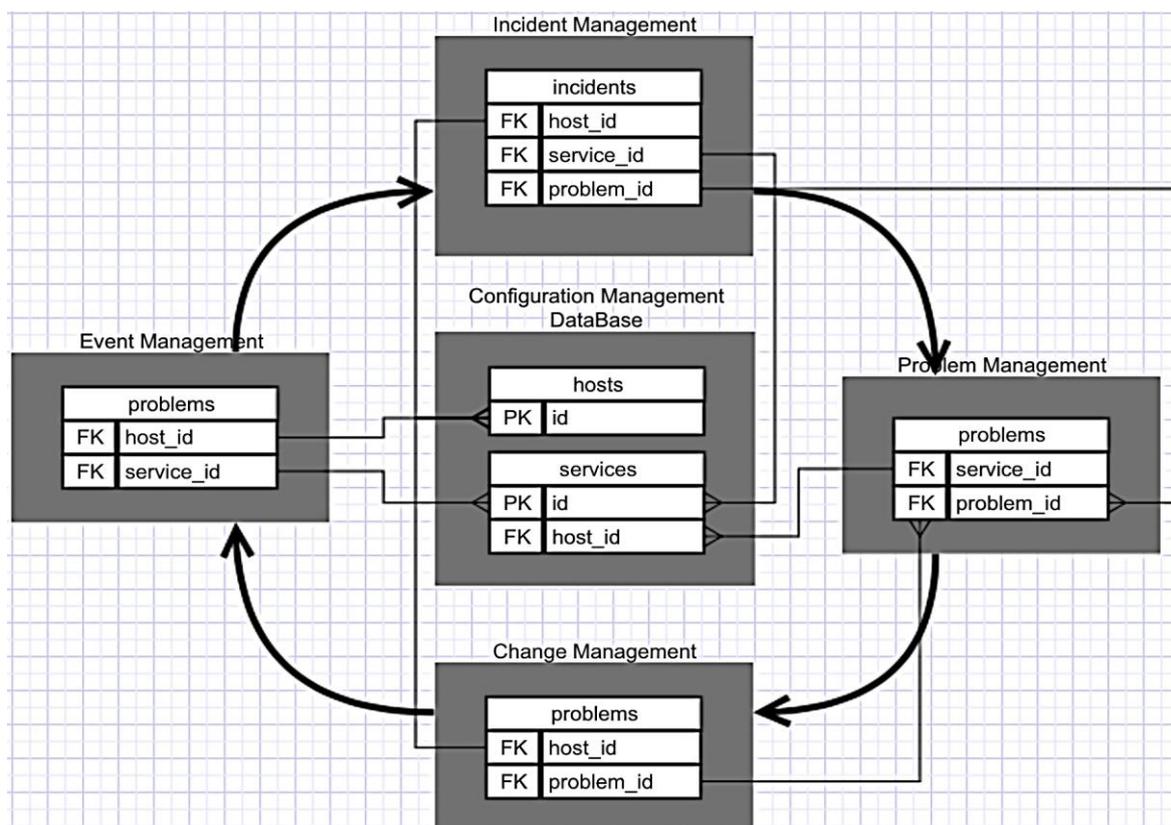


Рис. 2. Пример универсальной интеграционной модели данных компании RingCentral, использующей набор практик эксплуатации ITIL

Интеграция БД требует обращения к источникам данных (источник) для получения исходных данных. Обращение к источнику происходит от имени сервисной учетной записи, у которой есть некоторый универсальный набор разрешений на доступ к данным. При этом одним из условий предоставления данных является наличие у запрашивающей стороны необходимого разрешения на доступ к запрашиваемым данным. Соответственно, в случае необходимости разграничения прав доступа, оно происходит на этапе доступа к интегрированным данным по принципу «все – либо ничего». Однако такой подход не учитывает ситуацию, в которой конечный пользователь, запрашивающий такие данные, имеет разрешение на доступ только к части исходных данных. В этом случае ему будет полностью отказано в доступе к интегрированным данным вместо того, чтобы предоставить данные, интегрированные только из доступных исходных данных. Принцип персонализации (или персонализации) обращения к источникам данных позволяет решить эту проблему. Он подразумевает обращение к источнику от имени пользователя, запросившего интегрированные данные. Проверка разрешения на доступ в этом случае может осуществляться средствами источника. Это дает возможность интегрировать только заведомо разрешенные пользователю данные и избежать полного отказа в доступе к интегрированным в случае отсутствия доступа к части исходных данных.

Аналогичная ситуация наблюдается при отказе в обслуживании одного из источников. В этом случае запрос на интегрированные данные либо не будет выполнен целиком по принципу «все – либо ничего», либо пользователю будут предоставлены устаревшие интегрированные данные из хранилища.

Работа службы эксплуатации ГРИС имеет следующую специфику: сбой в работе «облачного» сервиса рассматривается как штатная ситуация. Ситуация сбоя в работе ГРИС может также означать выход из строя одной или нескольких ИС, занимающихся сбором информации о ее состоянии. В этой ситуации принципиальным является получение доступной и максимально актуальной информации о состоянии ГРИС, пусть и в ущерб полноте этой информации. Таким образом, решая задачи интеграции БД состояния ГРИС, важным является обеспечение устойчивости к отказу в обслуживании одного или нескольких источников данных. Запрос на общее состояние ГРИС должен быть выполнен даже в случае, когда источник данных вышел из строя, что означает гарантированный ответ, хотя и содержащий неполное состояние ГРИС (рис. 3).

Интегрированные данные формируются из исходных, полученных из соответствующих источников. Исходные данные модифицируются и перестают существовать в изначальном виде в процессе формирования интегрированных.

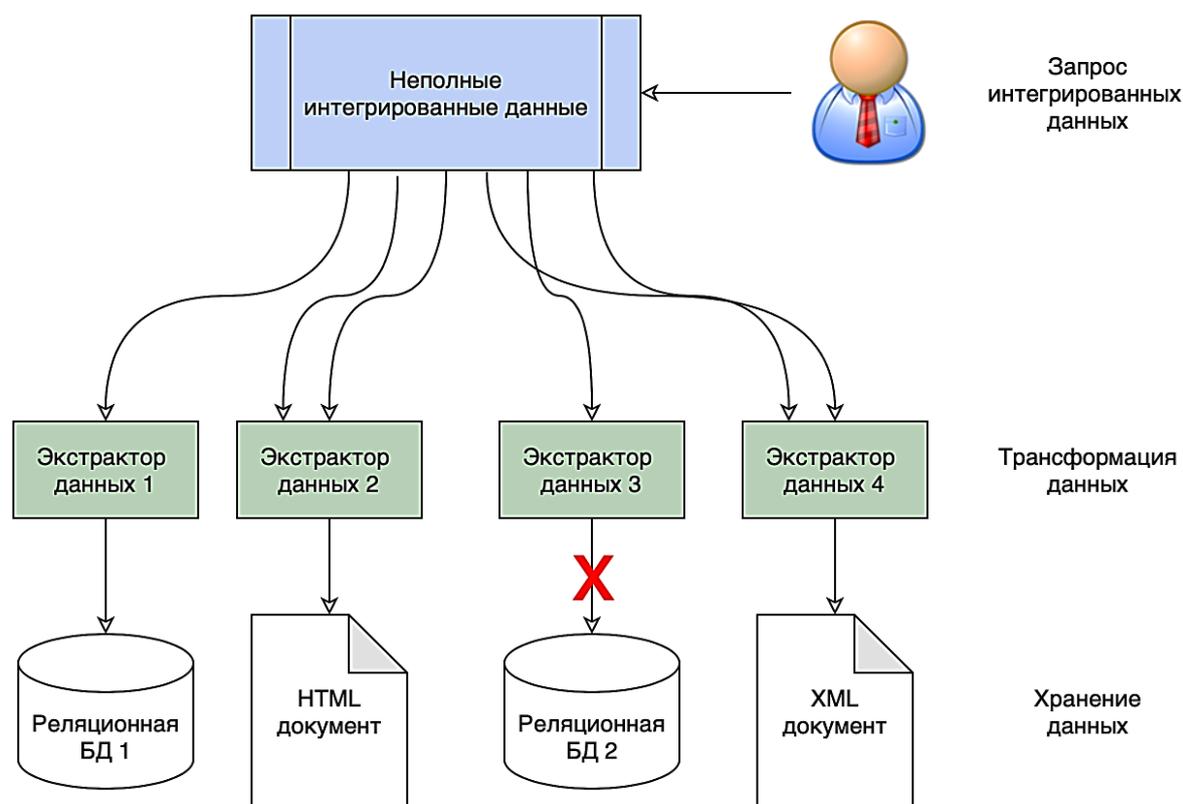


Рис. 3. Неполные интегрированные данные при недоступности одного из источников (в данном случае – реляционной БД 2)

Однако в процессе эксплуатации ГРИС требуется формирование не только прошедшего или текущего состояния ГРИС, но также и планового. Это требуется, например, для составления расписания внесения изменений в ГРИС. Плановое состояние отличается от прошедшего или текущего тем, что оно может быть изменено. Таким образом, при интеграции БД состояния ГРИС требуется не только получать интегрированные данные, но и также производить операции по их изменению. Для того чтобы изменения, внесенные в интегрированные данные, не были потеряны при повторном обращении, эти изменения также должны отразиться в соответствующих источниках. В случае же, когда исходные данные претерпели изменение при формировании интегрированных данных, процесс

восстановления исходных для их модификации может быть ресурсоемким, а в случае потери части данных – невозможным.

Поэтому, исходя из необходимости внесения изменений в интегрированные данные, целесообразным является следование принципу сохранности исходных данных при интеграции БД состояния ГРИС. Это означает, что исходные данные должны сохраняться в неизменном виде, что дает возможность внести в них изменения, которые будут отражены в соответствующих источниках и станут частью ответа на последующие запросы интегрированных данных.

Заключение

Использование разрозненных ИС и БД, хранящих различные данные состояния ГРИС, – одно из эксплуатационных направлений «облачной» ИТ-индустрии – подразумевает необходимость интеграции первых. Выше проанализированы существующие подходы в этом направлении, которые авторы настоящей статьи назвали принципами (солидаризируясь с работой [5]), потому что они существенным образом определяют все последующие решения как архитектурные, так и технологические, для которых, в свою очередь, также могут быть сформулированы свои принципы, влияющие на конкретные детали того или иного решения – то есть архитектурные и технологические принципы. В этой связи декларируемые авторами принципы уточнены как организационно-технические.

С учетом всего вышеизложенного, можно резюмировать устоявшиеся VS инновационные организационно-технические принципы интеграции БД состояния ГРИС с указанием ожидаемого эффекта от их реализации.

Во-первых, создание интеграционной модели данных для выполнения соответствующей задачи VS универсальность интеграционной модели данных состояния ГРИС, что гипотетически дает экономию (снижение трудоемкости) при выполнении задач по интеграции.

Во-вторых, анонимность VS персонализированность обращения к источникам данных от имени пользователя, запрашивающего обобщенное состояние ГРИС, что существенно упрощает разграничение прав доступа пользователей к данным.

В-третьих, обеспечение полной VS доступной и максимально актуальной информацией, что гарантирует получение информации о состоянии ГРИС даже при отказе одного или нескольких источников.

И в-четвертых, модификация исходных данных при интеграции VS сохранность и неизменность исходных данных при формировании обобщенного состояния, что дает возможность вносить изменения в исходные данные о состоянии ГРИС, например, при реализации сценария «Планирование».

Следующим шагом в выбранном направлении исследования с неизбежностью является доказательство эффективности инновационных (авторских) принципов (доказательство существования не требуется по определению) путем перехода от их декларации к реализации и экспериментальное сравнение на моделях с устоявшимися по критериям трудоемкости интеграции, надежности интеграционной системы и доступности данных.

Литература

1. Mell P., Grance T. SP 800-145. The NIST Definition of Cloud Computing. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. September 2011. URL: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> (Accessed 31th May 2021).
2. Ardulov Y., Shchemelinin D., Mescheryakov S. Dynamic Load Balancing and Continuous Service Delivery in a Big Cloud Infrastructure // Proceedings of the Internet, Mobile, Performance And Capacity, Cloud And Technology Conference (IMPACT 2016, La Jolla, USA, 7–10 November 2016). 2016.

3. AXELOS. ITIL Foundation: ITIL 4 Edition. London: The Stationery Office, 2019. 212 p.
4. Бетси Б., Крис Д., Петофф Д., Мерфи Н.Р. Site Reliability Engineering. Надежность и безотказность как в Google. СПб.: Питер, 2019. 592 с.
5. Doan A.H., Halevy A., Ives Z. Principles of Data integration. Waltham: Morgan Kaufmann Publishers, 2012. 520 p.
6. Efimov V.V., Mescheryakov S.V., Shchemelinin D.A. Integration data model for continuous service delivery in cloud computing system // Proceedings of the 20th International Conference on Distributed Computer and Communication Networks (DCCN 2017, Moscow, Russia, 25–29 September 2017). Communications in Computer and Information Science. Cham: Springer, 2017. Vol. 700. PP. 87–97. DOI:10.1007/978-3-319-66836-9_8.
7. Klosterboer L. Implementing ITIL Configuration Management. London: Pearson Education, 2007. 264 p.

References

1. Mell P., Grance T. SP 800-145. The NIST Definition of Cloud Computing. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. September 2011. URL: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> (Accessed 31th May 2021).
2. Ardulov Y., Shchemelinin D., Mescheryakov S. Dynamic Load Balancing and Continuous Service Delivery in a Big Cloud Infrastructure // Proceedings of the Internet, Mobile, Performance And Capacity, Cloud And Technology Conference (IMPACT 2016, La Jolla, USA, 7–10 November 2016). 2016.
3. AXELOS. ITIL Foundation: ITIL 4 Edition. London: The Stationery Office, 2019. 212 p.
4. Betsy B., Chris D., Petoff D., Murphy N.R. Site Reliability Engineering. Reliability and reliability like in Google. St.-Petersburg: Peter Publ., 2019. 592 p. (in Russ.)
5. Doan A.H., Halevy A., Ives Z. Principles of Data integration. Waltham: Morgan Kaufmann Publishers, 2012. 520 p.
6. Efimov V.V., Mescheryakov S.V., Shchemelinin D.A. Integration data model for continuous service delivery in cloud computing system // Proceedings of the 20th International Conference on Distributed Computer and Communication Networks (DCCN 2017, Moscow, Russia, 25–29 September 2017). Communications in Computer and Information Science. Cham: Springer, 2017. Vol. 700. PP. 87–97. DOI:10.1007/978-3-319-66836-9_8.
7. Klosterboer L. Implementing ITIL Configuration Management. London: Pearson Education, 2007. 264 p.

УДК 007.3

ИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ В СИСТЕМЕ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ МЧС РОССИИ

В.А. Онов, кандидат технических наук, доцент;**М.В. Панкратова.****Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.****Н.В. Остудин, кандидат технических наук.****Центральный аппарат МЧС России**

Обоснована необходимость применения разработанной онтологической модели типа сущность-связь по реагированию на природные пожары Дальневосточного федерального округа, которая отражает состав базы данных, сущности и связи между элементами базы. Указанные базы будут содержать уже готовые решения по тем или иным ситуациям, предназначенным для лица, принимающего решения. Также предлагается модель усовершенствованной системы, достигнутая путем структурного и параметрического синтеза разложенных элементов системы органов повседневного управления.

Ключевые слова: системный анализ, структурный синтез, параметрический синтез, система антикризисного управления, центры управления в кризисных ситуациях, ликвидация чрезвычайных ситуаций, онтологическая модель, базы данных

INFORMATION ASPECTS IN THE ANTI-CRISIS MANAGEMENT SYSTEM OF EMERCOM OF RUSSIA

V.A. Onov; M.V. Pankratova.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

N.V. Ostudin. Central office of EMERCOM of Russia

The article substantiates the need to use the developed ontological model of the entity-link type for responding to wildfires, which reflects the composition of the database, the entities and links between the elements of the database. It will contain ready-made solutions for certain situations intended for the decision-maker. We also propose a model of an improved system, achieved by structural and parametric synthesis of decomposed elements of the system of everyday management bodies.

Keywords: system analysis, structural synthesis, parametric synthesis, crisis management system, crisis management centers, emergency response, ontological model, databases

Центры управления в кризисных ситуациях составляют основу системы антикризисного управления МЧС России.

Центр управления в кризисных ситуациях Главного управления МЧС России по субъекту Российской Федерации является специализированным подразделением территориального органа Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, предназначенным для повседневного управления единой государственной системой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), осуществляющим оперативное управление дежурными силами и средствами на территории субъекта Российской Федерации, сбор и обработку информации о чрезвычайных ситуациях и о ходе

проведения аварийно-спасательных работ при их ликвидации для решения задач по обеспечению всеми видами связи (спутниковой, тропосферной, радио, проводной).

Центр управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) подчиняется начальнику Главного управления МЧС России по субъекту Российской Федерации.

В «Положении о единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», утверждённом постановлением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2003 г. № 794 [1], в числе постоянно действующих органов управления РСЧС названы: МЧС России, территориальные органы министерства (Главные управления МЧС России по субъектам Российской Федерации), а также органы управления муниципальных образований, специально уполномоченные на решение задач в области защиты населения и территорий от ЧС и ГО на соответствующих территориях.

В случае угрозы или возникновения ЧС постоянно действующие органы управления, а тем более координирующие органы управления не в состоянии немедленно приступить к выполнению своих функций, так как на их приведение в готовность требуется время (особенно, в ночные часы).

Скоординированность деятельности имеющихся органов повседневного управления, находящихся в постоянной готовности к действиям и уполномоченных принимать соответствующие решения для проведения необходимых экстренных мер, является важной частью ликвидации угрозы ЧС или возникшей ЧС на начальном этапе.

«Положением о единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 27 мая 2005 г. № 335) [2] её органами повседневного управления установлены (п. 11):

– ЦУКС, дежурно-диспетчерские службы (ДДС) федеральных органов исполнительной власти;

– ЦУКС главных управлений МЧС России по субъектам Российской Федерации, ДДС органов исполнительной власти территориальных органов федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации; единые дежурно-диспетчерские службы (ЕДДС) муниципальных образований; ДДС организаций (объектов).

Важным вопросом является проектирование баз данных, знаний и прецедентов [3]. Для этого разработана онтологическая модель (рис. 1) типа сущность-связь, которая отражает состав базы данных, сущности и связи между элементами базы данных. Раскрыты типы данных с учетом специфики используемых данных при реагировании на ЧС Дальневосточного федерального округа. При этом затронут состав информации, который при необходимости может быть перемещен в базу знаний или прецедентов. Указанные базы будут содержать уже готовые решения по тем или иным ситуациям предназначенные для лица, принимающего решения (ЛПР).

В указанной схеме `int` – это целочисленные данные, `string` – данные типа текст (строковые), `bool` – булевы данные типа `true` (истина) или `false` (ложь).

Заменить базы данных может любое программное решение, но предпочтение отдается системе управления базами данных PostgreSQL в связи с тем, что в указанной системой управления базами данных имеется расширение `postgis` для работы с географическими и пространственными данными.

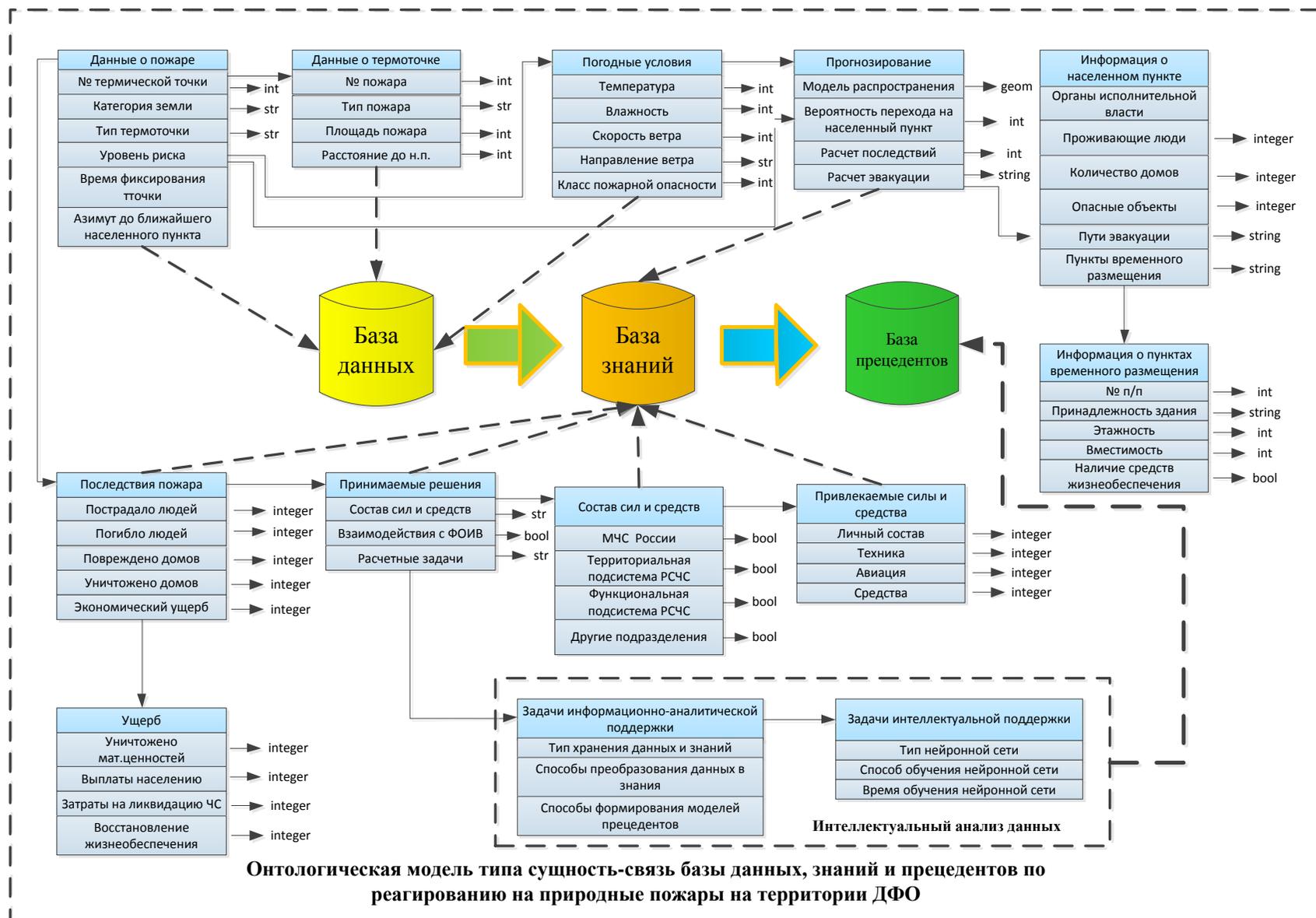


Рис. 1. Онтологическая модель типа сущность-связь (ФОИВ – Федеральные органы исполнительной власти)

Всю систему управления можно представить как единую систему, состоящую из органов управления, сил и средств, взаимодействующих для достижения одной цели: ликвидации ЧС (рис. 2). Предложения, подготовленные специалистом ЦУКС, ложатся в основу принятия решения должностного лица – руководителя ликвидации ЧС [4].

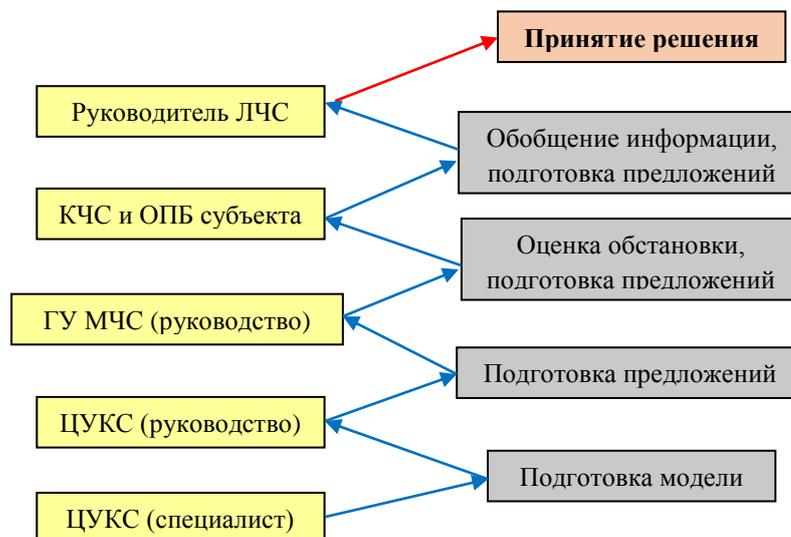


Рис. 2. Место специалиста ЦУКС в системе управления (ЛЧС – ликвидация чрезвычайных ситуаций; КЧС и ОПБ – Комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности)

Необходимо рассматривать ЦУКС как систему, состоящую из информационной, аналитической, социальной и структурной подсистем [5]:

1. Информационная подсистема. Анализ информационных потоков показывает, что на специалиста отдела мониторинга и прогнозирования ОДС приходится большой объем информации, которая дублируется. Помимо этого на специалиста возложены задачи, не связанные с деятельностью отдела: управления, учета, аналитики, контроля. Помимо этого, дополнительной нагрузкой является выполнение специалистом параллельных функций в рамках федерального округа (табл. 1, рис. 3).

Таблица 1. Результаты анализа задач, решаемых специалистом ЦУКС

№ п/п	Выполнение задач в рамках субъекта		№ п/п	Выполнение задач в рамках федерального округа	
1.	Аналитические	25 %	1.	Аналитические задачи	12 %
2.	Задачи управления	12 %	2.	Задачи управления	4 %
3.	Задачи контроля	8 %	3.	Задачи контроля	10 %
4.	Задачи взаимодействия	20 %	4.	Организационные задачи	9 %

2. Аналитическая подсистема. Выполнение должностных обязанностей требует обработки значительного количества информации, проведения анализа. Информация обрабатывается как статистическая, так и оперативная, производятся расчеты [6]. Проведенный анализ показал недостаточность и неэффективность имеющегося программного обеспечения для выполнения возложенных задач.

3. Социальная подсистема. Основные недостатки, выявленные в ходе проведенного анализа: несоответствие организационно-штатной структуры ЦУКС выполняемым задачам.

4. Структурная подсистема. В рамках межведомственного взаимодействия отмечается неготовность взаимодействующих органов управления к своевременному и качественному представлению информации.

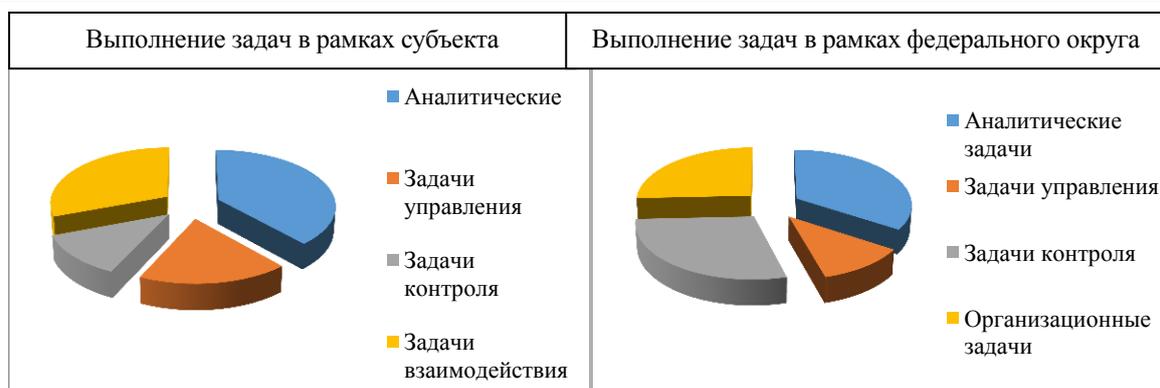


Рис. 3. Распределение функций специалиста ЦУКС

С учетом проведенного анализа (табл. 2) предлагается структурный и параметрический синтез [7] разложенных элементов системы органов повседневного управления в единую усовершенствованную систему. Модель усовершенствованной системы представлена на рис. 4.

Таблица 2. Обобщение результатов анализа

Существующая проблема	Решение
<i>Информационная подсистема</i>	
Дублирование информации. Выполнение специалистом параллельных функций в рамках федерального округа	Разработка программного обеспечения, автоматизирующего процессы обработки данных
<i>Аналитическая подсистема</i>	
Недостаточность и неэффективность имеющегося программного обеспечения	Внедрение в деятельность специалистов ЦУКС современного программного обеспечения и новых методов моделирования
<i>Социальная подсистема</i>	
Несоответствие организационно-штатной структуры ЦУКС выполняемым задачам	Изменение организационно-штатной структуры в соответствии с задачами, возлагаемыми на ЦУКС
<i>Структурная подсистема</i>	
Неготовность взаимодействующих органов управления к своевременному и качественному представлению информации	Внесение изменений в нормативно-правовую базу. Переход к автоматизированному доступу к сведениям других министерств и ведомств

Помимо этого, актуальными являются вопросы моделирования движения информационных потоков в контуре антикризисного управления МЧС России. Это производится с целью инфологического проектирования информационного взаимодействия управляющего органа и объекта управления, выявления принципа взаимодействия баз данных, баз знаний и баз прецедентов, установления функций управления [8].

Концептуальная модель движения информационных потоков (рис. 5) в контуре антикризисного управления позволяет раскрыть базовые принципы теории принятия решения, сочетающие в себе определение роли и места ЛПР в общей структуре управления, а также установление объектов, на которые направлено управляющее воздействие (в данном

случае – кризисная ситуация) [9]. Процесс принятия решений сводится к тому, что ЛПР выбирает из множества альтернатив оптимальное решение.

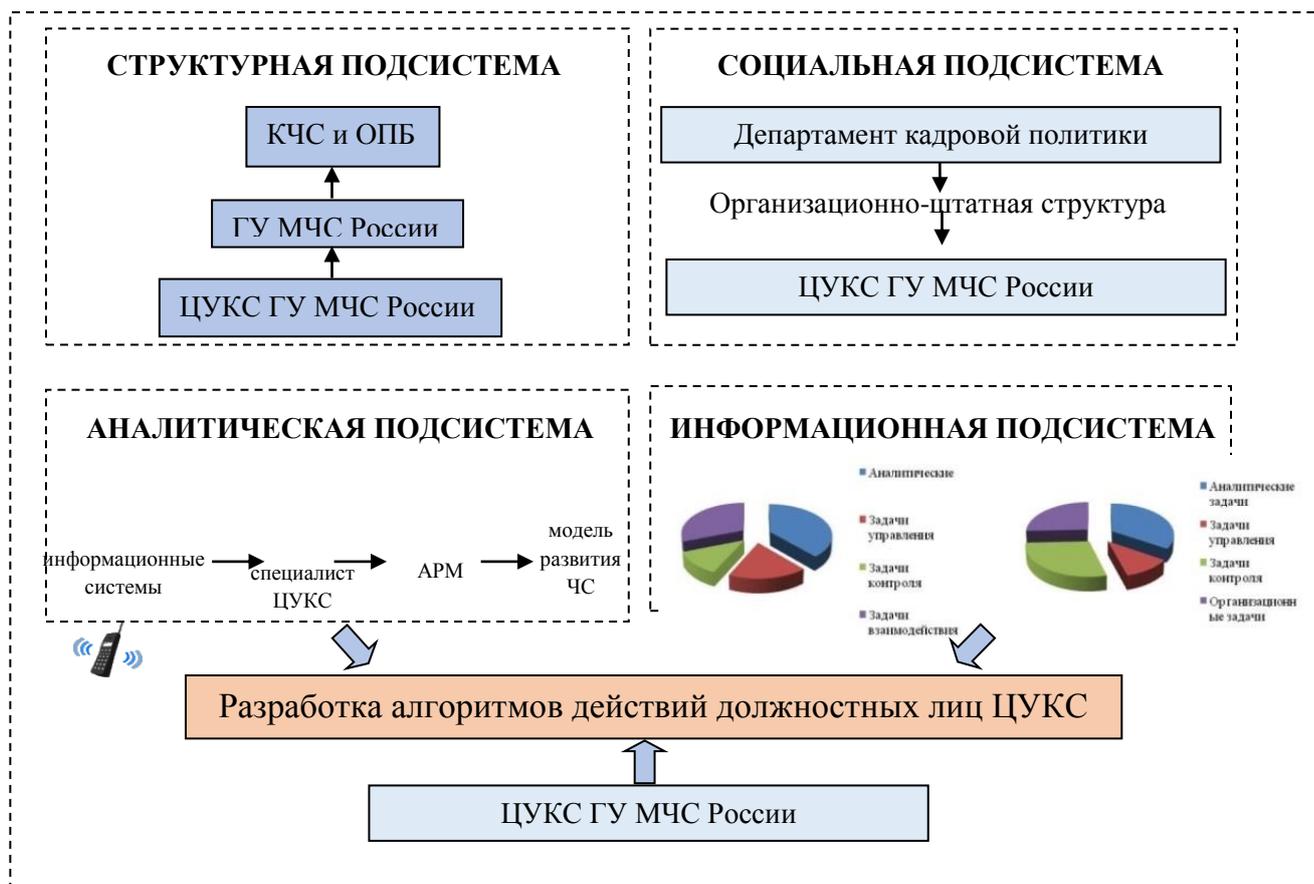


Рис. 4. Модель усовершенствованной системы антикризисного управления (АРМ – автоматизированное рабочее место)

ЦУКС функционируют в трех режимах мирного времени (повседневной деятельности, повышенной готовности и чрезвычайной ситуации).

В режиме повседневной деятельности ЦУКС находится в готовности к экстренному реагированию на угрозу или возникновение ЧС. В этом режиме он обеспечивает решение следующих задач:

- 1) сбор и актуализацию нормативно-справочной информации о критически важных объектах, подчинённых подразделениях, территориальных зонах их ответственности (расписаний выезда или планов привлечения сил и средств);
- 2) сбор и обработка сведений от подчинённых подразделений о заступившем на дежурство личном составе и состоянии имеющейся техники (строевая записка), оценка их готовности к выполнению возложенных задач;
- 3) прием от ДДС и систем мониторинга сообщений о пожарах, авариях, катастрофах, стихийных бедствиях и других чрезвычайных происшествиях, несущих информацию об угрозе или возникновении ЧС, их регистрацию и сортировку по принадлежности и уровням ответственности ДДС;
- 4) обобщение и анализ информации о чрезвычайных происшествиях за текущие сутки и представление соответствующих докладов по подчиненности;
- 5) поддержание в готовности к применению программно-технических средств автоматизации и связи;

б) осуществление контроля за готовностью ДДС к совместным действиям, оперативное информирование их диспетчерских смен об обстановке и ее изменениях;

7) внесение необходимых оперативных дополнений и изменений в базу данных, а также в структуру и содержание формализованных оперативных документов по реагированию на ЧС.

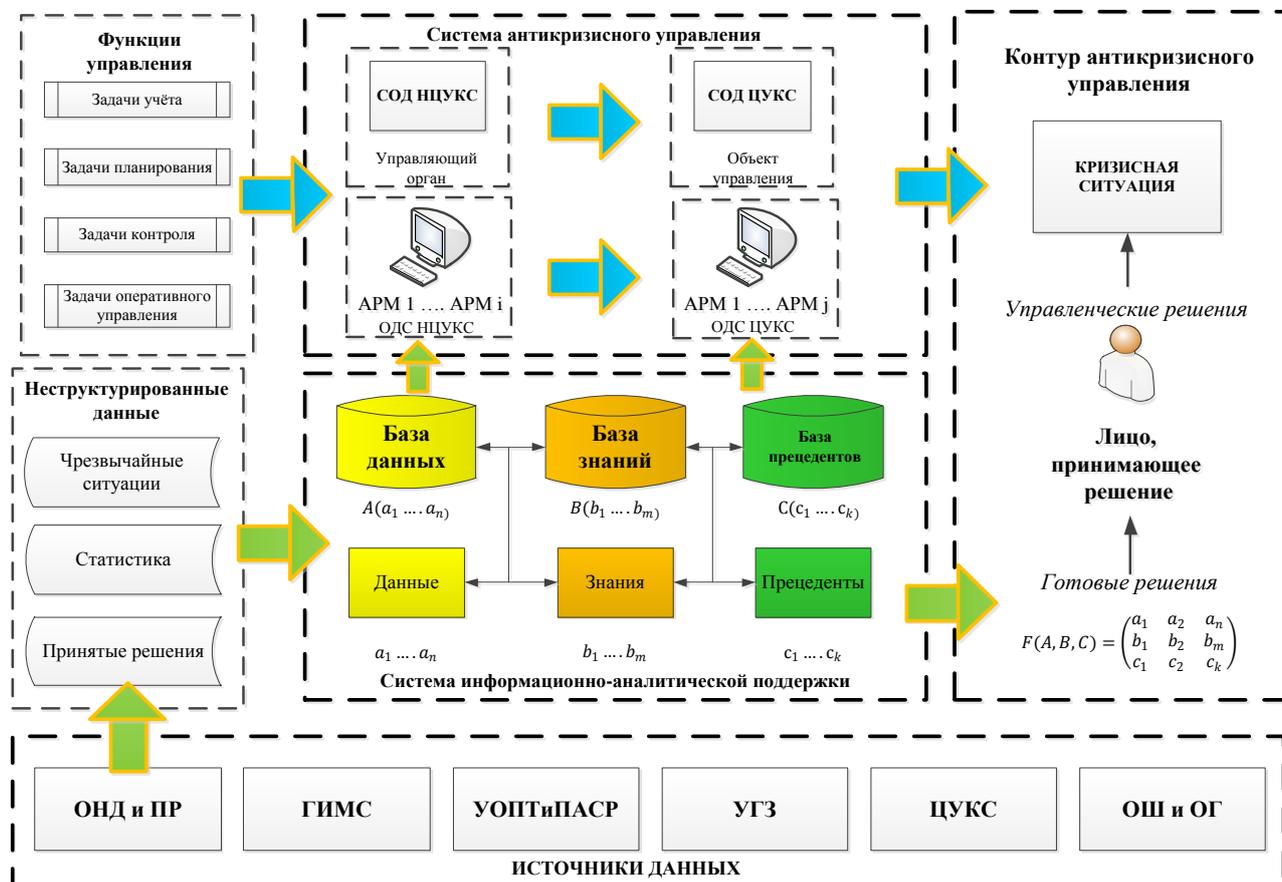


Рис. 5. Концептуальная модель движения информационных потоков в контуре антикризисного управления МЧС России

(СОД – старший оперативный дежурный; ОНД и ПР – отдел надзорной деятельности и профилактической работы; ГИМС – Государственная инспекция по маломерным судам; УОПТ и ПАСР – Управление организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ; УГЗ – Университет гражданской защиты; ОШ и ОГ – оперативный штаб и оперативная группа)

В режиме повышенной готовности выполняется ряд дополнительных задач:

- 1) оповещение и персональный вызов должностных лиц КЧС и ПБ и органов управления по делам ГОЧС, ведомственных ДДС и подчинённых подразделений;
- 2) получение и обобщение данных наблюдения и контроля за обстановкой в городе и на потенциально опасных объектах;
- 3) прогнозирование развития обстановки и подготовка предложений по действиям привлекаемых сил и средств, доклад их по подчиненности;
- 4) корректировка алгоритмов действий по реагированию на угрозу возникновения вероятной ЧС и уточнение порядка взаимодействия ДДС;
- 5) координация экстренных действий ДДС по предотвращению ЧС или смягчению ее последствий.

В режиме ЧС ЦУКС обеспечивает выполнение следующих задач:

- 1) координация действий ДДС и привлекаемых сил и средств РСЧС при проведении мероприятий по защите населения и территории от ЧС;
- 2) контроль за выдвиганием и отслеживанием передвижения оперативных групп, а также сил и средств в зоне ЧС;
- 3) обмен оперативной информацией между ДДС при организации ликвидации ЧС, в ходе аварийно-спасательных и других неотложных работ;
- 4) определение границ зон ЧС, контроль за их изменением, состоянием окружающей природной среды в районе ЧС, за обстановкой на аварийных объектах и прилегающих к ним территориях, своевременное оповещение и информирование населения о складывающейся обстановке и мерах по его защите.

В режимах повышенной готовности и ЧС информационное взаимодействие между ДДС осуществляется непосредственно через ЦУКС. Для этого в ЦУКС от взаимодействующих ДДС в первоочередном порядке передаются сведения об угрозе или факте ЧС, сложившейся обстановке, принятых мерах, задействованных и требуемых дополнительных силах и средствах. Поступающая информация доводится через ЦУКС до всех заинтересованных ДДС.

Информация, поступающая в ЦУКС, обрабатывается и обобщается. В зависимости от важности сообщения, масштаба ЧС, характера принятых мер и высказанных предложений по каждому принятому документу (сообщению) готовятся и принимаются необходимые решения. Поступившая из различных источников и обобщенная в ЦУКС информация, подготовленные рекомендации по совместным действиям привлекаемых сил и средств доводятся до вышестоящих и взаимодействующих органов управления, а также до всех ДДС, привлеченных к ликвидации ЧС.

В своей деятельности ЦУКС взаимодействует с дежурными службами края, Общероссийской комплексной системой информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей и единой системой государственного и военного управления. ЦУКС субъекта осуществляет также информационное взаимодействие с НЦУКС и кризисными центрами соседних субъектов [10].

ЦУКС субъекта и ДДС специально уполномоченного органа по делам ГО и ЧС взаимодействуют друг с другом с учётом разделения полномочий между федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации на территориальном уровне.

Таким образом, в ходе работы были разработаны онтологическая модель типа сущность-связь по реагированию на природные пожары Дальневосточного Федерального округа, которая отражает состав базы данных, сущности и связи между элементами базы, модель усовершенствованной системы, достигнутая путем структурного и параметрического синтеза разложенных элементов системы органов повседневного управления, и концептуальная модель движения информационных потоков в контуре антикризисного управления. Также был сделан вывод о том, что ЦУКС необходимо рассматривать как систему, состоящую из информационной, аналитической, социальной и структурной подсистем.

Литература

1. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства Рос. Федерации от 30 дек. 2003 г. № 794 (в ред. от 12 окт. 2020 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2003 г. № 794: постановление Правительства Рос. Федерации от 27 мая 2005 г. № 335 (в ред. от 28 дек. 2019 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Агафонов В.А. Системный анализ в стратегическом управлении. М.: Русайнс, 2016. С. 48.

4. Бережная Е.В., Бережной В.И. Методы и модели принятия управленческих решений: учеб. пособие. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. С. 384.
5. Булыгина О.В., Емельянов А.А., Емельянова Н.З. Системный анализ в упр.: учеб. пособие. М.: Форум, 2018. 16 с.
6. Антикризисное управление: теория и практика: учеб. / под ред. А.Н. Ряховской, С.Е. Кован. М.: КноРус, 2016. С. 320.
7. Горюнов И.М. Структурно-параметрический синтез и анализ ГТД и ЭУ. Уфа: Вестник УГАТУ. 2008. Т. 11. № 2 (29). С. 30–38.
8. Данелян Т.Я. Теория систем и системный анализ: Учебно-методический комплекс. М.: Ленанд, 2016. С. 360.
9. Зуб А.Т. Антикризисное управление: учеб. Люберцы: Юрайт, 2016. С. 343.
10. Концепция создания Национального центра управления в кризисных ситуациях. М.: МЧС России, 2005. С. 35.

References

1. O edinoj gosudarstvennoj sisteme preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 30 dek. 2003 g. № 794 (v red. ot 12 okt. 2020 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
2. O vnesenii izmenenij v postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 30 dekabrya 2003 g. № 794: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 27 maya 2005 g. № 335 (v red. ot 28 dek. 2019 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
3. Agafonov V.A. Sistemnyj analiz v strategicheskom upravlenii. M.: Rusajns, 2016. С. 48.
4. Berezhnaya E.V., Berezhnoj V.I. Metody i modeli prinyatiya upravlencheskih reshenij: ucheb. posobie. M.: NIC INFRA-M, 2014. С. 384.
5. Bulygina O.V., Emel'yanov A.A., Emel'yanova N.Z. Sistemnyj analiz v upr.: ucheb. posobie. M.: Forum, 2018. 16 с.
6. Antikrizisnoe upravlenie: teoriya i praktika: ucheb. / pod red. A.N. Ryahovskoj, S.E. Kovan. M.: KnoRus, 2016. С. 320.
7. Goryunov I.M. Strukturno-parametricheskij sintez i analiz GTD i EU. Ufa: Vestnik UGATU. 2008. Т. 11. № 2 (29). С. 30–38.
8. Danelyan T.Ya. Teoriya sistem i sistemnyj analiz: Uchebno-metodicheskij kompleks. M.: Lenand, 2016. С. 360.
9. Zub A.T. Antikrizisnoe upravlenie: ucheb. Lyubercy: Yurajt, 2016. С. 343.
10. Konceptiya sozdaniya Nacional'nogo centra upravleniya v krizisnyh situacijah. M.: MCHS Rossii, 2005. С. 35.

УДК 614.842

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ВЬЕТНАМА

Фам Куок Хынг.**Институт подготовки иностранных граждан Академии ГПС МЧС России.****С.В. Соколов, доктор технических наук, профессор.****Академия ГПС МЧС России**

Рассматриваются особенности внедрения и развития информационных технологий в сфере пожарной безопасности в современном Вьетнаме. Проанализировано развитие электронного документооборота, выделены основные направления дальнейшего развития цифровой среды в сфере безопасности.

Ключевые слова: информационные технологии, электронный документооборот, информационные системы, пожарная охрана, пожарная безопасность, Вьетнам

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN THE FIRE DEPARTMENTS OF VIETNAM

Pham Quoc Hung.

Institute for the training of foreign citizens of Academy of State fire service of EMERCOM of Russia.

S.V. Sokolov. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia

The article considers the features of the introduction and development of information technologies in the field of fire safety in modern Vietnam. The development of electronic document management is analyzed, the main directions of further development of the digital environment in the field of security are highlighted.

Keywords: information technology, electronic document management, information systems, fire protection, fire safety, Vietnam

С момента своего возникновения пожарная охрана нацелена на постоянное развитие в контексте происходящих общественных изменений. Процессы глобализации потребовали от подразделений скорейшей международной интеграции и готовности брать на себя новые задачи в области научно-технических исследований и применения современных информационных технологий.

Современный Вьетнам активно включился в процессы развития пожарно-технического знания. Это обусловлено потребностью обеспечить развитие пожарных подразделений на новом уровне, соответствующем потребностям современной постиндустриальной цивилизации.

Авторы проанализировали данные в области пожарной безопасности. Согласно статистике Главного управления пожарной охраны и аварийно-спасательных служб (ГУПО и АСС) Министерства общественной безопасности Вьетнама за 10 лет (2010–2019 гг.) зарегистрировано 28 744 пожаров, произошедших в зданиях, на этих пожарах погибло 789 человек и 1 854 человек получили травмы. Ущерб составил около 594,6 млн долл. [1]. Данная статистика требует поиска новых моделей и форм организации противопожарной

службы. Всевозрастающий уровень урбанизации Вьетнама делает прежние алгоритмы несоответствующими потребностям техногенного государства.

Опираясь на основные принципы организации и деятельности противопожарной службы в населенных пунктах, необходимо разработать удобную в применении и пригодную для дальнейшей модернизации модель безопасности. Данная система должна включать в себя инструменты для проведения детальных исследований оперативной деятельности личного состава и оценки их возможностей.

Современным инструментарием, позволяющим проводить подобные исследования, являются методы имитационного (компьютерного) моделирования, которые практически не имеют ограничений в возможностях детализации описываемых процессов. В современных версиях имитационных моделей учитываются сотни параметров, отражающих характеристики населенных пунктов, личного состава и процесса функционирования служебных коллективов, а их комбинации могут составлять тысячи вариантов [2–5].

Фундаментом системы безопасности является возможность использования цифровых карт, которые должны включать данные о пожарных водоемах, дорогах, электросетях. Узловыми точками таких карт являются места дислокации подразделений Министерства общественной безопасности и медицинских учреждений. Карта оснащена специальным программным обеспечением, облегчающим координацию различных служб в случае аварий и чрезвычайных ситуаций (ЧС). Карта позволяет не только отобразить координаты произошедшей аварии, но и помогает ближайшему подразделению противопожарной службы проложить кратчайший путь.

Онлайн-система управления и контроля подключается к месту происшествия напрямую через цифровые камеры, которые ведут запись окружающей обстановки и в режиме реального времени передают изображения инцидента в командный пункт информационного центра пожарной охраны. С этого момента оперативный дежурный может сразу наблюдать за происходящим онлайн и передавать информацию вышестоящим руководителям для принятия решений о плане тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ.

Во Вьетнаме сформирована схема вызова экстренных оперативных служб – система-114. Алгоритм построен на регистрации входящего звонка, записи, переадресации вызова. Система постоянно совершенствуется на основе собранной статистики происшествий. Налажено взаимодействие между командным информационным центром и оперативным персоналом районного управления пожарной охраны.

Кроме того, пожарная охрана также сотрудничает с государственной радиоккомпанией «Голос Вьетнама», которая на частоте FM 91,0 МГц передает данные о ситуации на дорогах. В ее распоряжении имеются камеры наблюдения за дорожным движением. Данная информация крайне необходима командованию пожарно-спасательной службы для планирования кратчайшего пути прибытия в район ЧС [6–8].

Для передачи данных кроме радиосвязи используется интранет на оптоволоконной линии. Данная система носит название Metronet и служит для соединения компьютерной сети центрального пункта пожарной охраны со всеми районными отделениями. Специальное программное обеспечение позволяет управлять документооборотом и рабочими записями во всех подключенных подразделениях. В Metronet организована отправка и получение электронных версий документов ГУПО и АСС. Использование электронного документооборота не только экономит время сотрудников пожарной охраны, но также способствует своевременному и эффективному выполнению многих поручений вышестоящего руководства.

В последние годы совершенствованию электронного документооборота большое внимание уделяет руководство ГУПО и АСС. В систему Интранет несколько лет назад было интегрировано специальное программное обеспечение, которое позволяет в режиме онлайн работать со служебными документами и файлами.

ГУПО и АСС в настоящий момент имеет систему документооборота, в которой основные процессы полностью автоматизированы. В подразделениях пожарной охраны

активно внедряется и используется данная система. Специалисты ГУПО и АСС могут устанавливать и контролировать работу системы электронного документооборота в удаленном режиме через VPN-соединение [6]. Техническая поддержка и консультации пользователей реализована также в удаленном режиме сотрудниками Департамента информационных технологий и связи.

Внедрение новых информационных технологий в работу служб пожарной безопасности является реализацией целого ряда нормативных актов: Директивы 15/СТ-ТТg премьер-министра Вьетнама, плана № 246/КН-ВСА и постановления Городского народного комитета № 5635/UBND-ТТТТ о расширении использования электронных документов в деятельности государственных органов.

Авторы наблюдают, как меняется система управления вследствие внедрения цифровых платформ: повышается оперативность реагирования, снижаются затраты времени на обработку служебных документов (планов, отчетов), облегчается взаимодействие подразделений как друг с другом, так и с руководящими органами. С первых дней электронный документооборот показал свою эффективность, связав в единую сеть провинции Вьетнама. Аварийно-спасательные службы получают все необходимые служебные документы за 3–5 мин. Ранее запрос мог обрабатываться несколько часов или даже дней, что задерживало работу подразделений.

Уходит в прошлое распечатка и копирование документов для отправки в подразделения, экономится время на поездки служебных курьеров для получения и отправки документов. Проведена оценка экономии материальных ресурсов (бумага, расходные материалы для печати, дорожные расходы) за счет внедрения нового программного обеспечения. Сокращение расходов составило около 30–40 млн донгов [9, 10]. Сэкономленные ресурсы могут быть использованы на дальнейшее развитие информационных технологий в пожарных подразделениях, на повышение квалификации личного состава в области компьютерной грамотности.

Внедрение электронного документооборота упростило работу руководящего состава. Автоматизированный поиск дает возможность найти требуемый документ в актуальной редакции в кратчайшие сроки. Руководитель также получил возможность в режиме реального времени контролировать подготовку необходимых документов.

Опыт внедрения информационных технологий позволяет подвести некоторые итоги и дать прогнозы дальнейшего развития данной сферы. Можно сказать, что в последнее время пожарная охрана за счет использования цифровой среды повысила качество своей работы и достигла запланированных результатов. Информационная система уже сформирована: сотрудники имеют персональные электронные служебные почты и аккаунты и в целом настроены на изучение новых информационных технологий. Эффективность применения и экономия времени являются важнейшими мотивирующими факторами, определяющими интерес личного состава к замене традиционных форм работы на их более прогрессивные аналоги. Однако стоит отметить, что в ряде подразделений наблюдается осторожное отношение к цифровой среде. Ряд руководителей сохранили привычку к работе с бумажными носителями документов. Консерватизм в данной сфере связан с консерватизмом мышления и скептическим отношением к новым формам работы. Возможно, недоверие к информационным системам – это результат недостаточной информированности об алгоритмах ее работы и надежности цифрового канала передачи служебной информации.

Ограниченность человеческих ресурсов пожарных подразделений – это фактор научного поиска путей оптимизации тех сфер деятельности, где труд сотрудника может быть облегчен в результате научно-технического прогресса. Современные информационные системы в данном случае продемонстрировали возможности экономии служебного времени. В дальнейшем продолжится развитие специализированных приложений, которые дополнят и усовершенствуют уже существующую цифровую среду пожарной охраны Вьетнама.

Авторы могут спрогнозировать развитие видеоконференцсвязи для проведения селекторных и оперативных совещаний. Пока потенциал данного направления не может быть полностью реализован по причине неполного охвата современными оптоволоконными

линиями некоторых провинций. Это направление требует инвестиций и развития инфраструктуры, что не может быть сделано в кратчайшие сроки.

Авторы могут предложить помимо развития материальной базы пожарных подразделений с учетом активного внедрения информационных систем уделить внимание формированию новой информационной культуры сотрудников. Планирование обучения, развитие консультирования по использованию программ и приложений даст быстрый результат. Изменение стиля работы, внедрение в рабочие процессы информационных систем и ресурсов – это задача не может быть решена стихийно и требует четкого планирования и контроля со стороны руководства Министерства общественной безопасности Вьетнама.

Исходя из проведенного анализа, можно выделить основные направления, которые должны быть учтены при планировании внедрения информационных технологий:

1. Задачи информатизации не могут быть решены без использования современного оборудования. Необходимо включать в планы развития подразделений и в доклады ГУПО и АСС задачи по закупкам и монтажу необходимого оборудования. Должно быть спланировано расширение количества подразделений, обеспеченных качественной связью. Для обеспечения информационной безопасности необходимо внедрять цифровые подписи и протоколы шифрования. Внедрение видеоконференцсвязи потребует обновления оборудования для обеспечения качества видеосигнала. Без решения данной задачи нельзя считать цифровую среду полностью сформированной и полноценной.

2. Необходим переход на автоматическое управление в сфере противопожарной защиты. Для решения этой задачи необходима разработка специализированного программного обеспечения в формате приложений, которые могут использоваться для решения широкого круга задач и не будут привязаны к рабочему месту сотрудника.

3. Следует развивать систему контроля использования электронных документов в подразделениях, отслеживая своевременность обработки цифровых документов.

4. В целях мотивации личного состава необходимо разработать критерии эффективности внедрения цифровой среды. Возможно выявление лучших подразделений, изучение их опыта для подготовки рекомендаций по использованию информационных систем. При принятии решений о поощрении подразделений или отдельных сотрудников учитывать их достижения в освоении современных информационных технологий.

5. При формировании планов развития пожарной службы необходимо включить мероприятия по развитию информационных систем с указанием сроков и конкретных исполнителей. Исполнение планов следует отслеживать, докладывать о результатах и держать на постоянном контроле как важнейшую задачу, основанную на достижениях современной науки и техники.

6. Руководители подразделений противопожарной службы должны подавать пример и играть ведущую роль в содействии применению и развитию информационных технологий для руководства и управления в своих соответствующих подразделениях. Непосредственное управление подразделениями, администрирование, обработка и обмен электронными документами должно все больше автоматизироваться и переходить в пространство информационных систем.

7. При составлении перспективных планов повышения квалификации личного состава включить обучение сотрудников работе в приложениях и информационных системах. Оптимальным является наличие в подразделении как минимум двух специалистов, которые могут квалифицированно администрировать информационные ресурсы.

8. На основе утвержденной годовой сметы расходов государственного бюджета Вьетнама держать на контроле приоритетное развитие информационных сетей, инфраструктуры, закупки оборудования для обеспечения информационной безопасности и защищенного авторским правом программного обеспечения для создания достаточных условий развития электронного документооборота во всех подразделениях противопожарной службы Вьетнама.

9. В среде руководящего состава формировать чувство личной ответственности за экономию государственных ресурсов за счет перехода на цифровую среду. Подавать пример

подчиненным, экономя расходные материалы и служебное время обрабатывая задачи в информационных системах, а не путем использования традиционных форм документооборота. Руководитель должен не только изучать новые технологии, но и выступать с предложениями по усовершенствованию и повышению производительности.

Подводя общий итог, следует отметить, что внедрение информационных технологий в сферу пожарной безопасности имеет широкие перспективы для развития и расширение областей применения. Переход к электронному документообороту, внедрение специализированных приложений уже показали свою эффективность, сделав пожарную охрану более профессиональной и отвечающей задачам техногенной цивилизации.

Литература

1. Фам К.Х., Соколов С.В. Пожарная обстановка во Вьетнаме за последние годы и меры по профилактике пожаров // Системы безопасности – 2020: материалы 29-й Междунар. науч.-техн. конф. М., 2020. С. 106–111.
2. Walker W., Chaiken J.M., Ignall E. Fire department deployment analysis: A Public Policy Analysis Case Study. North Holland, New York, 1979. 28 p.
3. Savas E.S. Simulations and Cost-Effectiveness Analysis of New York's Emergency Ambulance Service // Management Sci. 1969. Vol. 15. No. 12. p. 608–627.
4. Grace M. Carter. Simulation model of fire department operation: Program description – New York: Rand Corporation, 1974. 214 p.
5. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. М.: Мир, 1978. 420 с.
6. Отчет о деятельности пожарной безопасности и аварийно-спасательной работы в 2020 г. Ханой: Главное управление пожарной охраны и аварийно-спасательных служб Вьетнама, 2021. 26 с.
7. Циркуляр № 66/2014: Циркуляр – МОБ от 16 дек. 2014 г., в котором подробно изложены некоторые положения декрета № 79/2014/ Декрет Правительства от 31 июля 2014 г. Детализация реализации ряда статей Закона о пожарной безопасности и Закона о внесении изменений и дополнений в ряд статей закона о пожарной безопасности. Вьетнам: Министерство общественной безопасности, 2014.
8. Правительство (2014 г.), Указ № 79/2014/Декрет Правительства от 31 июля 2014 г., в котором подробно изложено выполнение ряда статей Закона о пожарной безопасности и Закона о внесении изменений и дополнений в ряд статей закона о пожарной безопасности. Национальное собрание (2001 г.), Закон о пожарной безопасности.
9. Отчет 14-го Национального собрания о надзоре за реализацией правовой политики в области пожарной безопасности. Ханой: Национальное собрание, 2020. 40 с.
10. Обобщенный отчет о 10 годах реализации Закона по пожарной безопасности (2010–2019 гг.) Правительства Социалистической Республики Вьетнам.

References

1. Fam K.H., Sokolov S.V. Pozharnaya obstanovka vo V'etname za poslednie gody i mery po profilaktike pozharov // Sistemy bezopasnosti – 2020: materialy 29-j Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. M., 2020. S. 106–111.
2. Walker W., Chaiken J.M., Ignall E. Fire department deployment analysis: A Public Policy Analysis Case Study. North Holland, New York, 1979. 28 p.
3. Savas E.S. Simulations and Cost-Effectiveness Analysis of New York's Emergency Ambulance Service // Management Sci. 1969. Vol. 15. No. 12. r. 608–627.
4. Grace M. Carter. Simulation model of fire department operation: Program description – New York: Rand Corporation, 1974. 214 r.
5. Shannon R. Imitacionnoe modelirovanie sistem – iskusstvo i nauka. M.: Mir, 1978. 420 s.
6. Otchet o deyatel'nosti pozharnoj bezopasnosti i avarijno-spasatel'noj raboty v 2020 g. Hanoj: Glavnoe upravlenie pozharnoj ohrany i avarijno-spasatel'nyh sluzhb V'etnama, 2021. 26 s.

7. Cirkulyar № 66/2014: Cirkulyar – MOB ot 16 dek. 2014 g., v kotorom podrobno izlozheny nekotorye polozheniya dekreta № 79/2014/ Dekret Pravitel'stva ot 31 iyulya 2014 g. Detalizaciya realizacii ryada statej Zakona o pozharnej bezopasnosti i Zakona o vnesenii izmenenij i dopolnenij v ryad statej zakona o pozharnej bezopasnosti. V'etnam: Ministerstvo obshchestvennoj bezopasnosti, 2014.

8. Pravitel'stvo (2014 g.), Ukaz № 79/2014/Dekret Pravitel'stva ot 31 iyulya 2014 g., v kotorom podrobno izlozhenno vypolnenie ryada statej Zakona o pozharnej bezopasnosti i Zakona o vnesenii izmenenij i dopolnenij v ryad statej zakona o pozharnej bezopasnosti. Nacional'noe sobranie (2001 g.), Zakon o pozharnej bezopasnosti.

9. Otchet 14-go Nacional'nogo sobraniya o nadzore za realizaciej pravovoj politiki v oblasti pozharnej bezopasnosti. Hanoj: Nacional'noe sobranie, 2020. 40 c.

10. Obobshchennyj otchet o 10 godah realizacii Zakona po pozharnej bezopasnosti (2010–2019 gg.) Pravitel'stva Socialisticheskoy Respubliki V'etnam.

УДК 004.021, 004.622

АЛГОРИТМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ИЗ ФОРМАТА ПОСТАВКИ В ФОРМАТЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

А.А. Горбунов, кандидат военных наук, доцент;

А.Ю. Пономорчук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Обоснована необходимость преобразования открытого формата цифровой карты местности в форматы представления (линейный, матричный, сетевой и контурный), которые необходимы для последующего использования цифровой карты местности при решении задач выбора местоположения элементов группировки ликвидации последствий чрезвычайной ситуации. Представлены алгоритмы преобразования картографической информации из открытого формата SFX в линейный и матричный форматы.

Ключевые слова: картографическая информация, цифровая карта местности, формат представления цифровой картографической информации, алгоритм преобразования картографической информации

ALGORITHMS FOR CONVERTING CARTOGRAPHIC INFORMATION FROM THE DELIVERY FORMAT TO DIGITAL CARTOGRAPHIC INFORMATION PRESENTATION FORMATS

A.A. Gorbunov; A.Yu. Ponomorchuk.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article substantiates the need to convert the open format of the digital map of the area into presentation formats (linear, matrix, network and contour), which are necessary for the subsequent use of the digital map of the area when solving the problems of selecting the location of the elements of the grouping of emergency response. Algorithms for converting map information from the open SFX format to linear and matrix formats are presented.

Keywords: cartographic information, digital map of the area, format of representation of digital cartographic information, algorithm of transformation of cartographic information.

При обеспечении эффективного функционирования Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций важное значение имеет поддержание в актуальном состоянии цифровой топографической основы, содержащей графическую и семантическую информацию об объектах [1, 2].

Данная информация представляется и хранится в различных форматах. В общем случае под форматом будем понимать спецификацию последовательности и видов представления элементов информации на носителе [3].

Наличие значительного числа различных специальных форматов делает задачу унификации использования актуальных данных (актуальной цифровой основы) весьма насущной. Унификация использования данных цифровых карт местности (ЦКМ) при выполнении с ними различных операций предусматривает представление этих данных на носителях информации в специальных форматах.

Несмотря на большое количество различных форматов, применяемых при формировании ЦКМ, в настоящее время остается актуальным вопрос преобразования

открытого формата SFX, являющегося фактически форматом обмена официальной картографической информации, в конкретный формат представления цифровой картографической информации [4, 5].

Преобразование ЦКМ в форматы представления (линейный, матричный, сетевой и контурный) необходимо для последующего использования ЦКМ SXF при решении задач выбора местоположения элементов группировки ликвидации последствий чрезвычайной ситуации (ЛПЧС).

Обычно для решения задачи выбора местоположения элементов группировки ЛПЧС требуется размер территории, превышающий размеры листа ЦКМ SXF. А листы ЦКМ SXF представляют собой несвязанные между собой отдельные файлы [2, 6–8].

Преобразование этих листов в линейный формат производится независимо друг от друга в отдельные файлы линейной ЦКМ.

В настоящей работе рассмотрим алгоритмы преобразования картографической информации из формата SFX в линейный и матричный форматы.

Алгоритм преобразования картографической информации из формата SXF в линейный формат представлен на рис. 1. Содержание алгоритма сводится к следующему.

В блоке 1 производится чтение паспортных данных ЦКМ SXF из файла, поставленного предприятием-изготовителем.

В блоке 2 на основании паспортных данных ЦКМ производится расчет угла поворота и масштабные коэффициенты системы координат Гаусса – Крюгера относительно системы координат прибора. Далее по масштабу карты, хранящемуся в ее паспорте, определяется погрешность представления координат, пересчитываются координаты в радианах отдельно по широте и долготе и заносятся в паспорт линейной ЦКМ.

В блоке 3 осуществляется чтение очередной записи данных картографического объекта ЦКМ.

В блоке 4 по классификационному коду записи проверяется, является ли запись данных наименованием другого картографического объекта. Если да, то управление передается в блок 9, в противном случае – в блок 5.

В блоке 5 по длине данных метрики записи проверяется наличие координат у объекта. Если длина данных метрики равна 0, то объект не имеет координат (например, запись данных, хранящая среднее сближение меридианов на листе карты), и управление передается блоку 7, в противном случае – блоку 6. Широта и долгота в радианах включаются в запись данных формируемой ЦКМ.

Кроме этого, если картографический объект линейный или площадной, то выполняются следующие вычисления:

- координаты объекта пересчитываются в геодезическую форму (широту и долготу в относительные единицы);
- формы данных координат оптимизируются;
- полученные целочисленные значения широты и долготы включаются в метрику записи данных формируемой ЦКМ;
- определяются предельные (максимальные и минимальные) значения координат объекта и заносятся в заголовок записи данных формируемой ЦКМ.

В блоке 7 осуществляется включение записи данных в формируемую линейную ЦКМ.

В блоке 8 проверяется наличие необработанных записей данных ЦКМ. Если таковые будут обнаружены, то управление передается блоку 3, в противном случае – алгоритм завершается.

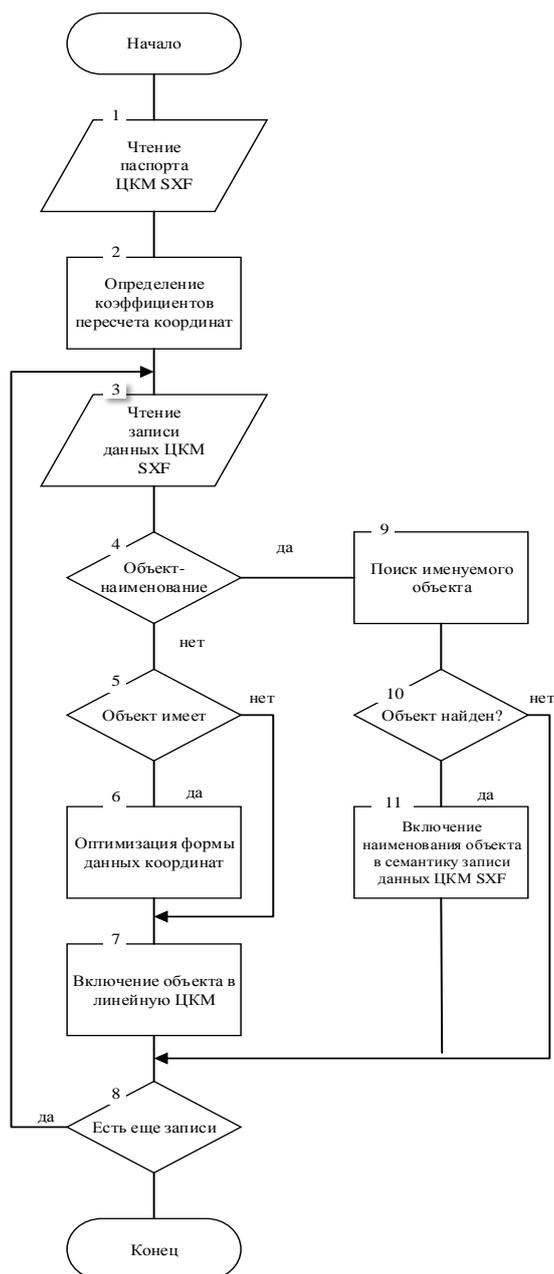


Рис. 1. Алгоритм преобразования цифровой картографической информации из формата SFX в линейный формат

В блоке 9 производится поиск картографического объекта среди ранее сформированных записей линейной ЦКИ, к которой относится наименование, хранящееся в текущей записи данных SXF. В формате SXF, в случае представления собственного наименования объекта в виде отдельной записи данных классификационного класса «надпись на карте», запись данных с наименованием будет следовать в файле ЦКМ после записи данных именуемого объекта.

Блок 10 проверяет, найден ли объект или именуемый объект уже существует, имеет данные о своем наименовании в характеристиках семантики, что возможно при наличии у объекта на карте нескольких надписей наименования (например, наименование реки). Поиск считается успешным, если именуемый объект найден. В этом случае управление передается к блоку 11, в противном случае – к блоку 8.

В блоке 11 осуществляется включение в качестве характеристики собственного наименования в семантику записи формируемой ЦКМ SXF.

На этом преобразование в линейный формат считается завершенным.

В то же время необходимо учитывать, что для решения задач выбора местоположения элементов группировки ЛПЧС целесообразно использовать ЦКМ матричного формата применения, формируемую в виде нескольких файлов на территорию. Исходная регулярная сетка координат матричной ЦКМ принимается параллельной системе координат Гаусса – Крюгера. Если описываемая территория занимает более одной зоны системы координат, то за основу принимается зона, в которой находится геометрический центр территории.

Алгоритм преобразования цифровой картографической информации из формата поставки в матричный формат представления приведен на рис. 2. Рассмотрим его работу.

В блоке 1 на всю описываемую территорию создается прямоугольная матрица данных участков и в типе поверхности для каждого участка устанавливается признак неопределенной высоты (значение 10 000). Выбирается шаг регулярной сетки, равный погрешности координат, используемых для формирования матрицы ЦКМ SXF.

В блоке 2 выполняется чтение очередного файла ЦКМ SXF, относящегося к описываемой территории.

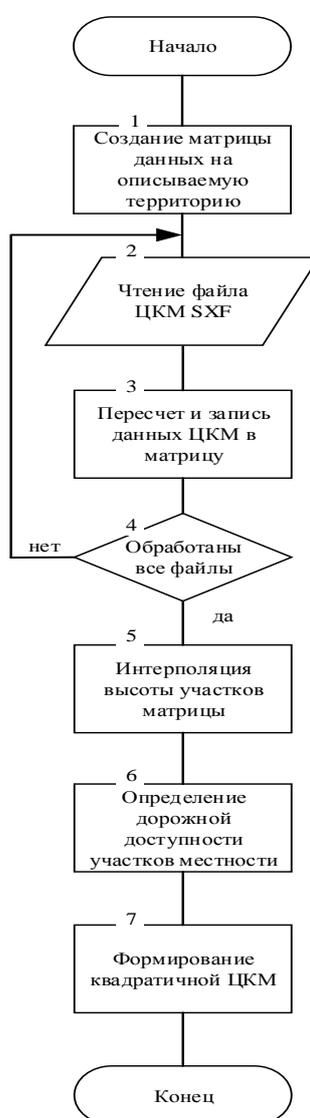


Рис. 2. Алгоритм преобразования цифровой картографической информации из формата поставки в матричный формат

В блоке 3 реализуются следующие действия:

- пересчитываются координаты всех объектов из системы координат приборов в систему координат Гаусса – Крюгера;
- производится пересчет координат, если текущий лист ЦКМ относится к зоне, отличной от принятой за основу;
- производится пересчет координат из системы Гаусса – Крюгера в систему координат матричной ЦКМ;
- производится поиск среди записей данных ЦКМ отметок уреза воды для всех площадных картографических объектов, описывающих водоемы, занимающих более одного участка матричной ЦКМ и не имеющих среди характеристик семантики значения абсолютной высоты уровня воды. Если отметка найдена, значение высоты поверхности воды принимается равной значению отметки, в противном случае – принимается равным значению ближайшей к контуру водоема горизонтали. Затем в участки, занимаемые водоемами, заносится абсолютная высота уровня воды;
- заносится в матрицу информация о высоте отметок рельефа и горизонталей (если на один участок местности приходится более одной отметки высоты или горизонтали, то ее значение принимается максимальным);
- для картографического объекта ЦКМ SXF «рамка карты» во всех участках матрицы применяется признак типа поверхности – «открытая поверхность»;
- в матрицу заносятся сведения о населенных пунктах, растительном покрове, водоемах, проходимости местности, дорожной сети, запрещенных зонах (путем установки соответствующих признаков в типе поверхности участков), а также сведения о высоте местных предметов из тех записей ЦКМ SXF, в семантике которых такая высота указана. Для объектов классов «населенный пункт», «лес», «кустарник» устанавливается высота местных предметов в зависимости от классификационного кода.

Блок 4 проверяет все ли файлы ЦКМ, относящиеся к рассматриваемой территории, обработаны. Если все, то управление передается в блок 5, в противном случае – в блок 2.

Блок 5 выполняет интерполяцию высоты участков матрицы, для которых в блоке 3 не была установлена высота рельефа местности (в значении высоты участка рельефа установлен признак «неопределенной высоты»).

Блок 6 устанавливает признак «дорожная доступность» всем участкам, на которые можно прибыть по дороге или по «открытой поверхности».

Блок 7 формирует квадратичную ЦКМ по данным сформированной матрицы.

Исходя из информационных потребностей задачи выбора местоположения элементов группировки ЛПЧС, определяющих необходимость обработки данных о дорожной сети используемой территории, необходимо также разработать алгоритм преобразования картографической информации из SFX формата в сетевой формат представления [7, 8].

Представленные алгоритмы преобразования цифровой картографической информации из формата SFX в форматы представления обеспечивают возможность эффективного решения задач выбора местоположения элементов группировки ЛПЧС, позволяют минимизировать объем геоинформации (с учетом требуемой точности представления) и ликвидировать значительную часть «нестыковок» формата SFX (например, осуществить «сшивку» дорог внутри населенных пунктов, на их пересечениях и на краях листов карты; однозначно описать перекрестки и т.д.).

Литература

1. Горбунов А.А., Пономорчук А.Ю., Фархатдинов Р.А. Построение ГИС-модели при планировании аварийно-спасательных работ // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 4. С. 48–51.
2. Щетка В.Ф., Сапелкин А.И. Применение ГИС-технологий и космических систем мониторинга при авариях на объектах нефтегазовой отрасли // Сервис безопасности

в России: опыт, проблемы, перспективы, современные методы и технологии предупреждения и профилактики возникновения чрезвычайных ситуаций: сб. трудов конф. СПб., 2019.

3. Чепелев О.А. Прикладное применение ГИС. Белгород: ИПК НИУ «БелГУ», 2011.

4. Каргашин П.Е. Основы цифровой картографии. М.: Изд.-торговая корпорация «Дашков и К», 2020.

5. Кашенко Н.А., Попов Е.В., Чечин А.В. Геоинформационные системы. Н.Новгород: ННГАСУ, 2012.

6. Щербakov В.М. Экспертно-оценочное ГИС. СПб.: Проспект Науки, 2017.

7. Щетка В.Ф., Сапелкин А.И., Корольков А.П. Анализ геоинформационных систем, применяемых в автоматизированной информационно-управляющей системе МЧС России // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2018.

8. Щетка В.Ф., Барина Ю.С. Метод выбора маршрута перемещения поисково-спасательных формирований // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2019: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН, 2019. С. 149–153.

References

1. Gorbunov A.A., Ponomorchuk A.Yu., Farhatdinov R.A. Postroenie GIS-modeli pri planirovanii avarijno-spasatel'nyh rabot // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2015. № 4. S. 48–51.

2. Shchetka V.F., Sapelkin A.I. Primenenie GIS-tekhnologij i kosmicheskikh sistem monitoringa pri avariayah na ob"ektah neftegazovoj otrasli // Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy, sovremennye metody i tekhnologii preduprezhdeniya i profilaktiki vozniknoveniya chrezvychajnyh situacij: sb. trudov konf. SPb., 2019.

3. Chepelev O.A. Prikladnoe primenenie GIS. Belgorod: IPK NIU «BelGU», 2011.

4. Kargashin P.E. Osnovy cifrovoj kartografii. M.: Izd.-torgovaya korporaciya «Dashkov i K», 2020.

5. Kashchenko N.A., Popov E.V., Chechin A.V. Geoinformacionnyye sistemy. N.Novgorod: NNGASU, 2012.

6. Shcherbakov V.M. Ekspertno-ocenochnoe GIS. SPb.: Prospekt Nauki, 2017.

7. Shchetka V.F., Sapelkin A.I., Korol'kov A.P. Analiz geoinformacionnyh sistem, primenyaemyh v avtomatizirovannoj informacionno-upravlyayushchej sisteme MCHS Rossii // Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij. 2018.

8. Shchetka V.F., Barinova Yu.S. Metod vybora marshruta peremeshcheniya poiskovo-spasatel'nyh formirovanij // Transport Rossii: problemy i perspektivy – 2019: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: Institut problem transporta im. N.S. Solomenko RAN, 2019. S. 149–153.

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 338.22

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ПОЗИЦИИ ИННОВАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ

**Э.В. Сычева, кандидат экономических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Экономическая безопасность является важнейшей составляющей национальной безопасности государства. В статье обозначена взаимосвязь экономической безопасности с инновационным развитием экономики. Раскрывается актуальность влияния инновационной активности на конкурентоспособность страны в условиях глобализации для обеспечения экономической безопасности. Дается сравнительный анализ уровня инновационного развития России и стран-лидеров в рейтинге Глобального инновационного индекса (ГИИ). Выделены сильные и слабые стороны факторов, влияющих на инновационное развитие, и являющихся угрозами экономической безопасности. Предлагаются рекомендации по повышению уровня инновационного развития и устранения угроз экономической безопасности.

Ключевые слова: экономическая безопасность, инновационное развитие, глобальный инновационный индекс, угрозы экономической безопасности

ECONOMIC SECURITY PROBLEMS FROM AN INNOVATIVE POSITION

E.V. Sycheva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Economic security is an essential component of the national security of the state. The article outlines the relationship of economic security with the innovative development of the economy. The relevance of the impact of innovation activity on the country's competitiveness in the face of globalization to ensure economic security is revealed. A comparative analysis of the level of innovation development of Russia and the leading countries in the Global Innovation Index (GII) ranking is given. The strengths and weaknesses of factors that influence innovation and are threats to economic security have been highlighted. Recommendations are offered to improve innovation and address threats to economic security.

Keywords: economic security, innovation, global innovation index, threats to economic security

Сущность национальной безопасности заключается в устранении угроз жизненно важным интересам государства. Национальная безопасность включает: военную безопасность, государственную безопасность, а также информационную, экологическую, транспортную, энергетическую, пожарную, личную и другие виды безопасности. Все они в той или иной степени не могут быть реализованы без экономического обеспечения. Поэтому экономическая безопасность является материальной базой национальной безопасности.

В числе основных направлений государственной политики в сфере обеспечения экономической безопасности Указом Президента Российской Федерации от 17 мая 2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» (раздел III, п. 15, п.п. 3) предусмотрено развитие инновационных технологий, оказывающих влияние на экономическую безопасность страны. Инновационные технологии являются одними из ключевых и наиболее перспективных сфер конкуренции за экономическое влияние между странами. Позиционирование страны как конкурентоспособной обеспечивает экономическую безопасность [1].

В настоящее время в условиях мирового кризиса и усиления экономических санкций против Российской Федерации со стороны США и Евросоюза инновационная направленность экономической политики государства приобретает первостепенное значение. Это объясняется тем, что достижения науки и технологий, как никогда ранее, определяют динамику экономического роста, уровень благосостояния населения, конкурентоспособность государств и степень обеспечения их национальной безопасности. С другой стороны, обеспечение экономической безопасности является основой устойчивого функционирования и развития. Таким образом, инновационное развитие и экономическая безопасность взаимосвязаны. Поэтому особенно актуальным становится исследование проблем обеспечения экономической безопасности с позиции инновационной активности.

Исследование занимаемой позиции России в сфере инноваций по сравнению с другими странами способствует принятию решений по управлению инновационной деятельностью в приоритетных для государства направлениях. Оценка уровня факторов инновационной активности во многом предопределяет уровень экономической безопасности и требует постоянного мониторинга и всестороннего анализа на основе показателей, которые используются при сравнении инновационных систем на мировом уровне для обеспечения экономической безопасности страны с учетом текущих глобальных изменений и для будущих прогнозов. В российской и международной практике существуют разные подходы, используемые для мониторинга динамики инновационного развития в условиях глобализации. Исходя из изучения имеющихся статистических источников, предлагается для проведения анализа воспользоваться показателями – индексами инновационного развития Global Innovation Index (GII) 2020. По мнению экспертов, GIИ представляет собой наиболее полный комплекс показателей для оценки эффективности инноваций в мировой экономике. Рейтинг GIИ составляет консорциум Корнельского университета (США), школы бизнеса INSEAD (Франция) и Всемирной организации интеллектуальной собственности WIPO (Швейцария) с 2007 г. От России в Консультативный совет GIИ входит и участвует в методологической поддержке исследования профессор Высшей школы экономики Леонид Гохберг. Рейтинг представляет комплексную систему учета не только научных достижений страны, но и влияние экономических и политических факторов на уровень и качество инновационного законодательства на условия ведения бизнеса и степень коррумпированности общества, на развитие науки и технологий [2].

Рейтинг GIИ-2020 охватывает 131 страну, которые в совокупности производят 97,4 % мирового ВВП. На территории этих стран проживает 93,5 % населения планеты [3]. GIИ включает индикаторы инновационной деятельности, которые сгруппированы по направлениям, охватывающим основные элементы национальной экономики. Общее количество баллов в рейтинге GIИ, полученных страной, определяется как среднее значение двух субиндексов: субиндекса ресурсов инноваций (институты, человеческий капитал и исследования, инфраструктура, развитие внутреннего рынка, развитие бизнеса) и субиндекса результатов инноваций, достигнутых в ходе внедрения (результаты развития технологий и экономики знаний, результаты креативной деятельности). Субиндекс ресурсов инноваций захватывает основные элементы национальной экономики, позволяющие осуществлять инновационную деятельность. Субиндекс результатов инноваций охватывает продукты инновационной деятельности. Концептуальная структура GIИ-2020 представлена на рис. 1.

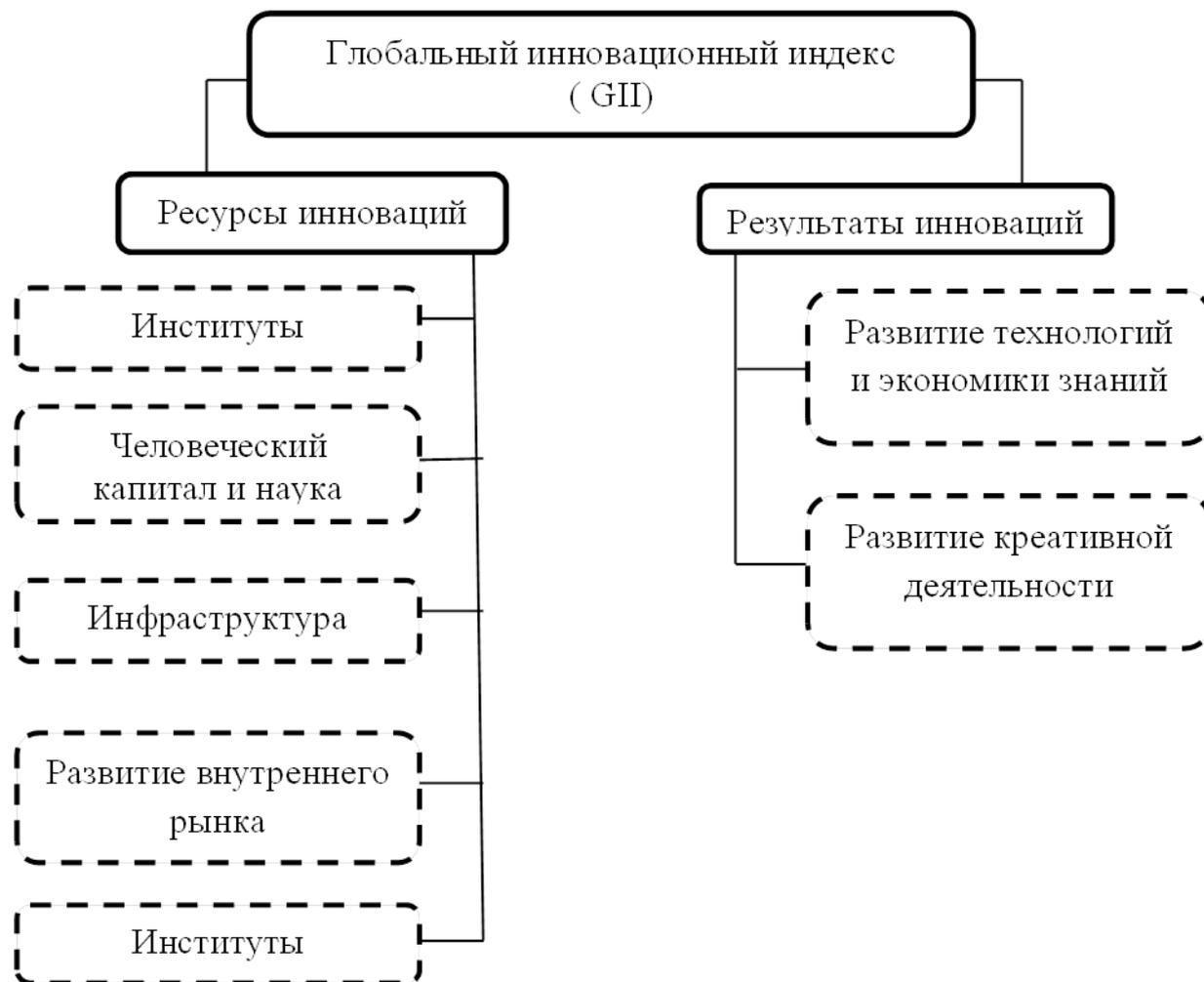


Рис. 1. Структура Глобального инновационного индекса

По результатам ГИИ в 2020 г. Россия занимала 47 место из 131. Исходя из глобализационных предпосылок и модернизационных возможностей, по мнению западных специалистов, российскую экономику можно соотнести к «догоняющей» модели [4]. Сравнительный анализ инновационного развития пяти стран-лидеров и России в системе ГИИ-2020 представлен на рис. 2.

Рейтинг ГИИ-2020 оценивает сильные и слабые стороны российской инновационной системы. Из 80 показателей ГИИ-2020 у России обозначены 14 позиций сильных сторон и 12 позиций слабых сторон (табл. 1, 2).

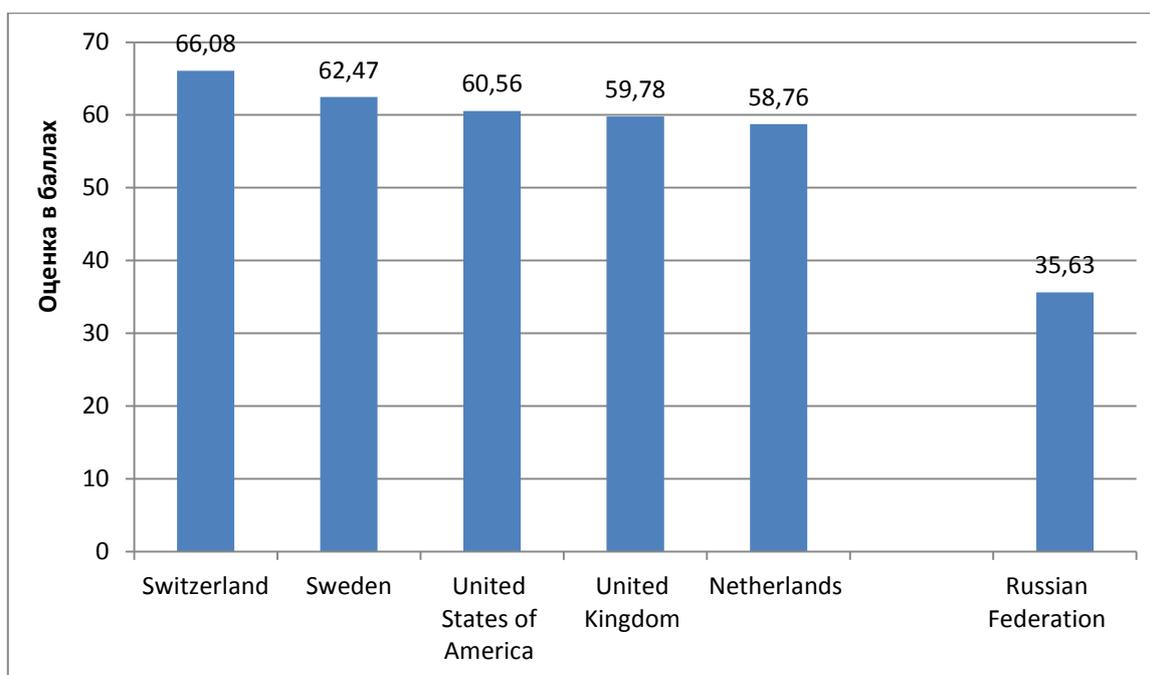


Рис. 2. Положение России и стран-лидеров в системе ГИ-2020 [3]

Таблица 1. Сильные стороны экономики России в системе ГИ-2020

Показатели по направлениям	Место в рейтинге
2. Человеческий капитал и исследования	
Оценка качества образования (PISA) в математике, естественных науках	31
Соотношение ученик-учитель, среднее	19
Высшее образование	17
Набор третьего уровня образования	17
Выпускники инженерных и научных специальностей	15
Качество научных и научно-исследовательских институтов, измеряемое средним баллом трех ведущих университетов	21
4. Развитость рынка	
Торговля, конкуренция и рыночный масштаб	18
Масштаб внутреннего рынка	6
5. Развитость бизнеса	
Общий охват населения высшим образованием	18
Занятость женщин, имеющих высшее образование	10
Платежи за интеллектуальную собственность	17
6. Результаты развития технологий и экономики знаний	
Количество патентных заявок на изобретения	17
Количество патентных заявок на полезные модели	9
Индекс Хирша, отражающий качество научных публикаций	22

Среди наилучших результатов можно выделить такие показатели, как: развитость внутреннего рынка – 6 место, количество патентных заявок на полезные модели – 9 место, занятость женщин, имеющих высшее образование – 10 место и количество выпускников инженерных и научных специальностей – 15 место.

Таблица 2. Слабые стороны экономики России в системе ГИ-2020

Показатели	Место в рейтинге
1. Институты	
Качество регулирования	105
Верховенство закона	114
3. Инфраструктура	
Экологическая устойчивость	100
ВВП на единицу использования энергии	115
Количество сертификатов соответствия стандарту ISO 14001 по системам экологического менеджмента	106
4. Развитость рынка	
Микрофинансовые валовые кредиты	77
Инвестиции	106
5. Развитость бизнеса	
Фирмы, предлагающие формальное обучение	91
Состояние кластерного развития	95
6. Результаты развития технологий и экономики знаний	
Уровень соответствия систем управления качеством стандарту ИСО 9001-111	105
7. Результаты креативной деятельности	
Национальные художественные фильмы	81
Печать и другие средства массовой информации	76

Указанные в табл. 2 слабые стороны позволяют сделать вывод о низкой эффективности инновационных результатов и задуматься о причинах такого положения и рисках по обеспечению экономической безопасности. По целому ряду позиций, влияющих на общую оценку инновационной деятельности, Россия показывает результат во второй сотне: по направлению нормативной правовой базы показателю «качество регулирования» – 105 место, а верховенство закона – 114 место. Поэтому необходимо активизировать инновационную деятельность, приняв во внимание законодательные и нормативные правовые документы, регулирующие и стимулирующие инновационную деятельность.

Очень плохие показатели по направлению инфраструктуры: по ВВП на единицу использования энергии – 115 место, по экологической устойчивости и соответствии стандарту ISO 14001, по системам экологического менеджмента – соответственно 100 и 106 места.

Наглядное сопоставление по всем направлениям инновационного развития России и Швейцарии – лидера в системе ГИ-2020 представлено на рис. 3.

Как видно по рис. 3, Россия значительно отстает по направлению результатов развития технологий и экономики знаний и результатов креативной деятельности. Развитие экономики знаний неразрывно связано с развитием инновационно-коммуникационных цифровых технологий [5]. Внедрение информационно-коммуникационных технологий затрагивает все сферы человеческой деятельности и приводит к значительным изменениям не только глобального рынка, современного промышленного производства, экономики, но и сферы образования и развития общества [6]. Страны, способные адаптировать свою образовательную систему к новым потребностям, значительно укрепят свои экономические позиции и тем самым экономическую безопасность [7]. В XXI в. главными компетенциями становятся умения и навыки инновационного, креативного мышления [8]. По мере прогресса новых технологий происходит рост творческих функций, в связи с чем необходима подготовка специалистов, обладающих принципиально новыми компетенциями, связанными с развитием и реализацией творческого креативного потенциала [9].

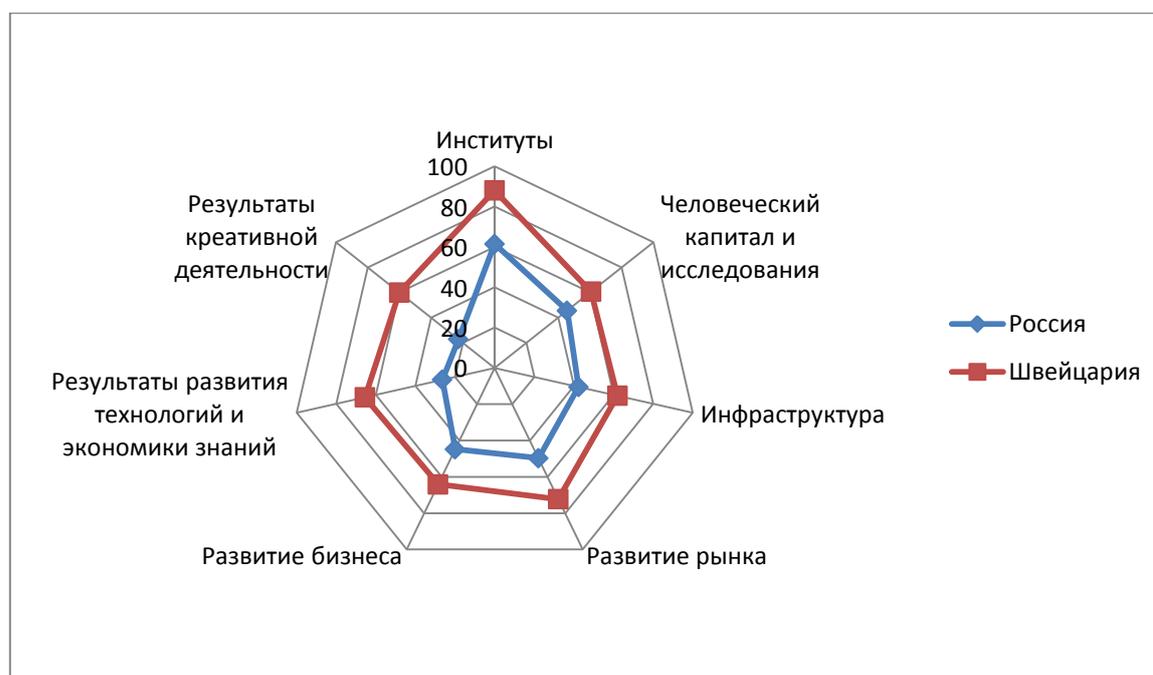


Рис. 3. Сравнительный анализ направлений инновационного развития России и лидера в системе ГИ-2020 Швейцарии

Перечисленные недостатки позволяют сделать выводы о низкой эффективности использования имеющихся ресурсов, влияющих на результаты инновационного развития, что существенно создает проблемы экономического развития, конкурентоспособности страны в условиях глобализации и обеспечения экономической безопасности. Это означает, что для поддержания конкурентоспособности на мировом уровне необходимы постоянные инвестиции в научно-исследовательские учреждения, способные генерировать базовые знания, необходимые для усиления науки, научных исследований и технологических разработок [10].

Таким образом, результаты проведенного исследования позволяют оценить текущее состояние инновационного развития Российской Федерации и выявить слабые стороны, создающие угрозу экономической безопасности по сравнению с другими странами. Обращение к опыту государств-лидеров в этой области определяет ориентиры для организации инновационной деятельности, проблемы дальнейшего развития для поддержания конкурентоспособности на мировом уровне и обеспечения экономической безопасности. Поэтому необходимо активизировать инновационную деятельность, приняв во внимание всестороннее научное осмысление для реализации научных рекомендаций.

Литература

1. Zhulega I., Sycheva E., Samoylov A. The Use of Innovative Technologies to Ensure Economic Security of the Russia in the Context of Globalization // Proceedings of the 20th International Scientific Conference Globalization and its Socio-Economic Consequences. URL: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219204024> (дата обращения: 25.02.2021).
2. Мячин Д.А., Мусиенко Т.В., Лукин В.Н. Управление экономикой знаний и инновации // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 2. С. 128–136.
3. Global Innovation Index 2020. URL: <https://www.globalinnovationindex.org> (дата обращения: 23.03.2021).
4. Armin F., Becker A., Dohmen T., Enke B. and Huffman D. Uwe Sunde Global Evidence on Economic Preferences // The Quarterly Journal of Economics, Uwe Sunde Global Evidence on Economic Preferences. 2018. Vol. 133. Issue 4. 1 November. P. 1645–1692.

5. Sycheva E., Budagov A., Novikov A. Urban infrastructure development in a global knowledge-based economy // Shs web of conferences Collection of Materials of the 19th International scientific conference. University of Zilina. 2020. С. 03013.

6. Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития / А.В. Бабкин [и др.] // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10. № 3. С. 9–25. DOI: 10.18721/JE.10301.

7. Сычева Э.В. Тенденции инновационного развития сферы образования // Образование и проблемы развития общества. 2020. № 1 (10). С. 192–197.

8. Stepanov A., Veselovsky M., Suglobov A., Abrashkin M., Khoroshavina N. Managing Russian Science-Intensive Enterprises in the Emerging New Technological Paradigm // International Review of Management and Marketing. <http://www.econjournals.com> International Review of Management and Marketing. 2016. 6 (S5). P. 16–22.

9. Бодрунов С.Д. Ноономика: траектория глобальной трансформации: монография. М.: ИНИР; Культурная революция, 2020. 224 с.

10. Franzi, S. The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization // Journal of Politics. 2018. Vol. 80. № 1. pp. 23–24.

References

1. Zhulega I., Sycheva E., Samoylov A. The Use of Innovative Technologies to Ensure Economic Security of the Russia in the Context of Globalization // Proceedings of the 20th International Scientific Conference Globalization and its Socio-Economic Consequences. URL: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219204024> (data obrashcheniya: 25.02.2021).

2. Myachin D.A., Musienko T.V., Lukin V.N. Upravlenie ekonomikoj znaniy i innovacii // auch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 2. S. 128–136.

3. Global Innovation Index 2020. URL: <https://www.globalinnovationindex.org> (data obrashcheniya: 23.03.2021).

4. Armin F., Becker A., Dohmen T., Enke B. and Huffman D Uwe Sunde Global Evidence on Economic Preferences // The Quarterly Journal of Economics, Uwe Sunde Global Evidence on Economic Preferences. 2018. Vol. 133. Issue 4. 1 November. P. 1645–1692.

5. Sycheva E., Budagov A., Novikov A. Urban infrastructure development in a global knowledge-based economy // Shs web of conferences Collection of Materials of the 19th International scientific conference. University of Zilina. 2020. S. 03013.

6. Babkin A.V., Burkal'ceva D.D., Kosten' D.G., Vorob'ev Yu.N. Formirovanie cifrovoj ekonomiki v Rossii: sushchnost', osobennosti, tekhnicheskaya normalizaciya, problemy razvitiya // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Ekonomicheskie nauki. 2017. Т. 10. № 3. S. 9–25. DOI: 10.18721/JE.10301.

7. Sycheva E.V. Tendencii innovacionnogo razvitiya sfery obrazovaniya // Obrazovanie i problemy razvitiya obshchestva. 2020. № 1 (10). S. 192–197.

8. Stepanov A., Veselovsky M., Suglobov A., Abrashkin M., Khoroshavina N. Managing Russian Science-Intensive Enterprises in the Emerging New Technological Paradigm // International Review of Management and Marketing. <http://www.econjournals.com> International Review of Management and Marketing. 2016. 6 (S5). P. 16–22.

9. Bodrunov S.D. Noonomika: traektoriya global'noj transformacii: monografiya. М.: INIR; Kul'turnaya revolyuciya, 2020. 224 s.

10. Franzi, S. The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization // Journal of Politics. 2018. Vol. 80. № 1. pp. 23–24.

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ МЧС РОССИИ К УСЛОВИЯМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 37.026.1

МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ ИГРОВОГО ЗАНЯТИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ УНИВЕРСИТЕ ГПС МЧС РОССИИ

А.А. Грешных, доктор педагогических наук, кандидат юридических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;
Н.С. Августинова;

Ю.В. Рева, кандидат военных наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрено игровое занятие как вид учебных игр и приведена последовательность действий при подготовке и проведении такого вида занятия в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России. Показаны два основных этапа проведения игрового занятия, соответствующая роль преподавателя, роль старшего группы, а также каждого обучающегося в ходе проведения занятия. Раскрыто требование к уровню теоретической и практической подготовленности самого преподавателя, также дан ряд рекомендаций из опыта проведения таких занятий на кафедре сервис безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Ключевые слова: образовательный процесс, подготовка специалистов, игровые занятия, преподавательский состав, игровое проектирование, имитационное упражнение, поощрительные и штрафные баллы, научное творчество

METHODS OF PREPARING AND CONDUCTING GAME CLASSES IN SAINT-PETERSBURG UNIVERSITY OF STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA

A.A. Greshnykh; N.S. Augustinova; Yu.V. Reva.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Gaming activity is considered as a form of educational games and the procedure for the preparation and conduct of such classes at the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia. It shows two main stages of the game lesson, the corresponding role of the teacher, the role of the senior group, as well as each student during the lesson. Solved required level of theoretical and practical readiness of the teacher also gave a number of recommendations from the experience of these classes at the Department of security service of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

Keywords: educational process, training of specialists, game classes, teaching staff, game design, simulation exercise, incentive and penalty points, scientific creativity

Игровые занятия представляют собой один из видов учебных игр, используемых в образовательном процессе Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России для выработки у обучающихся практических навыков, проверки усвоения ими теоретического материала, развития творчества, инициативы и других качеств, необходимых командиру, начальнику, специалисту пожарного профиля. Наряду с игровыми занятиями, к учебным играм относятся: деловые игры, игровое проектирование и имитационные упражнения. Каждый из видов учебных игр обладает специфическими особенностями методики подготовки и проведения в рамках учебных занятий. Деловая игра предусматривает распределение обучающихся по функциональным должностям (ролям) и проводится в определенной последовательности. Игровое проектирование применяется для решения обучающимися поставленной задачи и предусматривает взаимное рецензирование решений, их защиту и коллективное обсуждение. Имитационное упражнение применяется для обработки практических навыков у обучающихся по вводным, задаваемым преподавателем.

Игровое занятие предусматривает разделение обучающихся на три группы, поочередно выполняющие роли формулирования контрольных вопросов, ответа на поставленные вопросы и рецензирования вопросов и ответов. Опыт проведения игровых занятий в университете показывает, что наиболее удобно их проводить в учебных группах численностью до 25 человек [1].

Во вступительной части игрового занятия преподаватель, определив тему и цель занятия, доводит до обучающихся методику его проведения и делит всю учебную работу на три группы по 6–8 человек, назначив старшего в них.

На первом этапе занятия каждая группа на листе установленной формы формулирует определенное количество контрольных вопросов (2–3 вопроса). На это отводится не более 15–20 минут времени. Преподаватель может разрешить обучающимся пользоваться как конспектами лекций, так и любой другой литературой по теме занятия. По истечении определенного времени по команде преподавателя группы обмениваются листами. Схема обмена может быть любой, но наиболее удобная – по кругу, например, по часовой стрелке [2].

Теперь каждая группа за отведенные 15–20 минут должна ответить на вопросы, сформулированные другой группой. Преподаватель может также разрешить использование учебной литературы. По истечении отведенного времени производится еще один обмен листками по той же схеме. В результате этого обмена каждая их групп получает листки с вопросами и ответами, сформулированными другими группами. Теперь каждая группа должна за отведенные 15–20 минут сделать рецензию и оценить каждый вопрос и ответ [3].

На втором этапе занятия производится коллективное обсуждение вопросов, ответов на них и полученных рецензий. Для этого по команде преподавателя поочередно, начиная с первой группы, старшие групп зачитывают из имеющегося у этой группы листка каждый вопрос, ответ на него, свою рецензию на них и их оценку. После выступления старшего группы заслушивается мнение о полученных рецензиях и оценках старших других групп. Таким же образом заслушиваются рецензии и оценки второй и третьей групп. В случае если одна из групп не согласна с полученными рецензиями или оценками, преподаватель должен высказать свою позицию для предотвращения конфликтной ситуации [4].

В заключительной части занятия преподаватель подводит итоги работы учебной группы в целом и каждой из групп обучающихся в отдельности. Для этого преподавателем заранее разрабатывается определенная методика оценки деятельности групп. В ее основе лежат оценки, поставленные обучающимися друг другу в рецензиях по каждому вопросу и ответу. Дополнительно к этим оценкам рекомендуется использовать поощрительные и штрафные баллы. Они выставляются за использование дополнительной литературы, оригинальность вопроса, глубину ответа, находчивость, проявленную при ответе на вопрос и т.д. Оценки, определенные преподавателем, могут быть выставлены в классный журнал. Опыт проведения игровых занятий показал, что выставление оценок в журнал не всегда целесообразно. Во-первых, основной целью игрового занятия является

стимулирование активной работы обучающихся, развитие интереса к рассматриваемым вопросам. Оценка в классном журнале является лишь формальным отражением деятельности обучающегося на занятии. Она, по наблюдениям авторов, приводит, в свою очередь, к последующей формализации самой деятельности обучающихся, к потере ими игрового настроения. Более того, на следующих игровых занятиях обучающиеся, зная, что в основе оценки преподавателя лежат их оценки, зачастую произвольно или непроизвольно завышают их. Во-вторых, при рассмотренной методике проведения игрового занятия обучающиеся работают сообща, результатом их деятельности является коллективный труд. Очевидно, что вклад каждого обучающегося в полученный результат различен. Поэтому определение оценки отдельного обучающегося является достаточно сложным делом. Авторы пробовали по-разному. Одним из вариантов является следующий: преподаватель выставлял оценку группе, а старший этой группы, в свою очередь, ставил оценки каждому обучающемуся его группы. Однако этот вариант не прижился. В основу другого варианта положили оценку степени участия каждого обучающегося группы в работе над вопросом, ответом и рецензией. Здесь обучающиеся как бы набирают очки, которые затем учитываются при подведении итогов. Такая методика является достаточно интересной и, на взгляд авторов, жизнеспособной, однако ее недостаток – сравнительно большая сложность. Опыт реализации этой методики показал, что она интересна настолько, что зачастую, затеняет основную идею собственно игрового занятия [5].

Поэтому при подведении итогов игрового занятия целесообразно детально с помощью системы дополнительных баллов оценить каждый вопрос, ответ и рецензию. Далее следует суммировать баллы, набранные каждой группой, и по их количеству определить место каждой группы, как в спорте. Оценки при этом в классный журнал не выставляются. Опыт показывает, что отсутствие оценки в журнале в данном случае компенсируется появлением спортивного азарта и желанием обучающегося проявить себя на следующем занятии в глазах своих товарищей, оценка которых зачастую значительно важнее оценки преподавателя [6].

К какому виду занятий относится игровое занятие? Оно наиболее удачно вписывается в рамки семинарского занятия. Но его можно применять и в других видах занятий, таких как практическое, групповое занятие или групповое упражнение. Однако в этих видах игровое занятие может быть лишь непродолжительным фрагментом всего занятия. Здесь могут быть удобны другие виды учебных игр. Напротив, игровая форма проведения семинара зачастую оказывается более предпочтительной, чем традиционная. Это вызвано рядом причин: во-первых, в игровом занятии принимают участие все без исключения обучающиеся на протяжении всего занятия, во-вторых, их активность, как показывает опыт, значительно выше, чем при традиционной форме семинарского занятия, в-третьих, в игровом занятии используется переключение ролей, выполняемых обучающимися в рамках рассмотрения одной и той же темы, и последнее, обычно на семинарское занятие выносятся для обсуждения 2–4 вопроса. На игровом занятии число обсуждаемых вопросов не менее 6–9. Вопросы, формулируемые обучающимися, обычно не предусматривают наличие готового, рассмотренного на лекции ответа [7].

Однако увлекаться игровыми занятиями нельзя. Эта форма хороша только тогда, когда воспринимается обучающимися как действительно игровое занятие, как возможность отвлечься от традиционных форм занятий. Кроме того, опыт показывает, что игровое занятие не следует проводить, если, во-первых, тема семинарского занятия содержит сложный или большой по объему материал, требующий расстановки преподавателем определенных акцентов, совместного обсуждения ряда вопросов с необходимыми разъяснениями, и, во-вторых, если вопросы семинарского занятия носят проблемный характер, требующий выработки подходов и единства взглядов на решение стоящих проблем. Можно так условно определить возможность и необходимость проведения игрового занятия – его целесообразно проводить тогда, когда традиционная форма скучна уже не только обучающимся, но и преподавателю.

Существуют особенности и при подготовке к игровому занятию. Например, на кафедре сервис безопасности университета не сложилось единства взглядов на способ подготовки обучающихся к игровому занятию [8].

Существует два мнения: первое – ни в коем случае не предупреждать обучающихся о проведении занятия в игровой форме. В данном случае присутствуют два положительных момента: обучающиеся добросовестно готовятся к выступлениям по заранее распределенным между собой вопросам (вряд ли стоит доказывать, что так поступают обучающиеся практически всех групп), а в ходе игрового занятия они уже избегают задавать друг другу вопросы, вынесенные на семинар. Второе мнение по форме организации подготовки обучающихся состоит в необходимости предупредить их о проведении игрового занятия. Такой подход дает положительный результат, если преподаватель предполагает, что в ином случае обучающиеся будут использовать только материал, рассмотренный в ходе лекционных занятий, не используя дополнительной литературы. Предупреждение позволит обучающимся сориентироваться в большом объеме литературы, подготовить ряд вопросов, содержащих новизну и определенную «изюминку». Однако в данном случае необходимо, чтобы группа уже имела опыт проведения игровых занятий, ей нравилась такая форма занятий, и в группе имелся бы соответствующий настрой на проведение такого вида занятия [9].

Подготовка преподавателя к игровому занятию практически не отличается от подготовки к традиционному семинарскому занятию. Особенностью является то, что в ходе игрового занятия на обсуждение могут быть вынесены самые неожиданные вопросы, которые преподаватель должен быстро оценивать и, если это необходимо, выступить в роли арбитра. Поэтому требование к уровню теоретической и практической подготовленности преподавателя в данном случае выше, чем при проведении семинарского занятия в традиционной форме. Кроме того, при подготовке к занятию преподаватель помимо подготовки листков, которыми будут пользоваться обучающиеся, должен тщательно продумать систему поощрительных и штрафных баллов, которая, в конечном счете, определит отношение обучающихся данной группы к игровым занятиям, потому что именно здесь преподаватель определяет систему приоритетов.

И последнее. Прежде чем планировать проведение игрового занятия, рекомендуем посетить аналогичное занятие, проводимое одним из коллег. Это позволит избежать ряда ошибок и приобрести необходимую уверенность [10].

Таким образом, опыт проведения игровых занятий с обучающимися позволяет сделать ряд выводов:

1. Игровое занятие как другие виды учебных игр является эффективным средством обучения и воспитания обучающихся. Оно применимо как форма семинарского занятия.

2. Особенности подготовки и проведения игровых занятий определяются характером изучаемого материала, темой занятия и составом учебной группы. Не следует прибегать к игровой форме проведения занятия слишком часто и для любого без исключения семинарского занятия.

3. Методика проведения игровых занятий с обучающимися Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России нуждается в дальнейшем совершенствовании.

Литература

1. Латышев О.М., Троянов О.М., Рева Ю.В. Основные направления оптимизации процесса обучения в высшей школе // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 3. С. 97–108.

2. Грешных А.А., Рева Ю.В. Применение методов проблемного обучения в преподавании учебных дисциплин // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 4. С. 207–210.

3. Рева Ю.В. Методика подготовки и проведения семинарского занятия // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. 2018. № 4 (42). С. 41–48.

4. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Современные альтернативные подходы обучения в сравнении с традиционными // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. 2017. № 4 (37). С. 46–50.

5. Kahveci A. Assessing high school students' attitudes toward chemistry with a shortened semantic differential // Chemistry Education Research and Practice. 2015. № 16. P. 283–292.

6. Пермяков А.А., Подмарков В.В. Организация курсового проектирования в пожарно-технических вузах на основе использования учебно-деловых игр // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 3 (31). С. 102–111.

7. Медведева Л.В., Пермяков А.А., Кузьмин А.А. Педагогическая модель курсового проектирования на дидактической основе деловой игры // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 2. С. 127–131.

8. Митина Н.А., Нуржанова Т.Т. Современные педагогические технологии в образовательном процессе высшей школы // Молодой ученый. 2013. № 1. С. 345–349.

9. Андриянец Я.А., Малыгина Е.А. Теоретические аспекты развития коммуникативной компетентности у курсантов в процессе профессиональной подготовки // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 4 (28). С. 119–123.

10. Болотин А.Э., Васильева В.С. Педагогическая модель профессиональной подготовки специалистов по защите в чрезвычайных ситуациях в вузе, с использованием служебной деятельности в добровольных пожарных командах // Ученые записки Ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2013. № 2 (96). С. 14–19.

References

1. Latyshev O.M., Troyanov O.M., Reva Yu.V. Osnovnye napravleniya optimizacii processa obucheniya v vysshej shkole // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 3. S. 97–108.

2. Greshnyh A.A., Reva Yu.V. Primenenie metodov problemnogo obucheniya v prepodavanii uchebnyh disciplin // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 4. S. 207–210.

3. Reva Yu.V. Metodika podgotovki i provedeniya seminarskogo zanyatiya // Psihologo-pedagogicheskie problemy bezopasnosti cheloveka i obshchestva. 2018. № 4 (42). S. 41–48.

4. Skripnik I.L., Voronin S.V. Sovremennye al'ternativnye podhody obucheniya v sravnenii s tradicionnymi // Psihologo-pedagogicheskie problemy bezopasnosti cheloveka i obshchestva. 2017. № 4 (37). S. 46–50.

5. Kahveci A. Assessing high school students' attitudes toward chemistry with a shortened semantic differential // Chemistry Education Research and Practice. 2015. № 16. P. 283–292.

6. Permyakov A.A., Podmarkov V.V. Organizaciya kursovogo proektirovaniya v pozharno-tehnicheskikh vuzah na osnove ispol'zovaniya uchebno-delovyh igr // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2014. № 3 (31). S. 102–111.

7. Medvedeva L.V., Permyakov A.A., Kuz'min A.A. Pedagogicheskaya model' kursovogo proektirovaniya na didakticheskoy osnove delovoy igry // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2016. № 2. S. 127–131.

8. Mitina N.A., Nurzhanova T.T. Sovremennye pedagogicheskie tekhnologii v obrazovatel'nom processe vysshej shkoly // Molodoj uchenyj. 2013. № 1. S. 345–349.

9. Andriyanc Ya.A., Malygina E.A. Teoreticheskie aspekty razvitiya kommunikativnoj kompetentnosti u kursantov v processe professional'noj podgotovki // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2013. № 4 (28). S. 119–123.

10. Bolotin A.E., Vasil'eva V.S. Pedagogicheskaya model' professional'noj podgotovki specialistov po zashchite v chrezvychajnyh situacijah v vuze, s ispol'zovaniem sluzhebnoj deyatel'nosti v dobrovol'nyh pozharnyh komandah // Uchenye zapiski Un-ta im. P.F. Lesgafta. 2013. № 2 (96). S. 14–19.

УДК 378:372.8

АНАЛИЗ ОПЫТА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Проведен анализ передового опыта создания условий для развития интеллектуальных функций обучающихся в высшей школе путем повышения качества подачи визуальной информации, проектирования систем образовательной информации на основе модульных курсов и построения пространственно-временной когнитивной модели развития специалиста.

Ключевые слова: субъект познания, интеллектуальные функции, высшие психические процессы, визуальная информация, дидактический фрейм, пространственно-временная когнитивная модель

ANALYSIS OF THE INFORMATION SUPPORT EXPERIENCE OF HIGHER SCHOOL STUDENTS INTELLECTUAL FUNCTIONS DEVELOPMENT

L.V. Medvedeva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

There is the analysis of the best practices of creating conditions for the higher school students intellectual functions development by improving quality of visual information presentation, designing educational information systems based on modular courses and building a spatio-temporal cognitive model of specialist development in the article.

Keywords: subject of cognition, intellectual functions, higher mental processes, visual information, didactic frame, spatio-temporal cognitive model

В настоящее время эмпирически доказано, что развитие интеллектуальных функций субъекта познания взаимосвязано с развитием высших психических процессов [1, 2]:

- памяти как мнемонической функции, от которой зависит эффективность процессов запоминания, хранения и воспроизведения учебной информации;
- внимания, которое регулирует постепенное развертывание умственных процессов и способствует наибольшей эффективности познавательной деятельности;
- мышления, которое выполняет функцию переработки и преобразования получаемой извне информации, связывая субъект познания с реальным физико-биологическим миром.

Независимо от профиля высшей школы инвариантными условиями достижения положительной динамики развития высших психических процессов в образовательной среде являются активная интеллектуальная деятельность субъектов познания и их личная заинтересованность в получении продуктивных результатов.

В научных исследованиях ведущих ученых выявлено, что в условиях творческой переработки учебной информации одновременно активизируются все психические процессы, а мышление приобретает признаки творческого мышления: цельность и объемность восприятия; оригинальность и гибкость, конвергентность и дивергентность мышления; способность к генерированию идей, прогнозированию и т.д. [3].

Творческое мышление проявляется в способности субъекта познания выполнять в ходе решения задачи (проблемы) рациональные и иррациональные мыслительные операции: «видение» проблемы, постановка задачи исследования, выдвижение рабочих гипотез, генерация идей поиска оптимального решения в лабиринте возможностей, рефлексия и саморефлексия.

Таким образом, творческое мышление связывают не столько с поиском оригинального решения сформулированной ранее задачи, сколько со способностью субъекта познания самостоятельно сформулировать проблему и самостоятельно в лабиринте возможностей найти оптимальное решение. В поисках оптимального решения проблемы обучающийся осуществляет самостоятельно два перехода: от фактов к построению абстрактной модели явления (от конкретного к абстрактному) и от теоретического предвидения определенных закономерностей явления к его экспериментальной проверке (от абстрактного к конкретному). Именно в процессе этих переходов обучающийся становится субъектом учения, который повторяет путь ученого к открытию или изобретению [3, 4].

В поиске способов включения субъектов познания в процесс активной интеллектуальной деятельности преподаватель должен считаться с тем, что каждому обучающемуся индивидуально присущи [2]:

- четыре вида памяти: словесно-логическая память на последовательность, схему, логику материала, устную и письменную речь; образная память на внешние признаки (зрительные, слуховые и др.); двигательная память на расположение и порядок информации; эмоциональная память на переживания;

- внимание, которое выполняет регулирующую функцию в системе накопления и преобразования учебной информации, в определенной степени выражает интересы и направленность личности, а основными характеристиками внимания являются объем, устойчивость, концентрация, распределение и избирательная целенаправленность психической деятельности;

- три вида мышления (предметное (наглядно-действенное), наглядно-образное и вербально-логическое (понятийное), которые связаны с комбинаторикой функций мозга и различаются в соответствии с теми объектами (реальные предметы, образы или знаки), оперирование которыми составляет содержание мышления. В наглядно-образном мышлении происходит оперирование образами (разной степени сложности), в вербально-логическом мышлении происходит оперирование понятиями, знаками, символами, а в наглядно-действенном (предметном (практическом) мышлении действие в наглядно-действенной ситуации служит средством выражения мысли.

В работах [1, 2, 5] эмпирически доказано, что развитие высших психических процессов имеет свои возрастные особенности, а в учебной работе с взрослыми обучающимися для установления устойчивых связей между образными и вербально-логическими компонентами мышления, между механической и смысловой памятью преподавателю необходимо разнообразить использование средств наглядности, сочетая изображение, схемы и графики с натуральными объектами.

Устойчивые связи между видами и компонентами мышления обуславливают развитие важнейшего механизма мышления – мыслительных операций, на основе которых формируются приемы кодирования и декодирования информации. При кодировании происходит перевод образов в систему знаков, а при декодировании – системы знаков в образы. Возможны переходы с одной системы знаков в другую, например, с математических знаков в графические и т.д. [6].

Следует особенно подчеркнуть особую значимость внимания как психического процесса, которую сформулировал М.Н. Скаткин: «Внимание создает опорные пункты (доминанту) потока информации. Циклы занятий формируют динамический стереотип. Когда образовалась доминанта, укрепился динамический стереотип, тогда наступает

состояние эмоционального подъема учащихся. Состояние эмоционального подъема связано с повышением интереса к работе» [7, с. 294].

С этих позиций можно сделать вывод о том, что внимание, выполняя регулирующую функцию в системе накопления и преобразования учебной информации, обуславливает формирование интереса к интеллектуальному труду, а при его профессиональной ориентации – интереса к профессии.

Следует отметить, что в настоящее время разработка информационного обеспечения развития интеллектуальных функций человека, основанная на грамотном использовании современных компьютерных средств с целью обеспечения ведущей роли естественного интеллекта в эргатических (человеко-машинных) системах, является чрезвычайно актуальной методологической проблемой всех ступеней образования [8–10].

В рамках указанной образовательной проблемы заслуживают внимания и анализа три перспективных направления научных разработок в области информационного обеспечения развития интеллектуальных функций обучающихся в образовательной среде высшей школы:

- повышение качества подачи визуальной информации;
- проектирование систем образовательной информации на основе модульных курсов;
- построение пространственно-временной когнитивной модели развития специалиста.

Проблема восприятия информации с экрана компьютера актуализируется в работах А.А. Печникова, Д.И. Чернобровкина, Е.Ю. Осолоткиной и др., которые обоснованно отмечают влияние структуры визуальной информации на продуктивность интеллектуальной деятельности пользователя, а проблему повышения качества подачи визуальной информации рассматривают в следующих аспектах [11–14]:

- физиологии строения глаза как аппарата для фиксации и передачи информации в мозг с выделением этапов физической эволюции данного аппарата;
- психологической когнитивности человека, зависящей от образов и абстракций;
- создания адекватной структуры обучающей информации.

С этих позиций целью инновационных поисков становится создание «понятных» web-средств, которые обеспечивают оптимальное сочетание симультанного и сукцессивного восприятия, что позволяет обучающемуся «видеть одновременно как можно больше» (симультанное восприятие) и производить тщательный последовательный анализ поступающей информации (сукцессивное восприятие).

Симультанное восприятие – это одномоментное и мгновенное восприятие, свернутое во времени, представляющее синтетическую форму восприятия. Симультанное восприятие обуславливает панорамный обзор с помощью периферийного зрения и развитие у субъекта познания способности мгновенно и одновременно воспринимать большое количество информации.

Сукцессивное восприятие – медленное восприятие детальной информации с помощью центрального зрения.

В оптимальном сочетании симультанного и сукцессивного восприятия обеспечивается повышение продуктивности мозга в работе с визуальной информацией. Для достижения поставленной цели автором предложено дисциплину, курс, тему курса считать электронными учебными единицами разного ранга (ЭУЕ). Общими требованиями к разработке каждой ЭУЕ предложено считать следующие:

1. Наличие ключевого экрана, на котором графически представляется схема ЭУЕ, отображающая этапы обучения.
2. Набор стандартных элементов интерфейса (учебник, задачник и т.д.) учебно-методического сопровождения процесса обучения.
3. ЭУЕ представляет собой графическую совокупность ЭУЕ меньшего ранга (градация по информационным блокам), связи между которыми определены необходимостью базисных знаний и возможностями дальнейшего перехода.

4. Каждый информационный блок является самостоятельной (завершенной) информационной единицей ЭУЕ, которая графически интерпретируется на поле физического экрана компьютера.

5. Обязательным компонентом каждого информационного блока является терминологический словарь (ТС), который является упорядоченным списком расшифрованных терминов предметной области.

Проектирование обучающих компьютерных средств на основе оптимального сочетания сукцессивного и симультанного восприятия обучающимся визуальной информации имеет целью распознавание стадии собственного обучения в каждой ЭУЕ, возможность индивидуальной проверки и коррекции полученных результатов обучения.

В настоящее время наметилась тенденция опережающего развития телекоммуникаций по сравнению с образовательно-информационными ресурсами. В контексте развития этой тенденции основной проблемой образования является не внедрение техники, а соответствующее современным информационным технологиям методическое обеспечение, так называемые системы образовательной информации, базирующиеся на информационной культуре студента и преподавателя. Опыт работы по проектированию систем образовательной информации на основе модульных курсов заслуживает внимания, прежде всего, с позиций оптимизации восприятия визуальной информации и адекватного ее представления в накопительной системе обучающегося.

Трофимов В.В. и Трофимова Л.А., используя методы теории систем и сравнительного анализа, представляют системы образовательной информации в виде законченных программ, состоящих из последовательно детализирующихся элементов. Такими элементами, по мнению автора проектов, должны стать: профессиональная образовательная программа, дисциплина программы, модуль дисциплины, учебный элемент модуля, комплект учебных материалов учебного элемента, элемент комплекта учебных материалов. Каждый элемент профессиональной образовательной программы представляет собой относительно завершенную составляющую учебной дисциплины или программы обучения в целом. При этом любой дидактический элемент программы охватывает весь спектр своих дидактических функций и сопровождается вспомогательными элементами на каждом уровне детализации: цели, навигатор, глоссарий, контроль, библиография [15, 16].

В каждом элементе программы представление учебного материала имеет четыре ступени описания: феноменологическая (описание фактов, явлений и процессов на естественном языке); аналитико-синтетическая (изложение теорий, следствий на естественно-логическом языке); математическая (на математическом языке формализуются теории частных явлений); аксиоматическая (формулируются законы междисциплинарной общности). Для контроля знаний обучающегося используются показатели: узнавание изучаемых объектов и процессов при повторном восприятии; использование полученных знаний в нетиповых ситуациях; создание объективно новой информации, неизвестной ранее никому (творческая деятельность).

Таким образом, система образовательной информации может быть представлена учебным комплексом, который содержит: учебное пособие, электронный учебник, тренажер и набор нетиповых ситуаций. Создание таких учебных комплексов позволяет изменить линейность и жесткую запрограммированность традиционной модели, которая широко используется в настоящее время и, как правило, состоит из рабочей программы и заданий для контрольных работ. Представляется, что развитие систем образовательной информации способствует решению проблемы соответствия информационного и методического обеспечения учебного процесса современному уровню развития информационных технологий, что, в свою очередь, значительно оптимизирует этапы накопления, переработки и преобразования учебной информации в структурах естественного интеллекта обучающегося.

В контексте решения этой актуальной проблемы следует проанализировать опыт использования технологического подхода к процессу изучения физики в техническом вузе,

основанный на выделении структурно-логических графов учебной дисциплины и разработке нового организационно-методического дидактического средства, который называют дидактическим фреймом (ДФ) [10].

Каждый ДФ состоит из пяти разделов (слотов), в которых представляется учебная информация, характеризующаяся различной, функциональной направленностью: целевой комплекс, предметное содержание соответствующего раздела курса; банк задач; педагогические сценарии решения задач; индивидуальная карта контроля.

Работа обучающегося с ДФ начинается с ознакомления с содержанием первого слота. Педагогической целью этого ознакомления следует считать стимулирование мотивации студентов к учению осмысленной перспективой использования результатов обучения. Второй и третий слоты являются информационным комплексом ДФ. Во втором слоте представляется структура соответствующего изучаемой теме модуля, а в третьем – номенклатура задач, предлагаемых к решению на данном занятии. Каждой задаче приписывается свой вес в зависимости от ее уровня сложности. Задачи классифицированы по темам, число которых равно числу оснований в соответствующем модуле. Решение любой задачи может быть реализовано в одном из трех вариантов: демонстрационная задача, решение по алгоритмическому предписанию, самостоятельное решение задачи.

Четвертый слот «руководит» деятельностью обучающихся на занятии. Обучающийся начинает свою познавательную деятельность с решения типовых задач. Если этот этап обучающийся проходит успешно, то ему предлагаются более сложные задачи (оригинальные, качественные), которые требуют владения базовыми умениями и умений применять нестандартные подходы в поиске решения задач повышенной трудности.

Пятый слот представляет собой журнал учета успеваемости студента в течение семестра. Для каждого вида учебной деятельности вводится специальная линейная шкала оценивания, учитывающая вес контролируемого вида знаний, срок выполнения заданий и предусматривающая гибкую систему «штрафов» и поощрений. Обучающиеся могут самостоятельно высчитывать свой текущий рейтинг и при желании получать дополнительное задание для его повышения.

Таким образом, дидактический фрейм является особой формой представления учебного материала и становится своего рода банком информации, который выполняет функции управления познавательной деятельностью обучающихся.

Эта идея воспроизводится в виде пятиуровневой иерархической системы, структурными единицами которой являются: общефилософские представления соответствующей физической теории, основополагающие идеи, теоретический базис, основополагающие принципы, эмпирический базис, основополагающие принципы; основные законы.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что автором технологического подхода к изучению фундаментальной дисциплины акцент в педагогической деятельности смещается на развитие интеллектуальных функций обучающихся посредством адекватного использования технических возможностей компьютерной среды. Именно такой подход позволяет преодолеть определенные противоречия между новыми информационными технологиями обучения и сложившимися традиционными технологиями. Причиной возникающих противоречий можно считать многочисленные случаи ликвидации традиционных натуральных лабораторий естественнонаучных дисциплин и внедрения информационных технологий там, где в их применении не было особой необходимости.

В настоящее время компьютер становится средством оперативного получения информации, а в отдельных случаях – единственным способом изложения учебного материала.

Так, например, использование гипермедиа систем в качестве конечного программного продукта позволяет представлять учебный материал не в последовательной форме, а с помощью гиперструктур, таких, как гипертекст, OLE-объекты, ОСХ-объекты. С их использованием образовательные программные средства становятся единой

информационной структурой, объединенной статическими и динамическими связями между объектами мультимедиа. При этом структура каждого отдельного курса определяется разработчиком (преподавателем), который сам устанавливает эти связи.

Следует подчеркнуть, что в образовании гипертекст (текст с нелинейной структурой) может выступать не только как система, элементами которой являются теории, концепции, идеи, понятия, представления, но и как система взаимосвязей между мыслями, которые записываются индивидом. «... Запись собственных и связанных с ними чужих мыслей позволяет двигаться в единой системе, осмысливать ее как единое целое. Это создает принципиально новую технологию интеллектуальной деятельности, освоив которую учащийся сможет значительно развить свое мышление и культуру формирования и изложения мыслей» [9].

С этих позиций заслуживает внимание опыт построения в образовательном процессе пространственно-временной когнитивной модели саморазвития специалиста, которая разрабатывается Е.Б. Зеновским и С.А. Тихомировым и основана на разработке объемных графических моделей развивающих гиперсред, которые используются при проведении лекций, практических и лабораторных занятий, а также в процессе самостоятельной работы обучающихся [8].

Графические модели могут иметь вид «конспект-схем», реализованных, например, на экране дисплея. В «конспект-схеме» занятие делится на сжатые части А, Б, В, Г и Д. Часть А – это раскрытие важности изучаемой темы, основные ее вопросы, ограничения, принимаемые допущения и т.д. Часть Г – это основные понятия, законы, закономерности, положения, на которых базируется учебный материал занятия. Части Б и В – это основные теоретические положения, законы, принципы, процессы, которые используются при раскрытии содержания занятия. Часть Д – перечень исследуемых ситуаций (проблем), цель занятия при изучении данной темы. В результате конспект – схема имеет вид трехмерного пространства с перспективой на мысленное достижение плоскости Д (ее содержания). На занятии производится последовательное разворачивание «свернутого» материала с записью основных положений, формулировок, выводов.

Таким образом, обучающемуся предоставляются условия для «странствования» в некоторой смысловой графической гиперсреде, содержащей свернутые графические образы.

Этот подход развивается при разработке виртуальных лабораторий в единой информационно-коммуникационной обучающей среде. Данная среда может реализовываться на основе технологии виртуальных инструментов (приборов). На экране монитора изображается передняя панель, которая имитирует реальную модель физического прибора либо графическая модель исследуемого процесса (исследуемой ситуации). Обучающийся совместно с преподавателем осуществляет управление экспериментом путем «странствования» в гиперсреде при изучении иерархически вложенных систем и процессов. Важно отметить тот факт, что моделируемая развивающая среда в общем случае имеет два уровня организации: нормативный (деятельность в типовых ситуациях) и творческий (деятельность в экстремальных, нестандартных ситуациях).

Следует отметить, что применение мультимедиа и Internet-технологий в образовании для моделирования виртуальных миров (лаборатории, музеи, библиотеки) является одним из новых направлений развития информационных технологий. Представляется, что наиболее существенные результаты этих разработок в первую очередь следует ожидать в области подготовки специалистов гуманитарного профиля. Распространение этой концепции на техническое образование связано с проблемой организации работы обучающегося на физических моделях (стендах, установках, макетах и т.п.) в лабораториях технических вузов. В связи с этим способ разработки ситуационных тренажеров, имитирующих реальные физические стенды или их виртуальные проекты, представляется перспективным.

Особенностью методики и технологии подготовки анимационных сцен является интеграция фото-объектов и внедрение в них фрагментов – объектов анимации. Для

создания анимационных клипов используется пакет 3DstudioMax и Dynamic HTML. Для организации допуска к работе виртуальный стенд дополняется специальной программой тестирования, а каждый тест задается совокупностью нескольких фреймов.

Новые возможности работы с графикой, возможность хранения рисунков в файлах, расширение набора объектов управления, в том числе «Мультимедиа» и «Звук», возможность работы с новыми форматами объектов (MPEG, MOV, WMF) дает система мультимедиа приложений «Гиперметод» [6, 17, 18].

Главной задачей авторов проекта является использование средств анимации для наглядного представления сложных физических явлений и сложных динамических процессов. Анимацию осуществляют простейшие функции скриптов объекта ShowNext или ShowPrevious после того, как пользователем подготовлены слайды пошагового просмотра в графическом редакторе и отобранные слайды размещены в папке Images создаваемой мультимедиа коллекции.

После предварительной подготовки к анимации пользователь может приступить к пошаговому изучению сложных процессов или явлений в любом темпе. Например, при изложении вопросов диффузии сложность представляет моделирование движения молекул. Однако на экране монитора можно показать пошаговое движение молекул и их постепенный переход из одной области пространства в другую. В электротехнике эффект анимации можно использовать для демонстрации связи между временной и векторной диаграммой, показав вращение векторной диаграммы во времени и т.д.

Представляется, что использование анимации в процессе обучения позволяет сгладить противоречия между традиционными формами обучения и новыми информационными технологиями. При изложении теоретического учебного материала с применением анимации четко прослеживается роль и место компьютера в процессе обучения, прежде всего, как инструмента, который расширяет возможности преподавателя и способствует повышению эффективности сложного этапа переработки учебной информации в логических системах обучающегося.

В заключение анализа состояния современного информационно-методического обеспечения развития естественного интеллекта, следует отметить некоторые негативные тенденции, которые могут существенно препятствовать позитивному развитию интеллектуальных функций обучающихся в информационно-образовательном пространстве высшей школы:

- разобщенность и, как следствие, несогласованность инновационных поисков преподавателей как при создании, так и при внедрении информационных технологий в процесс обучения;
- недостаточное внимание процессу гармоничного развития интеллектуальных функций обучающихся в учебно-воспитательном процессе;
- отсутствие единого методологического подхода на образовательной траектории обучающегося в педагогическом процессе высшей школы.

Поиск способов разрешения указанных противоречий становится чрезвычайно актуальной задачей, от решения которой зависит адекватное научно-методическое обеспечение информационной поддержки субъектов педагогического процесса как на этапе переработки информации, так и на этапе ее творческого преобразования.

Литература

1. Возрастные особенности умственной деятельности взрослых: сб. науч. трудов / под ред. Е.И. Степеновой. Л.: НИИ ОБ АПН СССР, 1974.
2. Выготский Л.С. Развитие высших психических функций. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1960.
3. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. М.: Московский рабочий, 1989.
4. Грановская Р.М., Березная И.Я. Интуиция и искусственный интеллект. Л.: ЛГУ, 1991.

5. Розенберг В.С., Бондаренко С.М. Мозг. Обучение. Здоровье. М.: Просвещение, 1989.
6. Башарин С.А. Формирование численных процедур для моделирования передаточного оператора в задачах управления // Математическое моделирование. 2017. Т. 29. № 7. С. 123.
7. Скаткин М.Н. Совершенствование процесса обучения. М., 1971.
8. Зеновский Е.В. Логика и организация подготовки научной работы студентов: учеб. пособие. Сыктывкар: МЭБ ГПНТБ России, 1997.
9. Клементьев Е.Д. Научно-технический прогресс и проблемы воспитания: научно-аналитический обзор. М.: ИНИОН, 1981.
10. Клещева Н.А., Штагер Е.В. Построение информационных моделей учебных дисциплин (методологические, методические и организационные основы): учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ДВТУ, 1998. 85 с.
11. Холодная М.А. Психология интеллекта: парадоксы исследования. Томск: Барс, 1997.
12. Nwohiri A.M., Pechnikov A.A. Revealing academic web interlinking motives through webometrics and statistical techniques: Nigerian university websites as a case study // International Journal of Web Engineering and Technology. 2016. Vol. 11. No. 4. P. 335–350.
13. Pechnikov A.A., Chernobrovkin D.I. Adaptive Crawler for External Hyperlinks Search and Acquisition // Automation and Remote Control. 2014. Vol. 75. No. 3. P. 587–593.
14. Pechnikov A.A., Chernobrovkin D.I., Nwohiri A.M. About Crawling Scheduling Problems // BOINC:FAST 2017. Third International Conference BOINC-based High Performance Computing: Fundamental Research and Development. Petrozavodsk, 2017. P. 49–55.
15. Трофимов В.В. Информационные технологии: учеб. для академического бакалавриата. М.: Изд-во Юрайт, 2014. 624 с.
16. Трофимова Л.В., Трофимов В.В. Управление знаниями. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2012.
17. Башарин С.А. Построение модели изображения в телевизионных системах // Фундаментальные и прикладные исследования в области естественных и технических наук: сб. науч. трудов. Белгород: АПНИ, 2018. С. 35–39.
18. Краснослободцев В.Я. Современные технологии поиска решений инженерных задач: уч. пособие. СПб: СПбГТУ, 1997.

References

1. Vozrastnye osobennosti umstvennoj deyatel'nosti vzroslyh: sb. nauch. trudov / pod red. E.I. Stepenovoj. L.: NII OV APN SSSR, 1974.
2. Vygotskij L.S. Razvitie vysshih psichicheskikh funkcij. M.: Izd-vo APN RSFSR, 1960.
3. Altshuller G.S. Tvorchestvo kak tochnaya nauka. M.: Moskovskij rabochij, 1989.
4. Granovskaya R.M., Bereznaya I.Ya. Intuiciya i iskusstvennyj intellekt. L.: LGU, 1991.
5. Rozenberg V.S., Bondarenko S.M. Mозг. Obuchenie. Zdorov'e. M.: Prosveshchenie, 1989.
6. Basharin S.A. Formirovanie chislennyh procedur dlya modelirovaniya peredatochnogo operatora v zadachah upravleniya // Matematicheskoe modelirovanie. 2017. T. 29. № 7. S. 123.
7. Skatkin M.N. Sovershenstvovanie processa obucheniya. M., 1971.
8. Zenovskij E.V. Logika i organizaciya podgotovki nauchnoj raboty studentov: ucheb. posobie. Syktyvkar: MEB GPNTB Rossii, 1997.
9. Klement'ev E.D. Nauchno-tekhnicheskij progress i problemy vospitaniya: nauchno-analiticheskij obzor. M.: INION, 1981.
10. Kleshcheva N.A., Shtager E.V. Postroenie informacionnyh modelej uchebnyh disciplin (metodologicheskie, metodicheskie i organizacionnye osnovy): ucheb. posobie. Vladivostok: Izd-vo DVTU, 1998. 85 s.
11. Holodnaya M.A. Psihologiya intellekta: paradoksy issledovaniya. Tomsk: Bars, 1997.

12. Nwohiri A.M., Pechnikov A.A. Revealing academic web interlinking motives through webometrics and statistical techniques: Nigerian university websites as a case study // *International Journal of Web Engineering and Technology*. 2016. Vol. 11. No. 4. R. 335–350.
13. Pechnikov A.A., Chernobrovkin D.I. Adaptive Crawler for External Hyperlinks Search and Acquisition // *Automation and Remote Control*. 2014. Vol. 75. No. 3. R. 587–593.
14. Pechnikov A.A., Chernobrovkin D.I., Nwohiri A.M. About Crawling Scheduling Problems // *BOINC:FAST 2017. Third International Conference BOINC-based High Performance Computing: Fundamental Research and Development*. Petrozavodsk, 2017. R. 49–55.
15. Trofimov V.V. *Informacionnye tekhnologii: ucheb. dlya akademicheskogo bakalavriata*. M.: Izd-vo Yurajt, 2014. 624 s.
16. Trofimova L.V., Trofimov V.V. *Upravlenie znaniyami*. SPb.: Izd-vo SPbGUEF, 2012.
17. Basharin S.A. *Postroenie modeli izobrazheniya v televizionnyh sistemah // Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v oblasti estestvennyh i tekhnicheskikh nauk: sb. nauch. trudov*. Belgorod: APNI, 2018. S. 35–39.
18. Krasnoslobodcev V.Ya. *Sovremennye tekhnologii poiska reshenij inzhenernyh zadach: uch. posobie*. SPb: SPbGTU, 1997.

ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

УДК 621.391

МЕТОДИКА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Т.К. Шарафутдинова.

**Военный учебно-научный центр Военно-морского флота
«Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза
Н.Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации**

Рассматривается применение методики имитационного моделирования алгоритмов обработки в системах реального времени. Показана универсальность применения имитационного моделирования при проектировании алгоритмов цифровой обработки сигналов. В качестве модельной задачи используется алгоритм корреляционной обработки с пороговым детектированием. Эффективность предлагаемого подхода иллюстрируется анализом запатентованного метода корреляционной обработки. Приведены функциональные зависимости вероятности обнаружения при наличии сигнала и вероятности ложного обнаружения при отсутствии сигнала.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов, корреляционный анализ, имитационное моделирование

SIMULATION MODELLING FOR THE DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR DIGITAL SIGNAL PROCESSING OF REAL-TIME SYSTEMS

T.K. Sharafutdinova.

Military educational and scientific center of the Navy «Naval Academy named after Admiral of the Fleet of the Soviet Union N.G. Kuznetsov» of the Ministry of Defense of the Russian Federation

The article discusses the application of signal simulation using a model for the environment and noise for digital signal processing of real-time systems. The universal application of signal simulation in the design of digital signal processing algorithms is shown. Correlation analysis with threshold detection is used as a model problem. The effectiveness of the proposed approach is illustrated by the analysis of the patented method of cross correlation signal processing. The functional dependences of the probability of detection in the presence of a signal and the probability of false detection in the absence of a signal are given.

Keywords: digital signal processing, correlation analysis, simulation modeling

Подводная робототехника в настоящее время является быстро развивающейся областью прикладной науки и техники. Для малогабаритных автономных необитаемых подводных аппаратов с управлением по акустическому каналу актуальной проблемой является увеличение дальности передачи данных [1].

Важной особенностью обработки сигналов для каналообразующей аппаратуры такого класса является необходимость уверенного приема сигналов при большом уровне шумов, так

как это напрямую влияет на дальность передачи. Тот факт, что шум является случайным процессом, существенно усложняет решение этой задачи. Она решается путем использования сложных алгоритмов обработки [2]. Такая возможность обеспечивается существенно возросшими возможностями современных отечественных микроконтроллеров [3].

Для определенности примем, что речь идет об уровнях шума, характеризующихся соотношением сигнал/шум масштаба $SNR=0.01$. Ключевыми параметрами при системной интеграции для таких устройств является пара зависимостей: вероятность приема сигнала заданного типа при наличии сигнала в канале $p(H1)$ и вероятность ложного обнаружения $p(H0)$ сигнала при его фактическом отсутствии. Анализ патентов, публикаций и технической документации на современную коммерчески поставляемую каналобразующую аппаратуру [4–8] показывает отсутствие зависимостей $p(H1)$ и $p(H0)$.

Это связано с тем, что в настоящее время используются сложные формы сигналов, например, сигналы с линейной частотной модуляцией. Это в сочетании со случайной формой шума, сложных алгоритмов обработки приводит к невозможности получения аналитических решений. Как следствие, при патентовании и разработке используются качественные оценки.

При этом возникает проблема оценки фактических параметров каналобразующей аппаратуры при реализации того или иного алгоритмического решения. Получение этих характеристик в натуральных экспериментах существенным образом увеличивает сроки и стоимость разработки. Этот этап в любой разработке является необходимым, но крайне важно ограничить применение такого подхода на ранних этапах разработки.

Естественным средством для этого является использование методики имитационного моделирования алгоритмов обработки. В общем случае имитационное моделирование применяется для класса объектов, для которых по различным причинам не разработаны аналитические модели, создание аналитической модели принципиально невозможно, не разработаны методы решения полученной модели либо решения неустойчивы. В этом случае аналитическая модель заменяется имитатором или имитационной моделью.

В России в учебных целях широко используется специализированная программно-инструментальная среда GPSS. Она обеспечивает возможность описания структуры моделируемой системы с использованием собственного языка [9, 10].

Однако в программе на языке GPSS достаточно сложно представить непосредственно процессы обработки данных на уровне алгоритмов. Кроме того, модель представляет собой программу, а значит, не имеет графической интерпретации, что затрудняет процесс разработки модели и снижает наглядность модели в целом.

В статье описывается универсальная модель, описывающая алгоритм корреляционной обработки дискретных сигналов применительно к обработке сигналов произвольной формы с аддитивным гауссовым шумом. Для имитационного моделирования была разработана библиотека специализированных функций в среде MathCad. Функции реализованы с использованием возможности программирования в этой среде. Такой подход обеспечивает универсальность как на этапе описания сигналов, так и в части обработки результатов

В качестве иллюстрации приводятся результаты имитационного моделирования применительно к алгоритму, описанному в работе [6]. Показано, что предлагаемый подход обеспечивает возможность получения пары – функциональной зависимости $p(H1)$ и $p(H0)$ для разных параметров алгоритма корреляционной обработки. В частности, приводятся результаты параметрического исследования для разных соотношений сигнал/шум, количества используемых отсчетов и влияния значений порога на $p(H1)$ и $p(H0)$. Наличие семейств таких зависимостей от параметров реализации корреляционных детекторов обеспечивает возможность выбора параметров аппаратной реализации и их оптимизации на ранних этапах разработки.

Модель корреляционной обработки

Предлагаемый подход разрабатывался для исследования и оптимизации алгоритмов для систем цифровой обработки сигналов (ЦОС) с большим уровнем шумов в системах реального времени.

В таких системах поступающая информация после предварительной обработки представляет собой набор дискретных значений, которые обрабатываются детекторами. При этом требуется обеспечить минимизацию времени на обработку каждого вновь поступающего отсчета. Это особенно важно для коммуникационных применений. С практической точки зрения требуется обеспечить заданные параметры по вероятностям $p(H1)$ и $p(H0)$ с учетом необходимости реализации алгоритма на конкретной микроконтроллерной платформе. В силу этого актуальной является задача оптимизации алгоритмов по объему вычислений и требованиям по памяти.

Применение методики имитационного моделирования имеет определенные ограничения с точки зрения общности получаемых результатов. Эти ограничения тем не менее обходятся при выполнении параметрических исследований по набору варьируемых параметров. В принципе, это требует большого объема вычислений. Однако уровень развития современной вычислительной техники обеспечивает возможность проведения такого рода расчетов за разумное время [3] на этапе разработки.

Приведенные далее результаты используют модель в виде описания алгоритма корреляционной обработки зашумленного сигнала применительно к системам ЦОС реального времени.

Модель формирования дискретного входного потока, которая использована для имитационного моделирования, базируется на следующих предположениях:

- детектирующее устройство производит непрерывное прослушивание канала;
- осуществляется аналого-цифровое преобразование с фиксированным шагом дискретизации;
- обеспечивается точность аналого-цифрового преобразования, позволяющая пренебречь ошибками дискретизации;
- входной сигнал имеет конечную протяженность и для его описания достаточно конечного числа отсчетов.

Модель обработки одного дискретного значения входного потока представлена на рис. 1.

Модель включает в себя два сдвиговых регистра: $Xreg$ – регистр для хранения дискретных значений входного потока; $Creg$ – регистр для хранения значений корреляционной функции. Предполагается, что форма сигнала известна, и он описывается конечным числом отсчетов $NSIG$.

Устройство обработки принимает и сохраняет каждый новый отсчет во входном сдвиговом регистре. Регистр имеет размер, равный количеству отсчетов, используемых для описания детектируемого сигнала известной формы $NREG = NSIG$. При записи нового значения, ранее полученные отсчеты сдвигаются.

Текущее содержание входного сдвигового регистра описывается вектором $Xreg$. Этот вектор используется для обновления содержания сдвигового регистра коррелятора. Размер сдвигового регистра коррелятора равен удвоенному значению количества отсчетов, используемых для описания детектируемого сигнала $NCOR = 2 \cdot NSIG$.

При обработке очередного отсчета используется вектор $Xreg$. Затем осуществляется свертка (скалярное произведение) вектора $Xreg$ с вектором описания детектируемого сигнала:

$$Creg_0 = \sum_{k=0}^{NSIG-1} Xreg_k \cdot S_k,$$

где C_{reg_0} – значение нулевого компонента вектора описания корреляционной функции; S – вектор описания детектируемого в потоке сигнала; X_{reg} – вектор описания обрабатываемого фрагмента входного потока.

Значение C_{reg_0} поступает на вход сдвигового регистра коррелятора C_{reg} . Имеющиеся значения сдвигаются на одну позицию. На освободившееся место записывается значение C_{reg_0} . Сформированный таким образом вектор описания текущего описания корреляционной функции далее используется для расчета максимума корреляционной функции зашумленного сигнала и его сравнения с порогом.

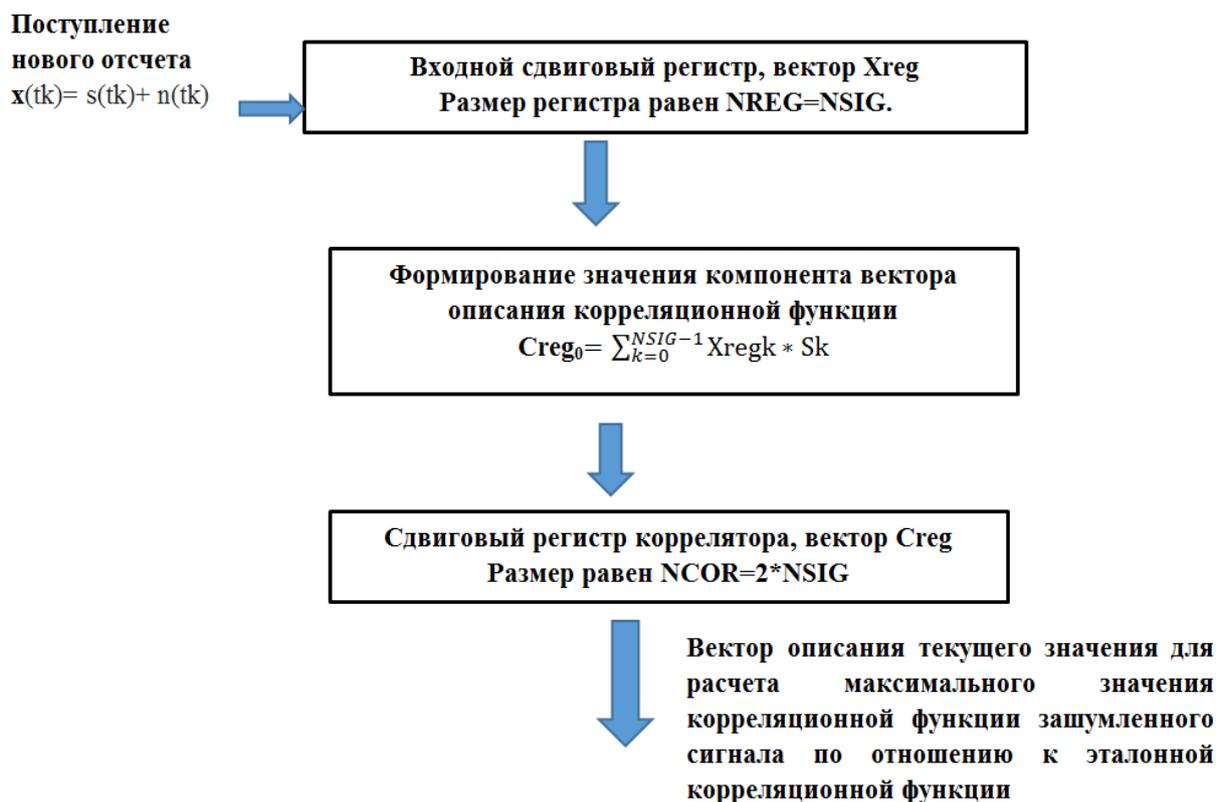


Рис. 1. Модель одного шага из цикла обработки: S – вектор описания сигнала заданной формы размерности N_{SIG} ; C_{reg} – вектор описания корреляционной функции размерности $2 * N_{SIG}$

Использование удвоенной размерности сдвигового регистра коррелятора по отношению к размерности детектируемого сигнала позволяет описывать полный цикл прохождения сигнала от поступления первого отсчета на устройство обработки до ухода последнего.

При имитационном моделировании используется два вложенных цикла (рис. 2).

Базовый цикл строится по количеству реализаций входного потока. Каждая реализация использует новый вариант аддитивного гауссового шума, накладываемого на сигнал известной формы. Для получения статистически значимых оценок для построения зависимости $p(H_0)$, как правило, использовалось число реализаций $N_{TRY} = 1000$.

Вложенный цикл генерирует обработку текущей реализации входного потока в соответствии с моделью с рис. 1. Результатом обработки каждой новой реализации в зависимости от целей является расчет одного или нескольких значений величин, которые определяются конкретной постановкой задачи.

Например, при оценке математического ожидания и среднеквадратичного отклонения требуется сформировать вектор значений максимумов корреляционной функции для каждой

из реализаций. После завершения базового цикла производится оценка для математического ожидания и среднеквадратического отклонения с использованием этого вектора.

При формировании массивов для оценки вероятностей реализации гипотез $p(H1)$ и $p(H0)$ во вложенном цикле обработки добавляется модель порогового детектора. Кроме этого, используются два варианта реализаций. В первом случае это сигнал известной формы с добавленным гауссовым шумом. Он используется для формирования массива дискретных значений для оценки $p(H1)$. Эти значения формируются моделью порогового детектора. Соответственно, для оценки $p(H0)$ используется реализация входного потока, не содержащая сигнала и представляющая собой реализацию гауссового шума.

Такая модель является универсальной, так как использует в качестве параметра вектор описания детектируемого описания, параметры гауссового шума и значение порога для коррелятора. В явном виде модель не накладывает ограничений на тип сигнала, что обеспечивает возможность проведения имитационного моделирования для сигналов произвольной формы.

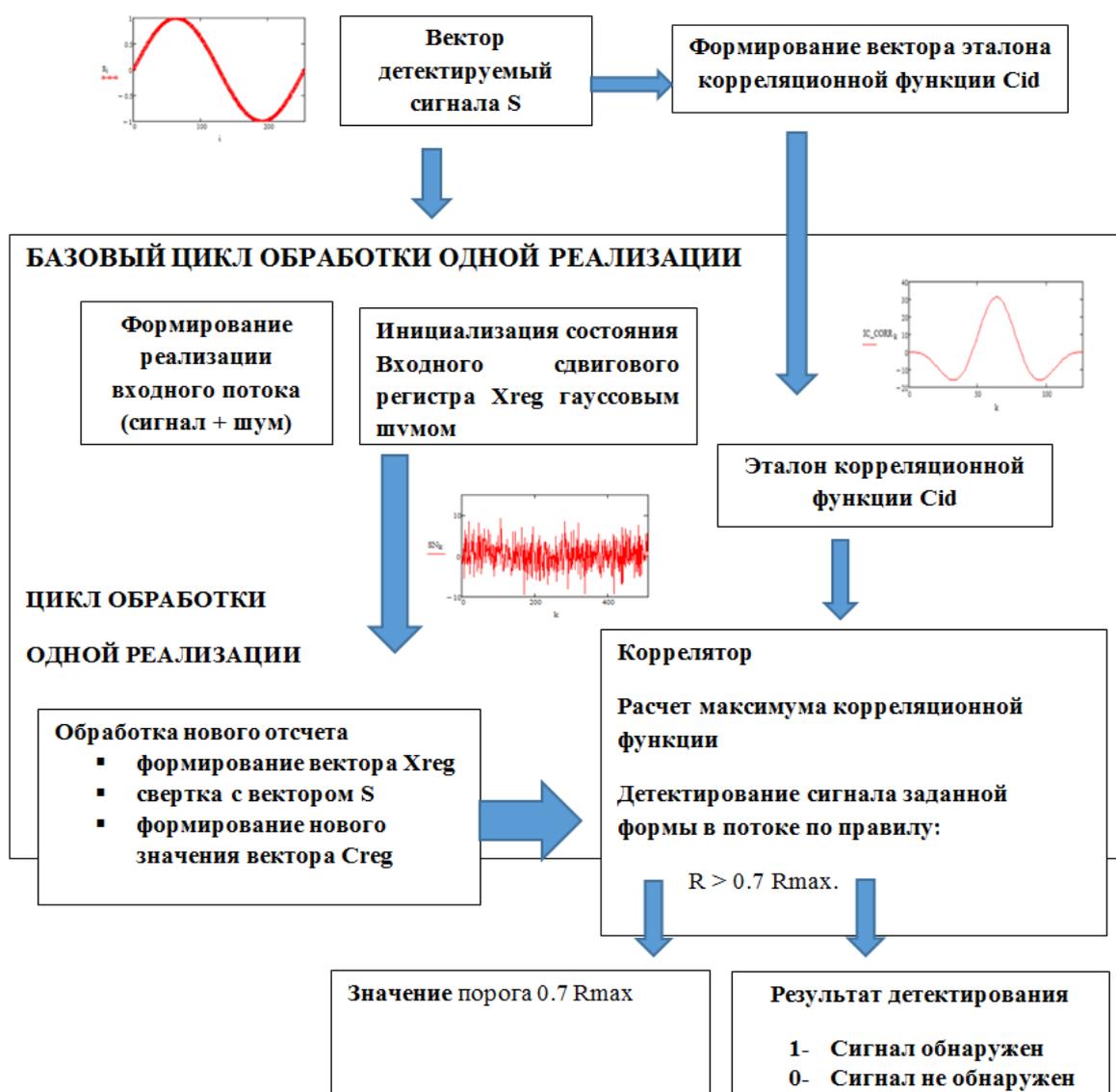


Рис. 2. Цикл обработки одной реализации входного потока

Модельная задача

В качестве содержательного примера рассмотрим возможности использования разработанной библиотеки для имитационного моделирования при использовании модели корреляционной обработки, описанной выше.

Методика применяется к способу, защищенному патентом «Digital sonar system» [6]. Прикладной задачей является оценка параметров ЦОС при реализации этого способа для каналов с уровнем шумов порядка $SNR = 0.01$.

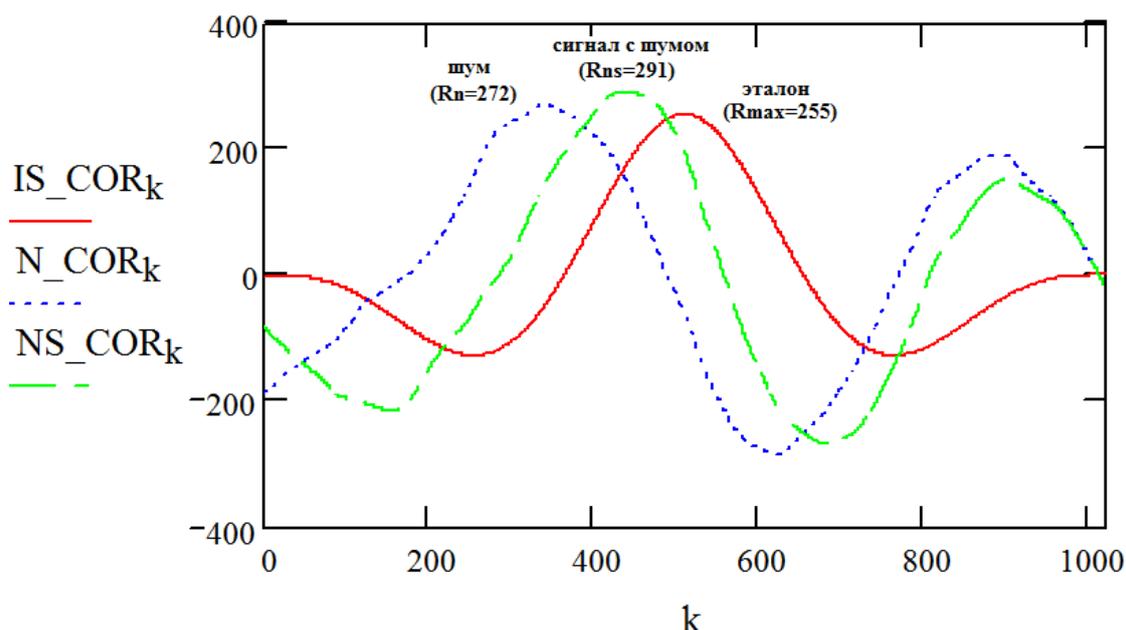
В соответствии с патентом, в системе имеется канал формирования и послыки зондирующего сигнала и канал обработки эхо-сигнала. Для обработки эхо-сигнала предлагается использовать цифровую обработку данных. В частности, используется эталонная дискретная корреляционная функция и дискретная корреляционная функция для эхо-сигнала. Так как форма зондирующего сигнала известна, она используется для построения эталонной корреляционной функции. Ее максимальное значение R_{\max} используется при обработке эхо-сигнала.

В канале обработки эхо-сигнала используется аналого-цифровое преобразование аналогового сигнала из гидрофона. По этим данным в режиме реального времени рассчитывается текущее значение R для корреляционной функции с использованием массива значений для зондирующего импульса. Для ее расчета используется свертка дискретных значений зондирующего сигнала с динамически формируемым набором значений эхо-сигнала, полученного из оцифрованного входного сигнала.

Текущее значение корреляционной функции R сравнивается с максимальным значением для эталонной корреляционной функции. Рекомендованное условие фиксации эхо-сигнала $R > 0.7R_{\max}$.

Положительный результат (фиксация сигнала при его наличии в канале) достигается в том случае, если максимальное значение корреляционной функции зашумленного сигнала превышает порог $R = 0.7R_{\max}$, а максимум корреляционной функции шума не превышает этот порог. Если же шум начинает превышать данный порог, возникает ситуация ложного обнаружения.

Рекомендации по выбору порога из работы [6] неявно предполагают, что максимальное значение для эталонной корреляционной функции больше, чем максимальные значения для корреляционных функций для сигнала с аддитивным гауссовым шумом и корреляционной функции при отсутствии сигнала в обрабатываемом потоке данных.



а) число отсчетов $NSIG=512$

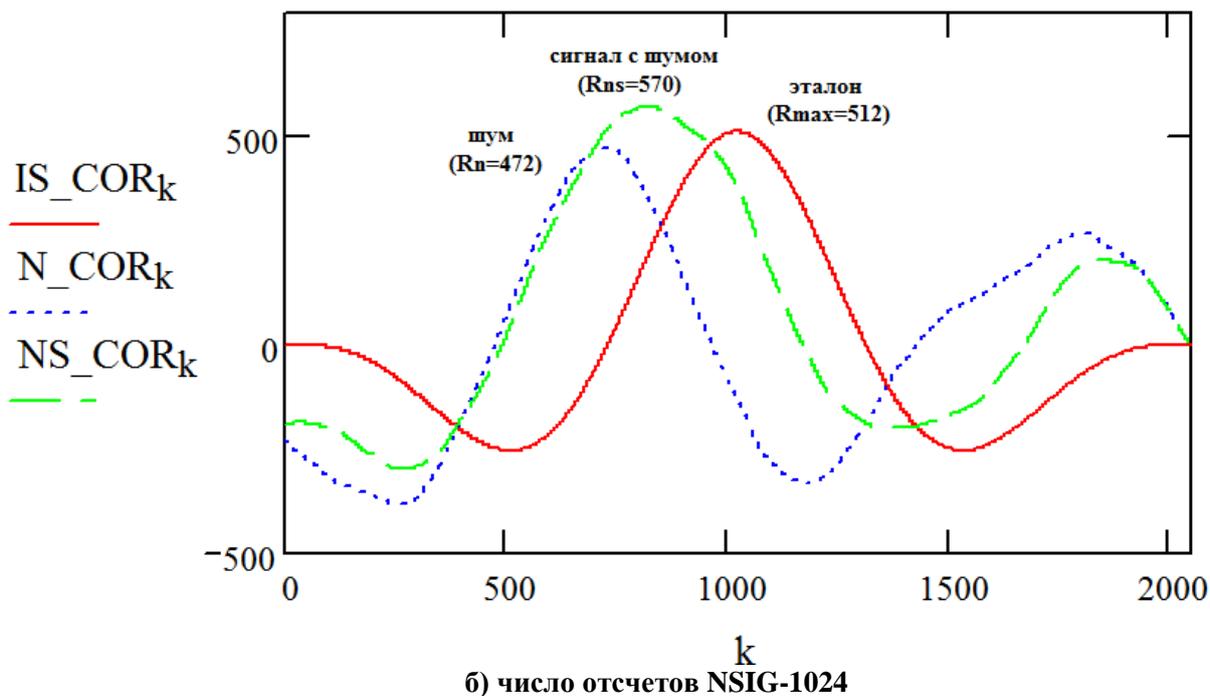


Рис. 3. Детектирование сигнала по максимумам корреляционных функций: тип сигнала – один период синусоиды с амплитудой 1; $SNR = 0.01$; IS_COR – эталонная корреляционная функция; NS_COR – корреляционная функция для входной последовательности сигнал + гауссов шум; N_COR – корреляционная функция для входной последовательности, содержащей только гауссов шум

Рассмотрим применение методики имитационного моделирования для выбора параметров такого метода. Требуется оценить параметры алгоритма и получить пару функциональных зависимостей $p(H1)$ и $p(H0)$. На рис. 3 приведен вид корреляционных функций для эталона и одной реализации сигнала с шумом и еще одной реализации, в которой присутствует только гауссовый шум. Для облегчения интерпретации использован тестовый сигнал типа «1 период синусоиды» и шум с параметрами шума, обеспечивающими соотношение $SNR = 0.01$. Приведены два графика для числа отсчетов $NSIG = 512$ и $NSIG = 1024$.

Несмотря на то, что эти графики соответствуют лишь одной реализации гауссового шума, они иллюстрируют ряд важных особенностей, характерных для корреляционной обработки дискретных сигналов с большим уровнем шума.

Как следует из рис. 3 а, максимум корреляционной функции зашумленного сигнала превышает максимум эталонной корреляционной функции. В силу этого в экспериментах была использована модель детектора с применением абсолютного значения для интервала:

$$abs(R - R_{max}) < 0.3R_{max} \text{ – сигнал в потоке присутствует;}$$

$$abs(R - R_{max}) > 0.3R_{max} \text{ – сигнал в потоке отсутствует,}$$

где R – текущее значение корреляционной функции.

Приведенные на рис. 3 б графики подтверждают целесообразность использования такого подхода. В силу этого приведенные ниже результаты используют именно такой способ для разделения случаев наличия и отсутствия сигнала.

Оценка параметров алгоритма ЦОС

Из самой постановки задачи следует, что обрабатываемый входной поток представляет собой дискретный случайный процесс. Соответственно, для получения

статистических оценок его параметров и предназначена методика имитационного моделирования. Эти оценки являются функциями ряда параметров алгоритма обработки, которые, в свою очередь, определяют возможность его реализации в системе ЦОС реального времени.

Рассмотрим применение данного метода на конкретном примере. Используем однопериодный синусоидальный сигнал размером 128 отсчетов, уровень шума $SNR = 0.056$. На рис. 4 представлены два возможных случая положения корреляционной функции зашумленного сигнала. Находим максимум эталонной корреляционной функции $R_{max} = 63.6$ и максимум корреляционной функции зашумленного сигнала R_{ns} . Определяем абсолютное значение интервала $DRS = abs(R_{ns} - R_{max}) = 17.5$. Затем определяем значение порога $0.3R_{max} = 19.1$. Сравниваем значения $17.5 < 19.1$. Делаем вывод о том, что сигнал в потоке присутствует.

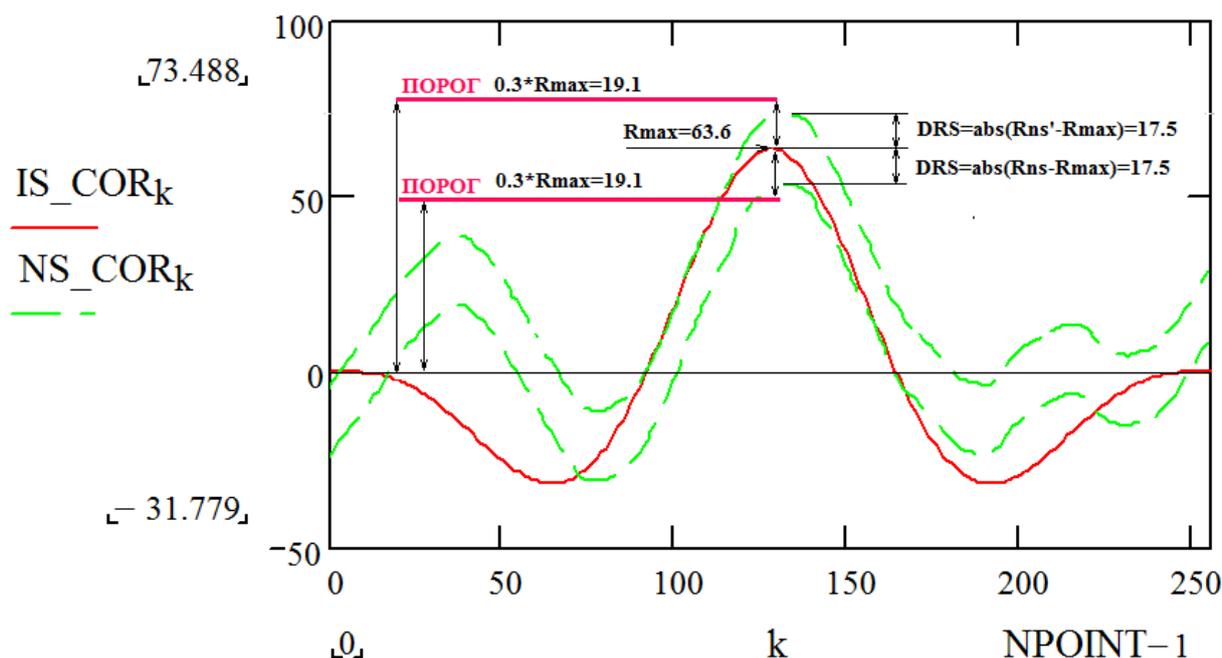


Рис. 4. Правило определения наличия сигнала в обрабатываемом потоке: IS_COR – эталонная корреляционная функция; NS_COR – корреляционная функция для входной последовательности сигнал + гауссов шум

Правило определения наличия сигнала распространяется на все корреляционные функции. Поэтому для того чтобы не возникло ситуации ложного обнаружения, максимум корреляционной функции шума не должен превышать абсолютное значение порога. На рис. 5 представлены два возможных случая положения корреляционной функции шума по отношению к эталонной корреляционной функции. Определяем максимум эталонной корреляционной функции $R_{max} = 63.6$ и максимум корреляционной функции шума R_n . Определяем абсолютное значение интервала $DRNS = abs(R_n - R_{max}) = 24.6$. Затем находим значение порога $0.3R_{max} = 19.1$. Сравниваем значения $24.6 > 19.1$. Следовательно, корреляционная функция шума не будет принята за корреляционную функцию зашумленного сигнала. И ситуации ложного обнаружения в данном примере не возникает.

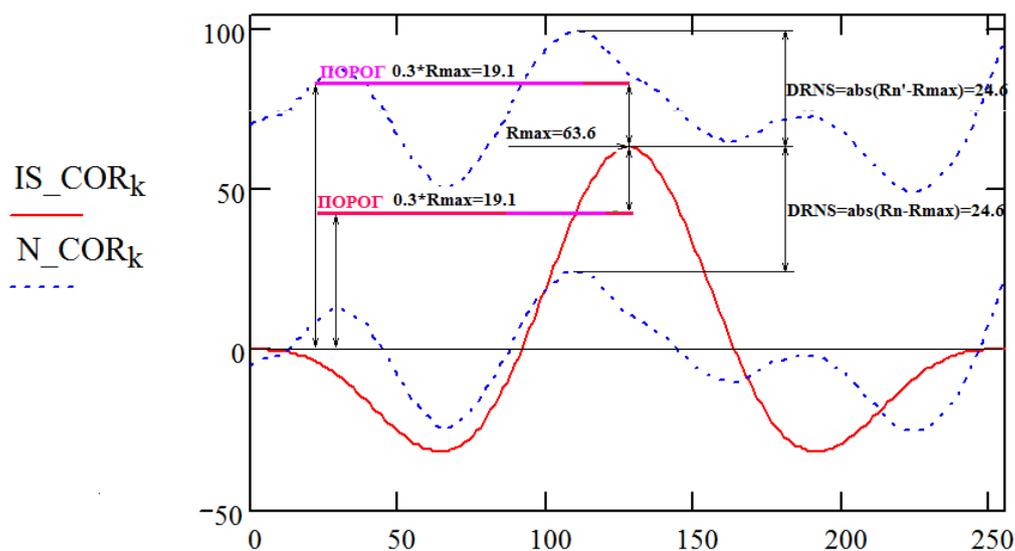


Рис. 5. Правило определения отсутствия сигнала в обрабатываемом потоке: IS_COR – эталонная корреляционная функция; N_COR – корреляционная функция для входной последовательности, содержащей только гауссов шум

В таблице приводятся зависимости математического ожидания и среднеквадратичного отклонения (СКО) для абсолютной разницы между максимумом корреляционной функции и значением для максимума эталонной корреляционной функции.

При интерпретации этих данных следует иметь в виду, что в таблице в третьем и четвертом столбце приводятся значения математического ожидания и СКО при наличии сигнала в потоке и при его отсутствии соответственно.

Таблица. Зависимости математического ожидания и СКО от числа отсчетов на сигнал

Статистические оценки для однопериодного синусоидального сигнала			
SNR = 0.056, NTRY = 1000			
Число отсчетов, NSIG	Максимум эталонной функции, Rmax	Мат. ожидание и СКО $DRS = abs(Rns - Rmax)$	Мат. ожидание и СКО $DRNS = abs(Rn - Rmax)$
128	63.6	17.5 13.4	24.6 12.6
256	127.4	27.3 20.3	69.4 20.1
512	255.5	38.1 28.2	175.2 28.1
1024	511.3	55.7 41.8	397.6 39.5
SNR = 0.01, NTRY = 1000			
128	63.5	44.9 33.4	34.2 27.7
256	127.4	57.3 47.8	36.2 28.9
512	255.5	82.21 62.9	80.8 47.8
1024	511.3	122.7 89.3	245.8 91.7
2048	1023.2	167.0 128.8	642.9 138,9

Таблица представляет собой результаты параметрического исследования алгоритма корреляционной обработки по параметру $NSIG$ (количество отсчетов) для двух значений уровня шума. Приведенные данные получены с использованием имитационного моделирования для количества реализаций $NTRY = 1000$.

На рис. 6 приведен пример сравнительной количественной оценки влияния величины порога на вероятности обнаружения $p(H1)$ и пропуска $p(H0)$ сигнала при соотношении сигнал/шум $SNR = 0.01$ для однопериодной синусоиды размером 1024 отсчета.

Для получения функциональных зависимостей использовалась модель мультипорогового детектора. В качестве минимального значения порога принималась величина $0.05 \cdot R_{max}$, своя для каждого сигнала различной длительности, взятых при соотношении сигнал/шум $SNR = 0.01$. Массив значений порогов имел размерность $2 \cdot (0.3 \cdot R_{max})$, а шаг формирования массива порогов принимался равным $0.05 \cdot (0.3 \cdot R_{max})$. Размерность $2 \cdot (0.3 \cdot R_{max})$ выбрана двухсторонней, для того чтобы охватить значения корреляционных функций больших значения эталона, то есть для анализа используются абсолютные значения порога.

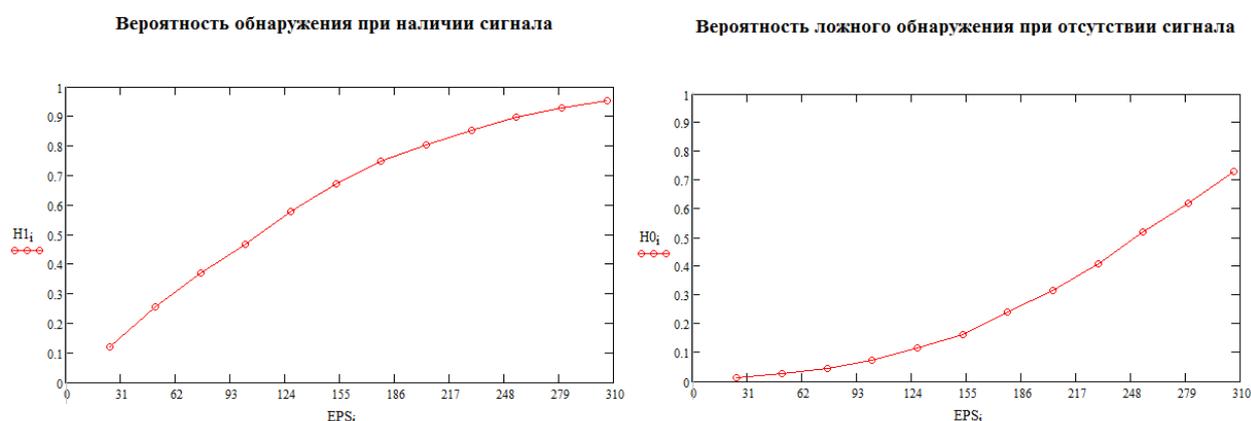


Рис. 6. Вероятности $p(H1)$ и $p(H0)$ как функции от порога R : тип сигнала – один период синусоиды с амплитудой 1; $SNR=0.01$; число отсчетов на сигнал 1024; количество реализаций $NTRY=1000$

Имея подобные зависимости, можно подобрать необходимые параметры вероятностей $p(H1)$ и $p(H0)$ в соответствии с исходной постановкой задачи.

Например, пусть необходимо обеспечить вероятность обнаружения сигнала $p(H1) = 0.95$. Для этого из первой зависимости вероятности обнаружения сигнала от порога обнаружения выбирается порог, соответствующий необходимой вероятности $p(H1)$. Зная значение порога, из второй зависимости вероятности ложного обнаружения от порога обнаружения по известному порогу выбирается вероятность $p(H0)$. Если это значение также удовлетворяет требованиям поставленной задачи, то выбирается данный порог. Если значение вероятности $p(H0)$ оказывается неудовлетворительным, необходимо изменить другие параметры сигнала (форма сигнала, число отсчетов, способ обработки и т.д.). В рассматриваемом примере (рис. 7) вероятность ложной тревоги оказалась слишком большой $p(H0) = 0.73$. Это говорит о том, что стандартная корреляционная обработка неудовлетворительно работает при большом уровне шума.

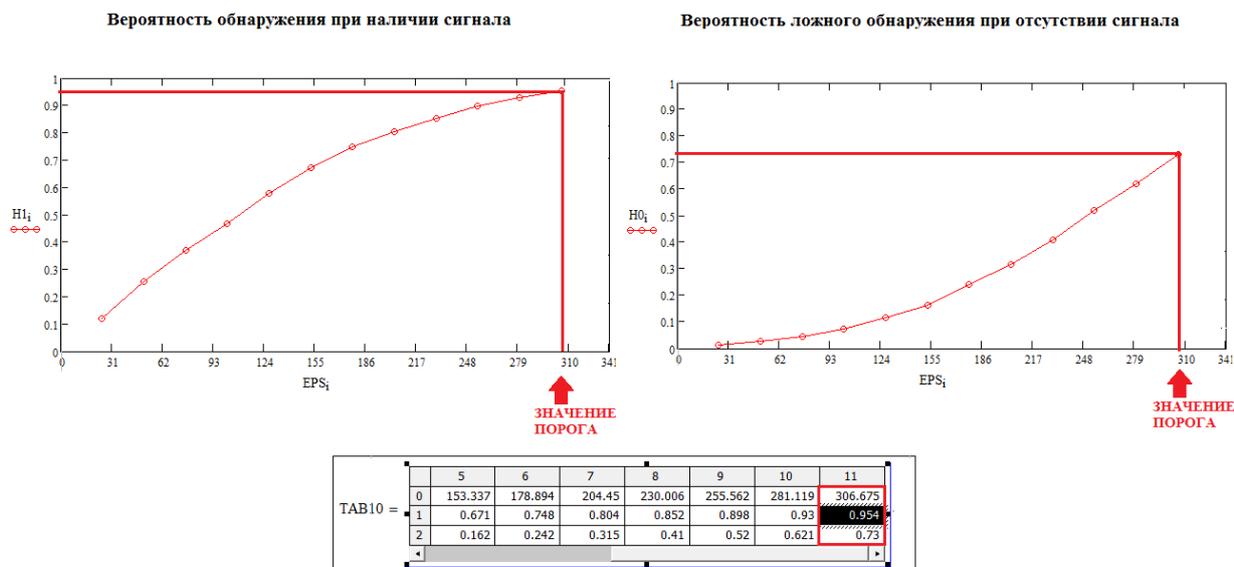


Рис. 7. Методика подбора порога R по требуемому значению вероятности $p(H1) / p(H0)$; тип сигнала – один период синусоиды с амплитудой 1; SNR=0.01; число отсчетов на сигнал 1024; количество реализаций NTRY=1000

Таким образом, продемонстрированы оценка и оптимизация ключевых параметров алгоритмов ЦОС для систем реального времени на ранних этапах разработки.

Выводы и заключение

Объем публикации не позволил привести данные по применению описанной методологии для сигналов сложной формы и многопараметрического анализа алгоритмов. Тем не менее приведенные данные позволяют сделать ряд содержательных выводов:

- алгоритмы обработки сигналов в коммуникационных системах с использованием гидроакустического канала должны учитывать наличие шума в потоке обрабатываемых данных, который в силу этого представляет собой случайный процесс;
- сложность обработки такого рода сигналов приводит к тому, что единственным действенным способом оценки вероятностей $p(H0)$ и $p(H1)$ является использование имитационного моделирования, которое является универсальным инструментом для проектирования систем такого рода;
- несмотря на большой объем вычислений при применении этой методики современный уровень вычислительной техники обеспечивает как возможность оценки достижимости требований при заданном наборе ограничений (объем памяти, скорость обработки), характерных для систем реального времени, так и оптимизации ключевых параметров на стадии разработки концепции построения ЦОС реального времени;
- применение такого подхода позволяет существенно сократить как временной цикл разработки, так и суммарную стоимость проекта в целом.

Автор выражает признательность А.М. Астапковичу за постановку задачи, существенную помощь при разработке библиотеки прикладных программ для реализации методики имитационного моделирования и постоянную поддержку.

Литература

1. Кебкал К.Г., Машонин А.И., Мороз Н.В. Пути решения проблем создания сетевой подводной связи и позиционирования // Гироскопия и навигация. 2019. Т. 27. № 2 (105). С. 106–135.

2. Бутырский Е.Ю. Методы моделирования и оценивания случайных величин и процессов. СПб.: Стратегия будущего, 2020. 642 с.
3. Астапкович А.М., Матвеев Д.П. Микроконтроллерные платформы «Миландр» и «Мультикор» // Компоненты и технологии. 2020. № 4. С. 10–17.
4. Способ классификации шумящих объектов: пат. 2570430 С1 Рос. Федерация № 2014141238/28 / В.Г. Тимошенко; заявл. 13.10.2014; опубл.10.12.2015, Бюл. № 34.
5. Method and devices for transmitting and receiving information: pat. US 6985749 B2 / R. Bannash, K. Kebkal. 20.12.2000, 10.08.2002.
6. Digital sonar system. pat. US 5469403A / K. Young, R. Wilkes. 11.08.1992, 21.11.1995.
7. Design of a low-cost underwater acoustic modem / B. Benson [et al.] // Embedded Systems Letters, IEEE. 2010. Т. 2. № 3. р. 58–61.
8. Вершинин А.С. Сравнительный анализ гидроакустических модемов // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). С. 156–161.
9. Емельянов А.А. Моделирование информационных технологий на GPSS // Прикладная информатика. 2007. № 2 (8). С. 83–109.
10. Рыжиков Ю.И. Оценка системы моделирования GPSS WORLD // Информационно-управляющие системы. 2002. № 2. С. 30–38.

References

1. Kebkal K.G., Mashonin A.I., Moroz N.V. Puti resheniya problem sozdaniya setevoy podvodnoj svyazi i pozicionirovaniya // Girokopiya i navigaciya. 2019. Т. 27. № 2(105). С. 106–135.
2. Butyrskij E.Yu. Metody modelirovaniya i ocenivaniya sluchajnyh velichin i processov. SPb.: Strategiya budushchego, 2020. 642 s.
3. Astapkovich A.M., Matveev D.P. Mikrokontrollernye platformy «Milandr» i «Mul'tikor» // Komponenty i tekhnologii. 2020. № 4. С. 10–17.
4. Sposob klassifikacii shumyashchih ob"ektov: pat. 2570430 С1 Ros. Federaciya № 2014141238/28 / V.G. Timoshenkov; zayavl. 13.10.2014; opubl.10.12.2015, Byul. № 34.
5. Method and devices for transmitting and receiving information: pat. US 6985749 B2 / R. Bannash, K. Kebkal. 20.12.2000, 10.08.2002.
6. Digital sonar system. pat. US 5469403A / K. Young, R. Wilkes. 11.08.1992, 21.11.1995.
7. Design of a low-cost underwater acoustic modem / B. Benson [et al.] // Embedded Systems Letters, IEEE. 2010. Т. 2. № 3. r. 58–61.
8. Vershinin A.S. Sravnitel'nyj analiz gidroakusticheskikh modemov // Molodoj uchenyj. 2015. № 12 (92). S. 156–161.
9. Emel'yanov A.A. Modelirovanie informacionnyh tekhnologij na GPSS // Prikladnaya informatika. 2007. № 2 (8). S. 83–109.
10. Ryzhikov Yu.I. Ocenka sistemy modelirovaniya GPSS WORLD // Informacionno-upravlyayushchie sistemy. 2002. № 2. S. 30–38.

УДК 004.055

МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МЧС РОССИИ, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

А.В. Вострых.**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Разработаны модели описания элементов информационных систем как специализированного профиля МЧС России, так и общецелевых, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие. Данные модели позволяют разработать на их основе методику комплексной оценки эффективности графических пользовательских интерфейсов.

Ключевые слова: информационная система, графический пользовательский интерфейс, модели описания элементов информационных систем, когнитивная модель, характеристическая модель

MODELS OF DESCRIPTION OF ELEMENTS OF INFORMATION SYSTEMS OF EMERCOM OF RUSSIA, ORIENTED ON HUMAN-MACHINE INTERACTION

A.V. Vostrykh. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article develops models for describing the elements of information systems of both the specialized profile of EMERCOM of Russia and general-purpose ones focused on human-machine interaction. These models allow us to develop on their basis a methodology for a comprehensive assessment of the effectiveness of graphical user interfaces.

Keywords: information system, graphical user interface, models for describing elements of information systems, cognitive model, characteristic model

Сегодня в мире цифровых технологий новинки информационных систем (ИС) появляются практически каждый день [1]. Их основной задачей является решение информационных потребностей человечества в различных сферах деятельности. Качество ИС во многом зависит от одной из составляющих – графического пользовательского интерфейса (ГПИ) [1].

Многочисленные исследования показали, что эффективность современных ГПИ далека от требуемой [1–5]. В интерфейсах часто нарушаются основные принципы человеко-ориентированного подхода, допускаются логические ошибки в сценариях взаимодействий пользователей с ИС, не учитываются психологические особенности целевой аудитории и воздействие факторов внешней среды.

Низкое качество ГПИ приводит к снижению таких показателей, как субъективная удовлетворённость пользователей от взаимодействия с ИС, скорость работы, скорость обучения, степень сохранения навыков оперирования [2, 3]. Снижение данных показателей в специализированных информационных системах МЧС России недопустимы, так как от них напрямую зависит успех выполнения оперативных задач [6].

Причинами низкой эффективности современных ИС и их ГПИ являются многие факторы, одним из которых является отсутствие методики комплексной оценки эффективности интерфейсов. Разработка и внедрение такой методики в процесс проектирования ИС и их ГПИ позволит выявлять уязвимости и недостатки интерфейсов,

а также предоставит возможность специалистам сравнивать интерфейсы различных ИС между собой для выбора наиболее подходящей с целью решения определённого круга задач.

Для разработки методики комплексной оценки эффективности ГПИ необходимо рассмотреть процесс взаимодействия пользователей с ИС, а также составляющие элементы информационных систем и связи между ними. ИС называют взаимосвязанную совокупность информационных, технических, программных, математических, организационных, правовых, эргономических, лингвистических, технологических средств, а также персонала, предназначенную для сбора, обработки, хранения и выдачи информации [7].

Каждый пользователь имеет определённый спектр информационных потребностей, которые он стремится удовлетворить посредством взаимодействия с выбранной ИС, обладающей, заложенными в неё информационными возможностями. В силу своей физиологической и психологической природы, а также уровня образования каждый пользователь выстраивает в своём сознании определённую ментальную модель, основанную на опыте и знаниях, целью которой является предоставление возможности первоначального взаимодействия с ИС [8–11]. Каждая ИС, обладая высокой сложностью внутренних механизмов и алгоритмов, имеет конкретную модель реализации, которая контрастно отличается от ментальной модели пользователя, вследствие чего возникает понятийный барьер, не позволяющий на должном уровне удовлетворить информационные потребности пользователя. С целью упразднения этого барьера создаются ГПИ, основной задачей которых является создание поверх модели реализации новой модели, максимально приближённой к ментальной модели пользователя. Данная модель носит название модель представления. Процесс взаимодействия пользователей с ИС посредством интерфейсов представлен на рис. 1.

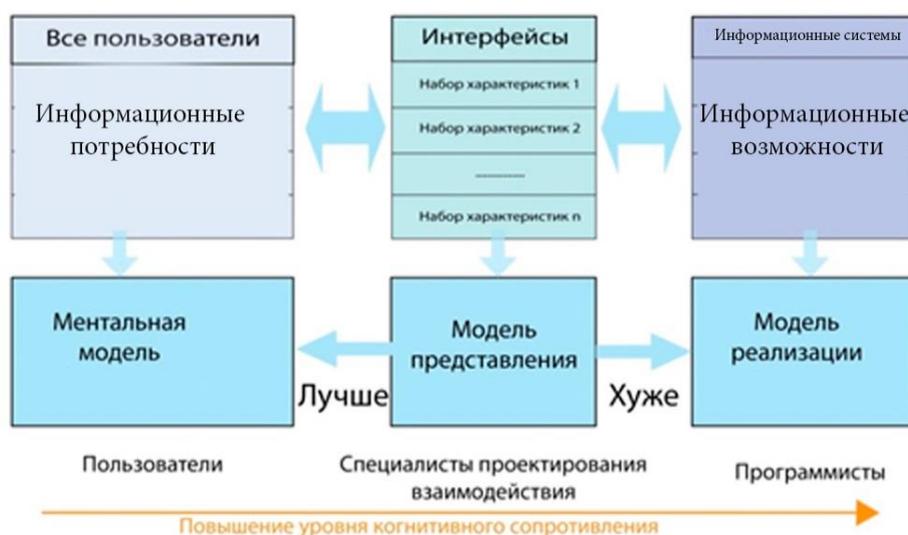


Рис. 1. Процесс взаимодействия пользователей с ИС

Представим данный процесс в виде отношения моделей. Информационные потребности пользователей, а также их характеристики обозначим в виде когнитивной модели описания пользователей целевой аудитории. Данная модель взаимодействует с интерфейсом, который представим в виде модели описания характеристик ГПИ. Таким образом, в виде моделей описания элементов ИС отношение между пользователями и информационными системами можно представить следующей схемой (рис. 2).

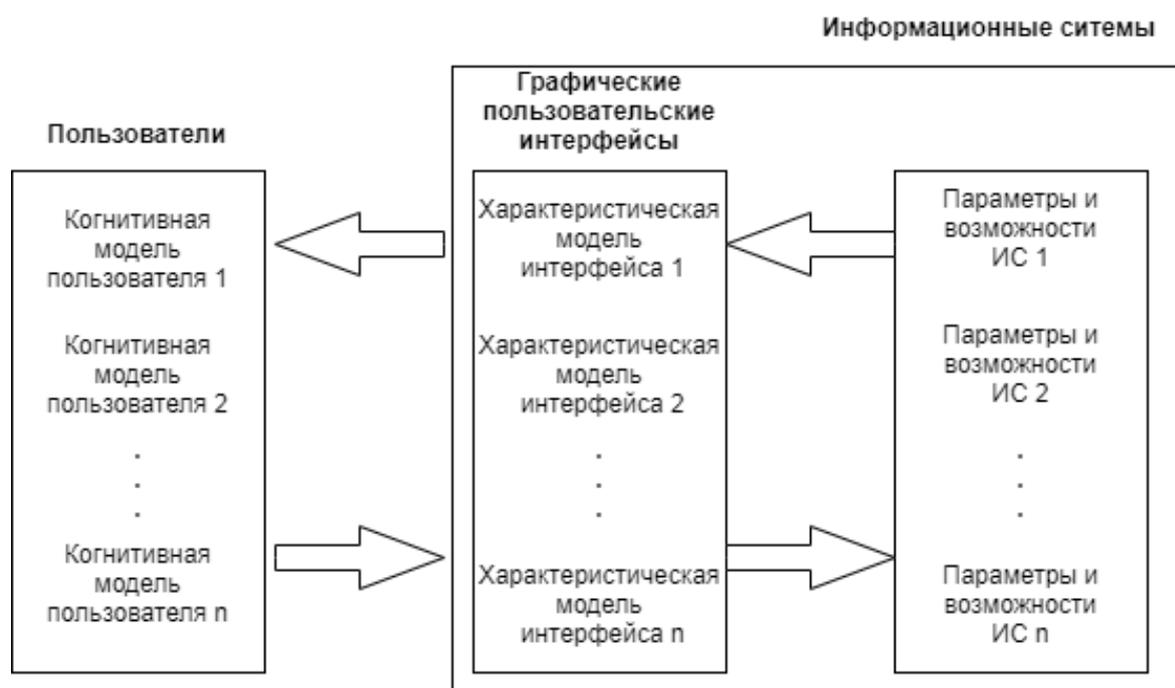


Рис. 2. Модели описания элементов ИС

Актуальность разработки когнитивной модели пользователей заключается в том, что любая ИС создаётся для решения определённого круга задач и имеет ряд характеристик и свойств, позволяющих решать установленные задачи специалистами соответствующего профиля. Данные группы специалистов обладают специфичными знаниями, умениями и способностями, а также относительно определёнными психофизиологическими особенностями, позволяющими решать возникающие перед ними профессиональные задачи [2, 3]. Модели пользователей аккумулируют в себе все основные характеристики целевой аудитории, тем самым позволяют составить список функционала и возможностей будущей ИС согласно этим характеристикам, особенностям профессии и воздействия внешней среды. Тем самым достигается экономия как временных и финансовых ресурсов на разработку ИС (в систему внедряется только необходимый функционал), так и снижается когнитивный диссонанс при освоении программных продуктов пользователями. Когнитивная модель описания пользователей целевой аудитории представлена на рис. 3.

Интерфейс, с которым происходит взаимодействие пользователей, предлагается представить в виде описательной модели ИС, состоящей из характеристик качества ГПИ. Анализ нормативных документов показал отсутствие такой модели в современных стандартах из области проектирования программных продуктов и их интерфейсов, а также выявил ряд недостатков, заключающихся в несогласованности основных понятий качества ГПИ, которые часто неточны, дублируются синонимами и имеют различную пояснительную базу и смысловую нагрузку [8]. Всё это приводит к путанице разработчиков и вынуждает их вводить собственные понятия и определения для описания различных характеристик ГПИ.

Автором настоящей статьи составлен обобщённый список «характеристик качества» ГПИ, представленных в нормативных документах, где каждой характеристике присвоено однозначное определение (табл. 1).

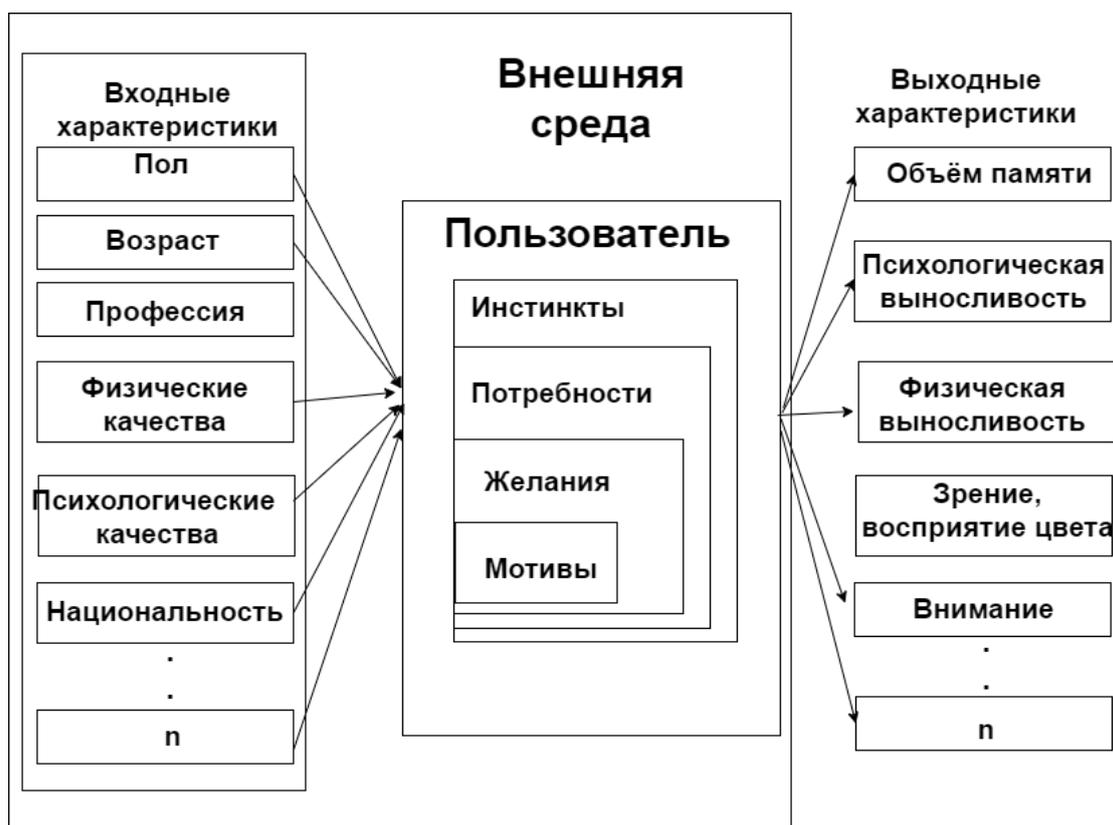


Рис. 3. Когнитивная модель описания пользователей целевой аудитории

Таблица 1. Список «характеристик качества» оценки ГПИ

Наименование	Характеристика
Доступность элементов	Поиск необходимого элемента в интерфейсе должен занимать минимальное время, с минимальной когнитивной и визуальной нагрузкой
Структурность	Расположение элементов в интерфейсе должно происходить с учётом простоты, доступности, активации и визуального поиска
Информативность	Элементы в интерфейсе должны способствовать минимизации информационной нагрузки на пользователей
Читабельность	Приоритетная информация должна выделяться, элементы и описание элементов в интерфейсе должны легко считываться
Стандартность	Использование типовых приёмов, алгоритмов и схем в интерфейсе
Привлекательность (эстетика ГПИ)	Интерфейс должен визуально привлекать пользователей своей современностью, простотой использования, эстетикой
Управляемость	Наличие в интерфейсе атрибутов, обеспечивающих простое управление и контроль
Понятность	Минимальные усилия пользователя по пониманию общей логической концепции и ее применимости в интерфейсе
Обучаемость	Минимальные усилия пользователя по обучению интерфейсом и его применению (например, оперативному управлению, вводу, выводу)
Простота использования	Минимальные усилия пользователя по эксплуатации и управлению интерфейсом
Мобильность	Удобство адаптации интерфейса к различным условиям эксплуатации
Устойчивость к ошибкам	Возможность возобновлять операции с места сбоя или ошибки, без потери временных и информационных ресурсов
Пригодность к индивидуализации	Возможность реализовать индивидуальные предпочтения (выбрать среду вывода или установить настройки звука)

Наименование	Характеристика
Сохранение навыков	Возможность адекватно взаимодействовать с системой после длительных перерывов в работе, без обращения к справочнику
Результативность	Степень реализации запланированной деятельности и достижения запланированных результатов
Эффективность	Показатель, характеризующий соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами
Удовлетворенность	Отсутствие у пользователя дискомфорта при использовании интерфейса

Составленный список «характеристик качества» предлагается в роли эталонного списка, способного покрыть все необходимые составляющие интерфейса для проведения полноценной многокритериальной оценки эффективности ГПИ.

На основе представленного списка построена характеристическая модель параметров качества ГПИ в виде двухуровневой системы, где на первом уровне располагаются показатели качества Шнейдермана [1, 8], а на втором – характеристики стандартов из табл. 1 (рис. 4).



Рис. 4. Двухуровневая система характеристик качества ГПИ

Порядок построения уровней основан на положении того, что показатели качества Шнейдермана (первый уровень) являются «объёмными» терминами, каждый из которых включает в себя по несколько понятий, многогранность которых раскрывается с помощью характеристик из стандартов (второй уровень), список которых позволит проводить более гибкую и многокритериальную оценку ГПИ с применением целеориентированной концепции проектирования интерфейсов [5].

Отношения между характеристиками качества первого и второго уровня представлены в табл. 2, где каждому параметру присвоен вес от 1 до 5, где 1 – наибольший вес.

Таблица 2. Отношения связей между 1 и 2 уровнями системы

1 уровень	2 уровень														
	Структурность	Информативность	Читабельность	Доступность	Привлекательность	Управляемость	Понятность	Обучаемость	Простота	Мобильность	Устойчивость к ошибкам	Индивидуализация	Результативность	Эффективность	Удовлетворенность
Скорость работы	2	2	2	1	5	2	2	3	1	3	3	1	5	2	3
Скорость обучения	2	1	1	1	3	1	1	1	1	3	3	2	1	1	2
Кол-во ошибок	3	2	2	1	4	2	1	2	2	2	1	2	5	2	3
Удовлетворенность	2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	2	1	1	1	1
Сохранение навыков	2	3	2	2	1	2	1	1	1	5	3	1	1	1	1

Сопоставив табл. 2 и рис. 4, можно увидеть степень зависимости между характеристиками первого и второго уровня, что позволяет в дальнейшем, исходя из данных когнитивных моделей пользователей, ранжировать приоритетные задачи по улучшению конкретных характеристик в разрабатываемой ИС.

Таким образом, в настоящей статье разработаны модели описания элементов информационных систем, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие, которые составят основу для разрабатываемой методики комплексной оценки эффективности графических пользовательских интерфейсов информационных систем.

Когнитивная модель описания пользователей целевой аудитории позволит выявить список требований к будущей ИС и её ГПИ, что сократит как временные затраты на проектирование только необходимого функционала, так соответственно и финансовые. Из ИС уйдёт избыточность и перенасыщенность информацией, а у пользователей повысятся такие характеристики, как скорость работы, скорость обучения, субъективная удовлетворённость и степень сохранения навыков оперирования ГПИ. Данные параметры особенно актуальны для системы МЧС России, в которой отсутствуют как модели пользователей, так и какие-либо методики оценки эффективности ГПИ специализированных ИС. Тем самым существующие ИС в МЧС России обладали низким качеством.

В свою очередь, модель описания характеристик качества ГПИ на основе двухуровневой системы при сопоставлении её с когнитивной моделью пользователей позволит конкретизировать задачи и приоритетные направления при разработке ИС в соответствии с целями и задачами целевой аудитории, а также выбрать подходы к оценке ГПИ.

Литература

1. Головач В. Дизайн пользовательского интерфейса. Usethics. 2005–2008. 97 с.
2. Weinschenk S. 100 things every designer needs to know about people. New Riders, 2011. P. 272.
3. Weinschenk S. 100 more things every designer needs to know about people. New Riders, 2016. P. 278.
4. Вострых А.В. Сравнительный анализ методов оценки человеко-машинных интерфейсов // АПИНО-2019: сб. науч. статей VIII Междунар. науч.-техн. конф. 2019. С. 179–1842.
5. Cope A.J., Richmond P. A graphical user interface for the creation of layered neural models // Neuroinformatics. 2017. P. 25–40.

6. Ашкен Э.М., Вострых А.В., Николаев Д.В. Координация спецтранспорта МЧС России посредством визуализированной информационной технологии // Транспорт России: проблемы и перспективы: Междунар. науч.-практ. конф. 2019. С. 188–191.

7. Когаловский М.Р. Перспективные технологии информационных систем. М.: ДМК Пресс: Компания АйТи, 2003. 288 с.

8. Вострых А.В. Терминологический базис оценки пользовательских интерфейсов: обзор стандартов // Актуальные проблемы инфо-телекоммуникаций в науке и образовании. 2020. Т. 2. С. 200–207.

9. Ахунова Д.Г., Вострых А.В., Курта П.А. Оценка пользовательского интерфейса информационных систем посредством моделей качества программного обеспечения // Информатизация и связь. 2020. № 3. С. 127–135.

10. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Программное обеспечение системы поддержки принятия решений по управлению силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 4 (36). С. 75–81.

11. Богданова Е.М., Максимов А.В., Матвеев А.В. Информационная система прогнозирования чрезвычайных ситуаций при использовании адаптивных моделей // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 2. С. 65–70.

References

1. Golovach V. Dizajn pol'zovatel'skogo interfejsa. Usethics. 2005–2008. 97 s.

2. Weinschenk S. 100 things every designer needs to know about people. New Riders, 2011. P. 272.

3. Weinschenk S. 100 more things every designer needs to know about people. New Riders, 2016. P. 278.

4. Vostryh A.V. Sravnitel'nyj analiz metodov ocenki cheloveko-mashinnyh interfejsov // APINO-2019: sb. nauch. statej VIII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. 2019. S. 179–1842.

5. Cope A.J., Richmond P. A graphical user interface for the creation of layered neural models // Neuroinformatics. 2017. P. 25–40.

6. Ashken E.M., Vostryh A.V., Nikolaev D.V. Koordinaciya spectransporta MCHS Rossii posredstvom vizualizirovannoj informacionnoj tekhnologii // Transport Rossii: problemy i perspektivy: Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 2019. S. 188–191.

7. Kogalovskij M.R. Perspektivnye tekhnologii informacionnyh sistem. M.: DMK Press: Kompaniya AjTi, 2003. 288 s.

8. Vostryh A.V. Terminologicheskij bazis ocenki pol'zovatel'skih interfejsov: obzor standartov // Aktual'nye problemy info-telekommunikacij v nauke i obrazovanii. 2020. Т. 2. S. 200–207.

9. Ahunova D.G., Vostryh A.V., Kurta P.A. Ocenka pol'zovatel'skogo interfejsa informacionnyh sistem posredstvom modelej kachestva programmnogo obespecheniya // Informatizaciya i svyaz'. 2020. № 3. S. 127–135.

10. Krupkin A.A., Maksimov A.V., Matveev A.V. Programmnoe obespechenie sistemy podderzhki prinyatiya reshenij po upravleniyu silami i sredstvami garnizona pozharnoj ohrany // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2015. № 4 (36). S. 75–81.

11. Bogdanova E.M., Maksimov A.V., Matveev A.V. Informacionnaya sistema prognozirovaniya chrezvychajnyh situacij pri ispol'zovanii adaptivnyh modelej // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2019. № 2. S. 65–70.

УДК 005.95

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КАНДИДАТОВ НА ВАКАНТНУЮ ДОЛЖНОСТЬ В КАДРОВОЙ СИСТЕМЕ МЧС РОССИИ

А.А. Балобанов.**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматривается возможность автоматизации процедуры оценки кандидатов в системе кадрового обеспечения МЧС России. Проведен анализ методов оценки кандидатов при отборе на вакантную должность. Показано, что в отличие от методов балльной оценки более предпочтительным является метод анализа иерархий, который обеспечивает большую достоверность результатов и технологичность реализации.

Ключевые слова: модель оценки, алгоритм оценки, кадровая система, вакантная должность, метод анализа иерархий

THE MODEL AND ALGORITHM FOR EVALUATING CANDIDATES FOR A VACANT POSITION IN THE HUMAN RESOURCES OF THE EMERCOM OF RUSSIA

A.A. Balobanov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

To ensure the system of staffing the EMERCOM of Russia with highly qualified personnel in modern conditions of an increasing flow of information and reducing the time for its processing while maintaining the reliability of the information received and, if possible, increasing it, there is a need to improve the personnel selection and evaluation process.

Keywords: assessment model, assessment algorithm, personnel system, vacant position, analytic hierarchy process

Кадровые вопросы всегда были и остаются наиболее важными и сложными в процессе организации работы любой организации. Качество выполняемых задач, возложенных на МЧС России, напрямую зависит от компетентности кадровой составляющей [1].

В деятельности кадровых служб существует ряд проблем, связанных с качеством принимаемых решений, которые напрямую влияют на деятельность министерства [2]. Качество отбора и оценки претендентов можно повысить путем разработки и внедрения в информационном обеспечении кадровой службы системы поддержки принятия решений. В ее основе лежат модели и алгоритмы отбора и оценки кандидатов на вакантные должности в системе МЧС России.

Повышение достоверности информации и поиск более рационального решения возможны путем автоматизации процесса оценки кандидатов на вакантную должность [3]. Общая схема системы поддержки принятия решений представлена на рис. 1.

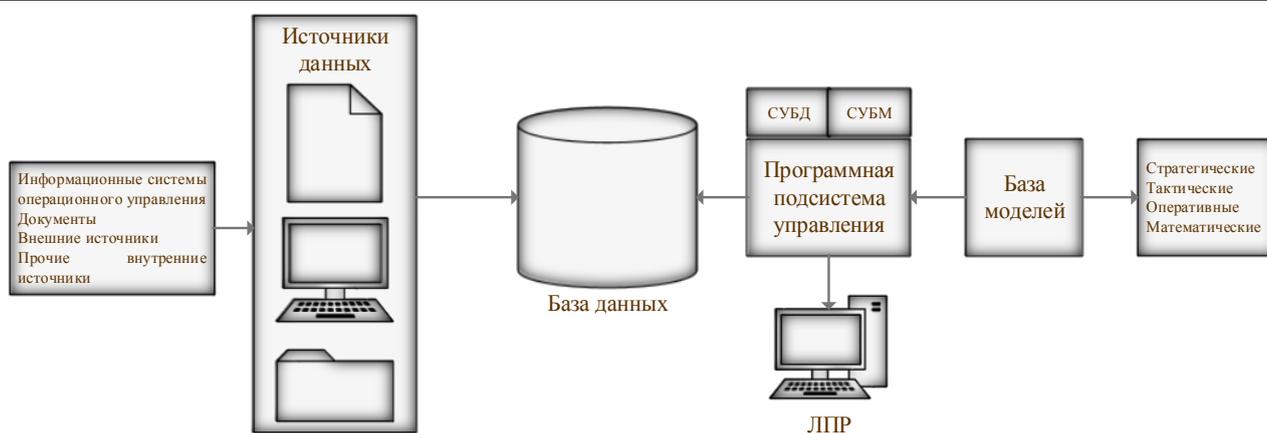


Рис. 1. Общая схема системы поддержки принятия решений (СУБД – система управления базами данных; СУБМ – система управления базами моделей; ЛПР – лицо, принимающее решения)

Основными ее элементами являются:

- база данных (информация поступает из различных источников);
- база моделей (стратегические, тактические, оперативные, математические);
- программная подсистема (СУБД, СУБМ и системы управления интерфейсом между пользователем и компьютером).

При проведении поиска и отбора кандидатов на вакантные должности необходимо провести исследование кандидатов по различным характеристикам [4].

Процесс исследования как единого целого носит сложный характер в связи с большим количеством воздействующих факторов. При этом количественная оценка некоторых связей обусловлена недостаточностью или полным отсутствием информации. В этом случае определение связей осуществляется экспертным путем. Для каждой связи осуществляется поиск весового коэффициента, определяющего степень его влияния на конечный результат.

Для оценки «весов» каждой связи могут использоваться различные методы, такие как: прямая расстановка, ранжирование факторов, присвоение факторам коэффициентов и т.д.

Данные методы обладают рядом условностей, усложняющих процедуру оценки. Обойти условности, осложняющие использование этих методов, позволяет разработанный Т. Саати метод анализа иерархий (МАИ) [5].

В процессе использования данного метода происходит парное сравнение факторов по степени их влияния на конечную цель, без учета влияния на них других факторов. Для количественного оценивания разработана специальная шкала, включающая в себя основные и промежуточные значения, от равной важности до сильной предпочтительности одного над другим.

При использовании метода пропадает необходимость дополнительной оценки согласованности работы экспертов, поскольку данный инструмент уже используется в самом методе, что дает возможность получить информацию о численных и порядковых нарушениях в работе экспертов.

МАИ выступает достаточно эффективным инструментарием при решении многокритериальных задач, где в качестве основных используются экспертные методы и, в частности, для задач по составлению и оценке профессионально-важных качеств сотрудников МЧС России.

Рассмотрим математическую модель, разработанную на основе МАИ [6].

Исходной информацией для постановки задачи являются:

- список предполагаемых кандидатов;
- перечень критериев, характерных для предполагаемой должности;

- шкала сравниваемых значений, при условии проведения предварительной экспертной оценки;
- числовые оценки сравнения предполагаемых альтернатив.

На первом этапе определяется количество сравниваемых уровней критериев и выстраивается иерархическая структура (рис. 2) [7].

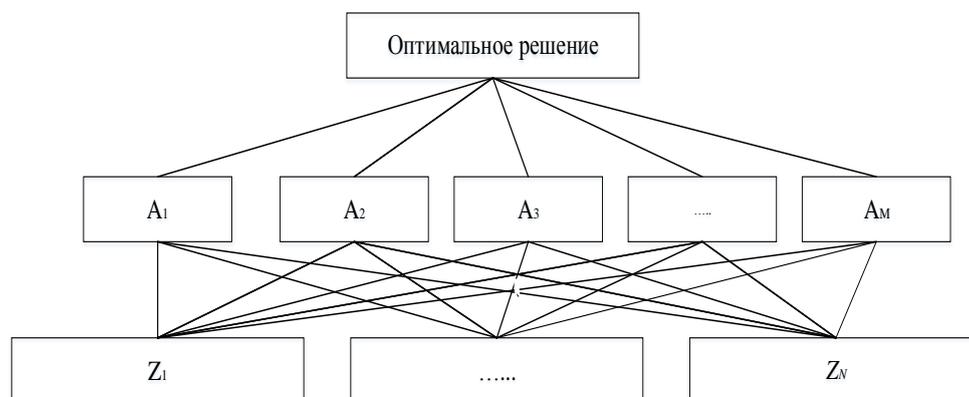


Рис. 2. Иерархическая структура задачи многокритериального выбора

Затем проводится парное сравнение критериев по степени предпочтительности, от равной предпочтительности до абсолютного предпочтения.

$$A = |a_{ij}|, i, j = 1, 2, \dots, M;$$

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}},$$

где M – количество критериев; $M=1, 2, \dots, m$; N – количество кандидатов; $N=1, 2, \dots, n$; A – наименование критериев; Z – наименование кандидатов; a – весовой показатель критериев.

Матрица суждений сравнения показателей критериев приведена в табл. 1.

Таблица 1. Матрица суждений сравнения показателей критериев

Сравнение критериев	A_1	A_2	....	A_M	Компоненты собственного вектора W_i	Компоненты нормализованного вектора приоритетов \bar{W}
A_1	a_{11}	a_{12}	....	a_{1M}	$W_1 = \sqrt[M]{a_{11} \times a_{12} \times \dots \times a_{1M}}$	$\bar{W}_{11} = \frac{W_1}{S}$
A_2	a_{21}	a_{22}	....	a_{2M}	$W_2 = \sqrt[M]{a_{21} \times a_{22} \times \dots \times a_{2M}}$	$\bar{W}_{12} = \frac{W_2}{S}$
....
A_M	a_{M1}	a_{M2}	....	a_{MM}	$W_M = \sqrt[M]{a_{M1} \times a_{M2} \times \dots \times a_{MM}}$	$\bar{W}_{1M} = \frac{W_M}{S}$
	S_1	S_2	....	S_M		
$S = W_1 + W_2 + \dots + W_M$						

На следующих этапах задается для матрицы суждений вектор-строки S_i столбцовых сумм (формула 1), вектор приоритетов W_i (формула 2), вектор-строка столбцовых сумм компонентов собственного вектора матрицы суждений (формула 3) и нормализованный

собственный главный вектор W_{ij} (формула 4):

$$S_M = a_{M1} \times a_{M2} \times \dots \times a_{MM}; \quad (1)$$

$$W_M = \sqrt[M]{a_{M1} \times a_{M2} \times \dots \times a_{MM}}; \quad (2)$$

$$S = W_1 + W_2 + \dots + W_M; \quad (3)$$

$$\bar{W}_{1M} = \frac{W_M}{S}. \quad (4)$$

Максимальные собственные значения λ_{max} матрицы суждения вычисляем, исходя из найденных на предыдущих этапах величин S_i и W_{ij} :

$$\lambda_{max} = S_1 \times W_{11} + S_2 \times W_{12} + \dots + S_M \times W_{1M}. \quad (5)$$

Найденное λ_{max} определяет индекс согласованности:

$$ИС = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}. \quad (6)$$

Согласованность положительной обратносимметричной матрицы равносильна равенству:

$$\lambda_{max} = n.$$

Исходя из вышесказанного, можно утверждать, что всегда верно соотношение $\lambda_{max} \geq n$, из которого следует неравенство:

$$(\lambda_{max} - n) > 0.$$

Зная индекс согласованности, через индекс случайной согласованности (СС) можно найти отношения согласованности (табл. 2):

$$ОС = \frac{ИС}{СС}. \quad (7)$$

Таблица 2. Значения СС для случайных матриц [8]

Порядок матрицы n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайная согласованность СС	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

В случае когда $ОС \geq 0,1$, опять попарно сравниваются элементы каждого уровня и соответственно находится матрица попарных значений данного уровня (табл. 3).

Таблица 3. Матрица суждений сравнения показателей альтернатив по каждому критерию

Сравнение критериев	Z_1	Z_2	....	Z_M	Компоненты собственного вектора W_i	Компоненты нормализованного вектора приоритетов \bar{W}
Z_1	b_{11}	b_{12}	....	b_{1N}	$W_1 = \sqrt[N]{b_{11} \times b_{12} \times \dots \times b_{1N}}$	$\bar{W}_{11} = \frac{W_1}{S}$
Z_2	b_{21}	b_{22}	....	b_{2N}	$W_2 = \sqrt[N]{b_{21} \times b_{22} \times \dots \times b_{2N}}$	$\bar{W}_{12} = \frac{W_2}{S}$
....
Z_N	b_{N1}	b_{N1}	....	b_{NN}	$W_N = \sqrt[N]{b_{N1} \times b_{N2} \times \dots \times b_{NN}}$	$\bar{W}_{1N} = \frac{W_N}{S}$
	S_1	S_2	....	S_N		
$S = W_1 + W_2 + \dots + W_N$						

Повторяя этапы (1–6), но уже для значений текущего уровня, задаем для матрицы суждений вектор-строки S_i столбцовых сумм (формула 8), вектор приоритетов W_i (формула 9), вектор-строку столбцовых сумм компонентов собственного вектора матрицы суждений (формула 10) и нормализованный собственный главный вектор W_{ij} (формула 11):

$$S_M = b_{N1} \times b_{N2} \times \dots \times b_{NN}; \tag{8}$$

$$W_N = \sqrt[N]{b_{N1} \times b_{N2} \times \dots \times b_{NN}}; \tag{9}$$

$$S = W_1 + W_2 + \dots + W_N; \tag{10}$$

$$\bar{W}_{1N} = \frac{W_N}{S}; \tag{11}$$

$$\lambda_{n\max} = S_1 \times W_{11} + S_2 \times W_{12} + \dots + S_N \times W_{1N}.$$

Далее по формулам (6, 7) находятся для текущего уровня индексы согласованности и отношения согласованности.

При $OS \geq 0,1$ опять попарно сравниваются элементы каждого уровня и задается новая матрица попарных значений следующего уровня.

Количество критериев отбора определяет, сколько таких повторов необходимо сделать (n матриц = n повторений операций).

Завершается алгоритм заданием общего вектора приоритетов \bar{W}_{M+1} (12, 13) и выбором оптимальной альтернативы Π_{opt} (13), с учетом поправочного коэффициента:

$$\bar{W}_{M+1} = B \times \bar{W}_M, \tag{12}$$

где B – матрица-компонент нормированных векторов приоритетов альтернатив первого уровня; \bar{W}_M – нормированный вектор приоритета критериев второго уровня.

$$\Pi_{opt}: \max\{W_{M+11} \times D_1; W_{M+12} \times D_2; \dots; W_{M+1N} \times D_N\}, \tag{13}$$

где D_i – достоверность сведений, поступивших от i -го кандидата.

Представленная математическая модель гарантирует высокую степень объективности при выборе кандидатов, так как охватывает широкий спектр качественных и количественных характеристик претендентов.

Данный коэффициент позволит учитывать достоверность сведений, полученных в процессе анкетирования, сгладить возможные ошибки при получении конечного результата.

Для реализации математической модели в процессе оценки кандидатов может быть использован алгоритм, представленный на рис. 3 [8].

Алгоритм позволяет реализовать математическую модель, включая подготовительные этапы для проведения процедуры оценки кандидатов на вакантную должность с выводом конечного результата по предпочтительности.

Программная реализация разработанного алгоритма позволяет осуществить по ряду выбранных критериев оценку сотрудников на вакантные должности в системе МЧС России. Такими критериями могут быть – опыт в ликвидации чрезвычайных ситуаций, стаж, количество поощрений, участие в гуманитарных мероприятиях и т.д. Конечные результаты реализации алгоритма представлены в виде диаграммы нормированных показателей по всем кандидатам на замещаемую вакантную должность в системе МЧС России.

В качестве примера рассмотрена оценка шести кандидатов с учётом семи выбранных характерных критериев на вакантную должность преподавателя вуза в системе МЧС России [9, 10].

Исходные данные приведены в табл. 4. Альтернатива и порядковый номер соответствуют идентификатору кандидата.

Таблица 4. Информация о кандидатах на вакантную должность в системе МЧС России

№ п/п	Наименование критерия	Наименование альтернатив					
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
1.	k_1	10	12	17	15	19	24
2.	k_2	28	30	39	34	36	41
3.	k_3	2	2	5	1	7	12
4.	k_4	1	–	–	–	2	–
5.	k_5	Переводчик	–	Электрик	Водолаз	–	Альпинист, электрик
6.	k_6	1	1	3	2	2	4
7.	k_7	–	1	–	–	–	Снято 2015 г.

В табл. 4 альтернативу обозначим $A_j = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_j\}$, где $j=1 \dots 6$, а критерии $K_i = \{k_1, k_2, k_3, \dots, k_i\}$, где $i=1 \dots 7$.

Критериям присвоим следующие качественные значения:

k_1 – опыт по направлению;

k_2 – возраст;

k_3 – количество наград;

k_4 – наличие научных трудов;

k_5 – наличие дополнительной профессии;

k_6 – количество пройденных переподготовок;

k_7 – наличие взысканий.

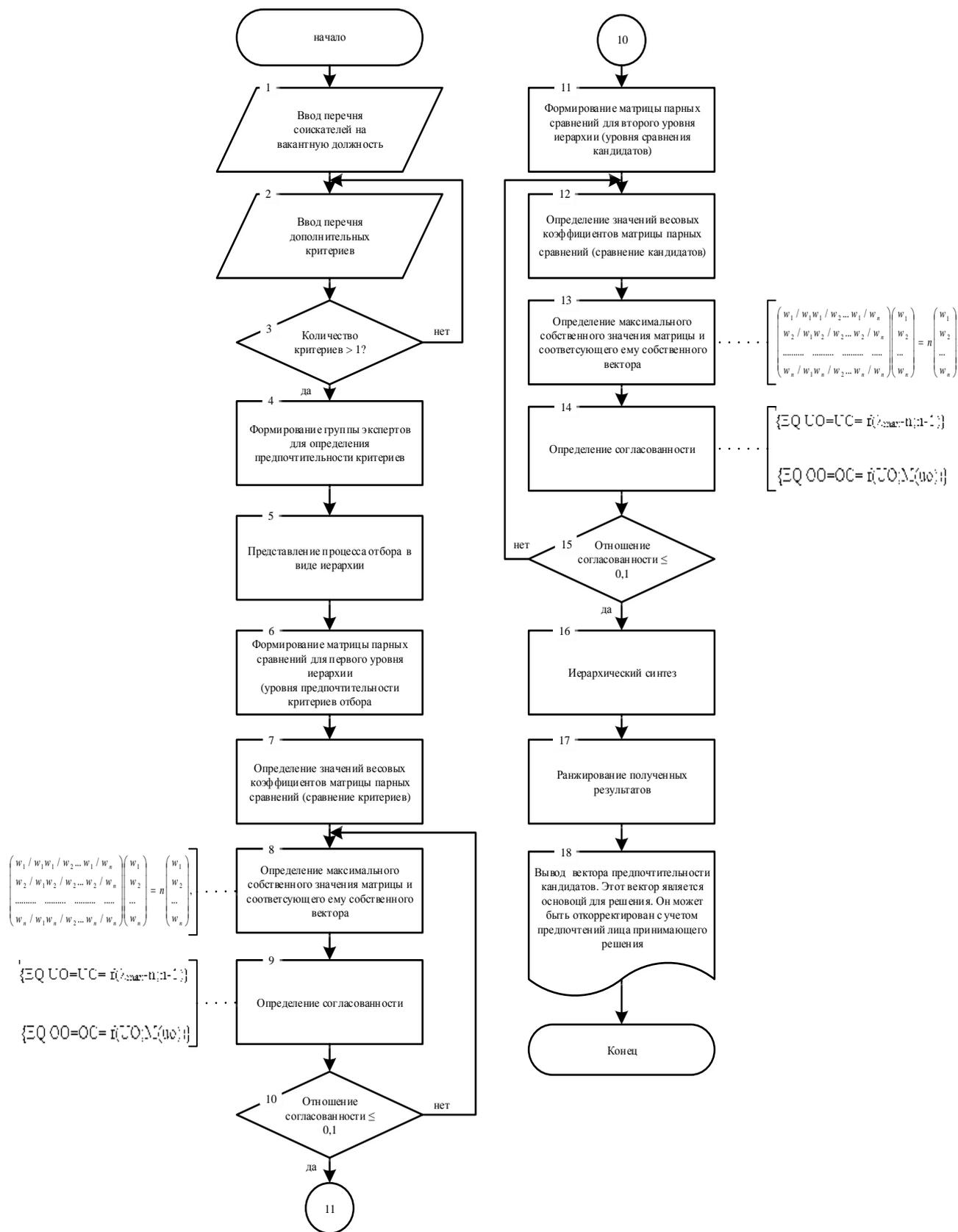


Рис. 3. Блок-схема оценки кандидатов на вакантную должность

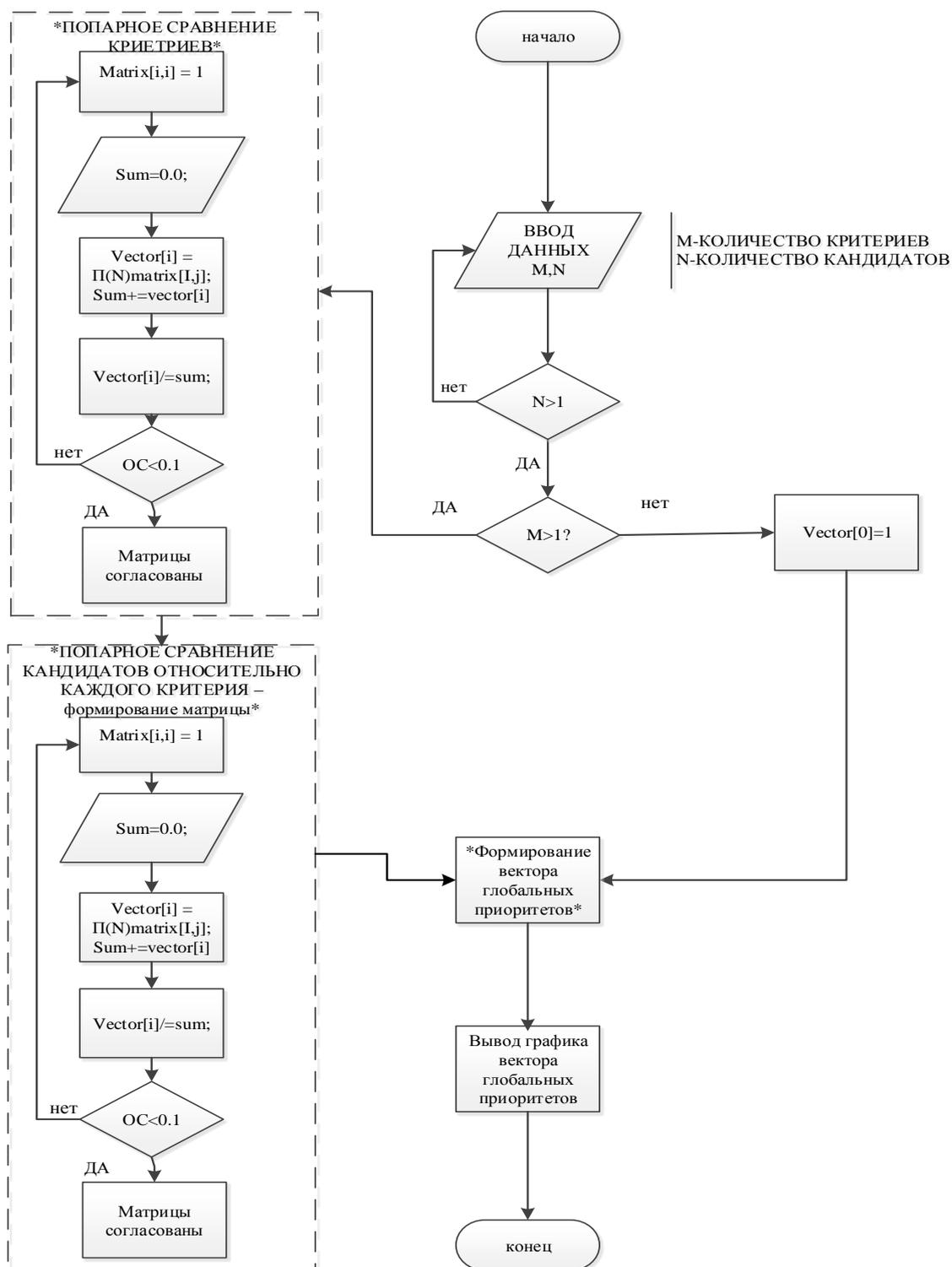


Рис. 4. Блок-схема программной реализации алгоритма оценки кандидатов на вакантную должность

Данный программный продукт может выступать как самостоятельным инструментом кадровой оценки, так и в качестве подсистемы автоматизированной системы управления единой системой подготовки профессиональных кадров для МЧС России. Внедрение разработанной программы в качестве модуля имеющейся системы позволит использовать исходную информацию базы данных данной системы.

Литература

1. Система управления кадровым потенциалом современной организации / Н.Р. Бальнская [и др.] // Вопросы управления. 2016. № 2 (20). С. 214–220.
2. Корольков А.П., Анашечкин А.Д., Балобанов А.А. Формирование кадровых потоков в системе МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 4. С. 55–59.
3. Балобанов А.А. Управленческие решения при подборе кадров и профессиональная подготовка сотрудников для ликвидации чрезвычайных ситуаций // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. № 1-2 (5).
4. Рыженко Н.Ю., Долгополов С.С. Адаптация методов и моделей поддержки управления персоналом к системе МЧС России // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. № 1-2 (5).
5. Saaty, Thomas L. Ernest H. Forman. The Hierarchon: A Dictionary of Hierarchies. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 1992. ISBN 0-9620317-5-5. 496 p.
6. Гамаонов В.Г., Олисаев Э.Г. Формализация задачи подбора персонала с применением системного подхода // Вестник Брянского государственного технического университета. 2018. № 3 (64).
7. Балобанов А.А., Корольков А.П., Сапелкин А.И. Модель оценки кандидатов на вакантную должность в системе МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 3. С. 81–86.
8. Автоматизация процесса аттестации сотрудников компании на основе метода анализа иерархий / Е.Н. Шафоростова [и др.] // Объектные системы. 2015. № 11.
9. Пронюшкина Т.Г. Эффективность управления персоналом // Russian Journal of Education and Psychology. 2016. № 9 (65).
10. Герасимов К.Б. Методика исследования персонала при отборе кандидата на вакантную должность в процессе ротации // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2015. № 5.

References

1. Sistema upravleniya kadrovym potencialom sovremennoj organizacii / N.R. Balynskaya [i dr.] // Voprosy upravleniya. 2016. № 2 (20). S. 214–220.
2. Korol'kov A.P., Anashechkin A.D., Balobanov A.A. Formirovanie kadrovyyh potokov v sisteme MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 4. S. 55–59.
3. Balobanov A.A. Upravlencheskie resheniya pri podbore kadrov i professional'naya podgotovka sotrudnikov dlya likvidacii chrezvychajnyh situacij // Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij. 2016. № 1-2 (5).
4. Ryzhenko N.Yu., Dolgopolov S.S. Adaptaciya metodov i modelej podderzhki upravleniya personalom k sisteme MCHS Rossii // Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij. 2016. № 1-2 (5).
5. Saaty, Thomas L. Ernest H. Forman. The Hierarchon: A Dictionary of Hierarchies. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications, 1992. ISBN 0-9620317-5-5. 496 p.
6. Gamaonov V.G., Olisaev E.G. Formalizaciya zadachi podbora personala s primeneniem sistemnogo podhoda // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2018. № 3 (64).
7. Balobanov A.A., Korol'kov A.P., Sapelkin A.I. Model' ocenki kandidatov na vakantnyuyu dolzhnost' v sisteme MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2019. № 3. S. 81–86.
8. Avtomatizaciya processa attestacii sotrudnikov kompanii na osnove metoda analiza ierarhij / E.N. Shaforostova [i dr.] // Ob"ektnye sistemy. 2015. № 11.
9. Pronyushkina T.G. Effektivnost' upravleniya personalom // Russian Journal of Education and Psychology. 2016. № 9 (65).

10. Gerasimov K.B. Metodika issledovaniya personala pri otbore kandidata na vakantnuyu dolzhnost' v processe rotacii // Gumanitarnye, social'no-ekonomicheskie i obshchestvennyye nauki. 2015. № 5.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Августинова Наталья Сергеевна – ст. препод. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85;

Богданова Екатерина Михайловна – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Балобанов Андрей Александрович – препод. каф. систем. анализа и антикризис. упр. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Буйневич Михаил Викторович – проф. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Вострых Алексей Владимирович – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Вытовтов Алексей Владимирович – Воронеж. гос. техн. ун-т (394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231), канд. техн. наук;

Гавкалиук Богдан Васильевич – нач. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Горбунов Алексей Александрович – зам. нач. СПб ун-та ГПС МЧС России по учебной работе (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук, доц.;

Грешных Антонина Адольфовна – декан фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. юрид. наук, д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Ефимов Вадим Вячеславович – аспирант СПб политехн. ун-та Петра Великого (194064, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29);

Занин Владислав Юрьевич – советник ген. дир. АО «НПП ПТ «Океанос» (194295, Санкт-Петербург, Поэтический бульвар, д. 2, лит. А);

Калач Андрей Владимирович – нач. каф. безопасн. информ. и защ. сведений, состав. гос. тайну Воронеж. ин-та ФСИН России (394072, г. Воронеж, ул. Иркутская, д. 1 а), д-р хим. наук, проф.;

Комашинский Владимир Ильич – зав. лаб. проблем экологии транспорт. систем Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, В.О., 12 линия, д. 13), д-р техн. наук, доц.;

Королев Денис Сергеевич – Воронеж. гос. техн. ун-т (394000, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84), канд. техн. наук;

Корольков Анатолий Павлович – проф. каф. систем. анализа и антикризис. упр. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, проф.;

Кузьмин Анатолий Алексеевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kaa47@mail.ru, канд. пед. наук, доц.;

Ложкин Владимир Николаевич – проф. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки РФ; акад. и лауреат НАНПБ;

Ложкина Ольга Владимировна – проф. каф. физ.-хим. основ проц. горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. хим. наук, доц., д-р техн. наук;

Маевский Андрей Михайлович – рук. отд. морской роботехн. СПб гос. морского техн. ун-та (190121, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, д. 3);

Матвеев Александр Владимирович – зав. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Медведева Людмила Владимировна – зав. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Метельков Александр Николаевич – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. юрид. наук;

Минаков Владимир Федорович – проф. каф. информатики СПб гос. эконом. ун-та (191028, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30–32), д-р техн. наук;

Нефедьев Сергей Аркадьевич – проф. каф. пож. безопасн. технол. проц. и производств СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р воен. наук, проф.;

Ничепорчук Валерий Васильевич – ст. науч. сотр. отд. прикл. информ. Ин-та вычислительного моделирования Сибирского отделения РАН (660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 44), e-mail: valera@icm.krasn.ru, канд. техн. наук;

Онов Виталий Александрович – нач. центра орг. науч. исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: opov.va@igprs.ru, канд. техн. наук, доц.;

Остудин Никита Вадимович – зам. нач. отд. пространств. данных упр. космич. мониторинга ГУ НЦУКС МЧС России (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1, стр. 1), канд. техн. наук;

Панкратова Мария Валентиновна – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Пермяков Алексей Александрович – зам. нач. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

Пономорчук Александр Юрьевич – инженер отд. связи и сетевых технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Рева Юрий Викторович – доц. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук, доц.;

Романов Николай Николаевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Савчук Олег Николаевич – проф. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85, e-mail: savchuk.o@igprs.ru, канд. техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ, почет. проф. ун-та;

Скороходов Дмитрий Алексеевич – гл. науч. сотр. Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, В.О., 12 линия, д. 13), д-р техн. наук, проф.;

Соколов Сергей Викторович – проф. каф. упр. и экон. ГПС Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), д-р техн. наук, проф.;

Сушко Елена Анатольевна – Воронеж. гос. техн. ун-т (394000, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 84), канд. техн. наук, доц.;

Сычева Эвелина Владимировна – доц. каф. экон. и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. экон. наук, доц.;

Таранцев Александр Алексеевич – проф. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Трофимец Валерий Ярославович – проф. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Турсенев Сергей Александрович – зам. нач. центра орг. науч. исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Фам Куок Хынг – адъюнкт ин-та подгот. иностр. граждан Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4);

Чикитов Юрий Иннокентьевич – соискатель СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Шарапов Сергей Владимирович – проф. каф. криминал. и инж.-техн. экспертиз СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Шарафутдинова Таисия Константиновна – ст. препод. каф. радиоэлектроники ВМПИ ВУНЦ ВМФ «ВМА» (198516, г. Петергоф, ул. Разводная, д. 15).