

СОДЕРЖАНИЕ 3–2021

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

Малыгин И.Г., Королев О.А. Применение автоматизированной информационно-управляющей системы мониторинга чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте.

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Гремин Ю.В., Самигуллин Г.Х. Оценка опасных факторов пожара на объектах водного транспорта.

Ложкина О.В., Онов В.А., Комашинский В.И. Информационный процесс мониторинга и прогнозирования опасного воздействия дыма торфяного пожара на безопасность дорожного движения.

Моторыгин Ю.Д., Акимова А.Б. Методика управления пожарной безопасностью на автостоянках закрытого типа.

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

Галишев М.А., Лебедев А.Ю. Изучение изменения элементного состава лакокрасочного покрытия при нагреве для установления направленности распространения горения на пожаре.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

Десницкий В.А. Классификация и анализ атак исчерпания энергоресурсов в критически важных киберфизических системах с беспилотными летательными аппаратами.

Дворников С.В., Марков Е.В. Моделирование операций корреляции сигналов при цифровой обработке.

Ничепорчук В.В., Калач А.В., Крутолапов А.С. Проектирование информационно-аналитической системы обеспечения природно-техногенной безопасности.

Терехин С.Н., Минкин Д.Ю., Вострых А.В. Алгоритм оценки гармоничности цветовой схемы графических пользовательских интерфейсов информационного обеспечения деятельности подразделений МЧС России.

Ложкин В.Н. Организация информационного процесса локального контроля поллютантов автотранспорта с элементами цифровизации.

Наумов В.В., Захарова Е.А. К вопросу оценки эффективности информационно-аналитической деятельности органов управления.

Вилков В.Б., Горшкова Е.Е., Черных А.К. Решение задачи нахождения оптимального маршрута патрулирования действующих лесных пожаров в заданном районе.

Остах С.В. Принципы информационно-управленческой интеграции экологического мониторинга и эшелонированной защиты природно-антропогенного объекта.

Шевцов М.В., Онов В.А. Разработка алгоритма описания потоков информации между участниками пожаротушения методом контекстно-свободных грамматик.

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Зубова Л.В., Мартыненко О.В., Гоцкая Н.Р. Концептуальная модель рисков системы технологического обеспечения разработки и производства ракетно-космической техники.

Трофимец В.Я., Минаков В.Ф., Трофимец Е.Н. Совершенствование модели обоснования управленческих решений о модернизации сложных систем в силовых структурах.

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

Губанова О.А., Агеев П.М., Сурмило С.В. Психолого-педагогические основы воспитания лидерских качеств курсантов МЧС России.

Чижовская Е.В., Шляпников В.Н., Стрельцов О.В. Особенности волевой регуляции личности курсантов разных курсов Академии ГПС МЧС России.

Поляков Е.А. Аспекты разработки программного обеспечения для проведения практических занятий в условиях самоизоляции.

Булат Р.Е., Иванова Т.В., Бойчорова Х.С. Нормативно-методическая база и научные основы разработки системы психофизиологического обеспечения деятельности личного состава подразделений МЧС России в Арктическом регионе.

ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Вострых А.В. Методика комплексной оценки эффективности графических пользовательских интерфейсов информационных систем МЧС России.

Лупанова А.В. Алгоритм поддержки принятия решений при управлении подготовкой специалистов в сфере безопасности.

Ефимов В.В. Методика прагматического анализа информации состояния «облачного» сервиса в интересах организации интерфейса службы эксплуатации глобально распределенной информационной системы.

Уткин О.В. Отбор кандидатов в магистратуру образовательных организаций МЧС России с использованием адаптивной методики оценки на основе аппарата нечеткой логики.

Сведения об авторах

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

УДК 004.932.2, 681.516.7.015.2

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

И.Г. Малыгин, доктор технических наук, профессор;

О.А. Королев.

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко

Российской академии наук

В результате анализа статистических данных смертности на дорогах Европы и России сделан вывод о необходимости внедрения технологий автоматизации и интеллектуализации транспортных систем, способствующих обеспечению системного подхода при решении проблемы безопасности дорожного движения. В рамках разработанной в Институте проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук модели интеллектуальной мультимодальной транспортной системы предложены архитектура и структура автоматизированной информационно-управляющей системы мониторинга чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте, позволяющей на основе разработанных авторами методов классификации и спектральной обработки изображений дорожно-транспортных происшествий обеспечить оперативную доставку видеоинформации в центры управления МЧС России. Приведены состав и описание основных подсистем автоматизированной информационно-управляющей системы мониторинга чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте.

Ключевые слова: автоматизированная информационно-управляющая система, изображение дорожно-транспортного происшествия, оперативная доставка видеоинформации, автомобильный транспорт

APPLICATION OF AUTOMATED INFORMATION AND CONTROL SYSTEM FOR MONITORING EMERGENCY SITUATIONS IN ROAD TRANSPORT

I.G. Malygin; O.A. Korolev.

Solomenko Institute of transport problems of the Russian academy of sciences

As a result of the analysis of statistical data on road deaths in Europe and Russia, it is concluded that it is necessary to introduce automation technologies and intellectualization of transport systems that contribute to ensuring a systematic approach to solving the problem of road safety. Within the framework of the model of an intelligent multimodal transport system developed by the Solomenko Institute of transport problems of the Russian academy of sciences,

the architecture and structure of the automated information and control system for monitoring emergency situations in road transport are proposed, which allows, based on the methods of classification and spectral image processing of road accidents developed by the authors, to ensure the prompt delivery of video information to the control centers of the EMERCOM of Russia. The composition and description of the main subsystems of the automated information and control system for monitoring emergency situations in road transport are given.

Keywords: automated information and control system, traffic accident image, prompt delivery of video information, road transport

Анализ состояния безопасности дорожного движения в России и мире

Согласно данным Всемирной организацией здравоохранения [1] достижение нулевого показателя смертности на дорогах стран Европы и СНГ предполагает применение системного подхода к обеспечению безопасности дорожного движения, в рамках которого постулируются факты уязвимости человеческого организма перед всевозможными травмами и склонности человека к совершению ошибок. Системный подход включает комплекс взаимодополняющих мер, направленных на повышение безопасности дорог и транспортных средств, снижение скорости движения в населенных пунктах и за их пределами и более безопасного поведения пользователей дорог, позволяющие минимизировать последствия ошибок, приводящих к авариям, травматизму и человеческим жертвам. Необходимо отдельно отметить важность оказания своевременной медицинской помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП), которая невозможна без оперативной передачи информации о случившемся происшествии в центры управления МЧС России и быстрой доставки оперативных служб МЧС России до места аварии. Эффективные и высококачественные услуги экстренной медицинской помощи позволяют улучшить показатели здоровья и выживаемости после ДТП. Системный подход по обеспечению безопасности позволяет сформировать целостный механизм анализа факторов риска и мероприятий, направленных на снижение дорожно-транспортного травматизма.

Анализ статистики ДТП в Российской Федерации показывает, что Россия существенно отстает от передовых стран в сфере обеспечения безопасности дорожного движения, что подтверждается, в частности, данными ВОЗ по смертности на автомобильных дорогах за 2018 г. Наиболее безопасными являются дороги стран Европы, Канады, Австралии, Новой Зеландии и Японии, где показатель смертности не превышает восемь человек на 100 тыс. населения [2].

Самые низкие показатели – в Норвегии и Швейцарии (по 2,7 погибших на 100 тыс. населения). В Российской Федерации за 2018 г. зафиксировано 18,0 смертельных случаев на 100 тыс. человек, что позволяет занять в рейтинге ВОЗ 103-е место в окружении Таджикистана (18,1 смертельных случаев на 100 тыс. человек) и Казахстана (17,6 смертельных случаев на 100 тыс. человек). Дополнительно необходимо отметить, что величина показателя смертности не отражает всей картины последствий от ДТП, так как на каждый случай смерти приходится множество происшествий, сопровождающихся травмами, приводящими к инвалидности пострадавших, тем самым оказывающих разрушительное воздействие на дальнейшую жизнь людей. По оценкам Европейской ассоциации по предупреждению травматизма и содействию безопасности (EuroSafe) более 3 млн человек в ЕС получали травмы в результате ДТП ежегодно в период с 2012 по 2014 г. На каждого умершего от травм, полученных в ДТП, в этот период приходилось 20 госпитализированных (более 600 000 случаев ежегодно), и еще 89 человек (более 2,7 млн случаев ежегодно) получали лечение амбулаторно, что в общей сложности составило 109 получивших несмертельные травмы в результате ДТП на каждого погибшего [3].

В условиях кратного возрастания количества личного автотранспорта, увеличения объёмов пассажиро- и грузоперевозок важной законодательной мерой для исправления сложившейся ситуации и развития транспортной инфраструктуры стал Указ Президента

Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [4], который поставил перед Правительством Российской Федерации задачу до 2024 г. при создании безопасных и качественных автомобильных дорог обеспечить:

– снижение количества мест концентрации ДТП (аварийно-опасных участков) на дорожной сети в два раза по сравнению с 2017 г.;

– снижение смертности в результате ДТП в 3,5 раза по сравнению с 2017 г. – до уровня, не превышающего четырех человек на 100 тыс. населения (к 2030 г. – стремление к нулевому уровню смертности);

– внедрение автоматизированных и роботизированных технологий организации дорожного движения и контроля за соблюдением правил дорожного движения.

Анализ европейского опыта и исследования, проводимые в Институте проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук (ИПТ РАН), показывают, что наибольший положительный эффект, оказываемый на безопасность дорожного движения, в разное время достигался:

– введением законодательных мер (в большинстве стран мира принимаются законы о дорожном движении), строительством и реконструкцией дорог с повышенной пропускной способностью, а также разработкой и массовым внедрением производителями транспортных средств пассивной безопасности, позволяющей за счёт совокупности конструктивных и эксплуатационных свойств автомобиля снизить тяжесть последствий ДТП (1950–1980 гг.);

– разработкой и созданием первых автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД), а также массовым распространением активных средств безопасности автомобиля (1980–2010 гг.);

– разработкой и массовым использованием разнообразных помощников водителя, облегчающих процесс управления автомобилем (адаптивный круиз-контроль, система контроля «слепых» зон, система помощи при спуске и подъёме и т.д.), что в конечном итоге приведет к использованию автономных (роботизированных) транспортных средств, интеллектуализации транспортной инфраструктуры, в том числе с внедрением систем искусственного зрения, и созданию интеллектуальной транспортной системы (2010–2030 гг.).

Учитывая сложность проблемы и её многосекторальный характер, а также огромные социально-экономические издержки, вызываемые ДТП и составляющие по данным ВОЗ от 0,4 % до 4,1 % ВВП страны, очень важно, чтобы для её решения были задействованы ресурсы многих структур и ведомств Российской Федерации, включая министерства транспорта, финансов, образования, здравоохранения, внутренних дел и МЧС России. Создание и внедрение автоматизированной информационно-управляющей системы мониторинга чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте (АИУС МЧС АТ), обеспечивающей своевременные сбор, анализ, передачу и хранение сведений о различных ЧС, а также управление транспортными потоками с целью минимизации времени проезда автомобилей оперативных служб до места происшествия, может стать одним из этапов реализации системного подхода по обеспечению безопасности дорожного движения.

АИУС МЧС АТ как одна из реализаций интеллектуальной мультимодальной транспортной системы

В рамках исследований, проводимых в ИПТ РАН, была разработана структура интеллектуальной мультимодальной транспортной системы (ИМТС), состоящей из четырех составляющих (подсистем): персональной, управляющей, инфраструктурной и транспортного средства [5]. На рис. 1 представлена автотранспортная мода ИМТС.

Персональная подсистема автотранспортной ИМТС является универсальной и поддерживает технологические и общесетевые приложения пользователей (водителей, пассажиров, экспедиторов и т.д.) и строится на распространенных платформах разнородных

персональных гаджетов. Персональная абонентская подсистема обеспечивает взаимодействие с дорожной инфраструктурой и с движущимися транспортными средствами, в перспективе может обеспечить экстренное торможение транспортных средств в экстренных ситуациях путем взаимодействия через сеть M2P человек–машина. Персональная абонентская подсистема водителя транспортного средства обеспечивает его взаимодействие с различными системами автомобиля посредством встроенных беспроводных сетей передачи данных.

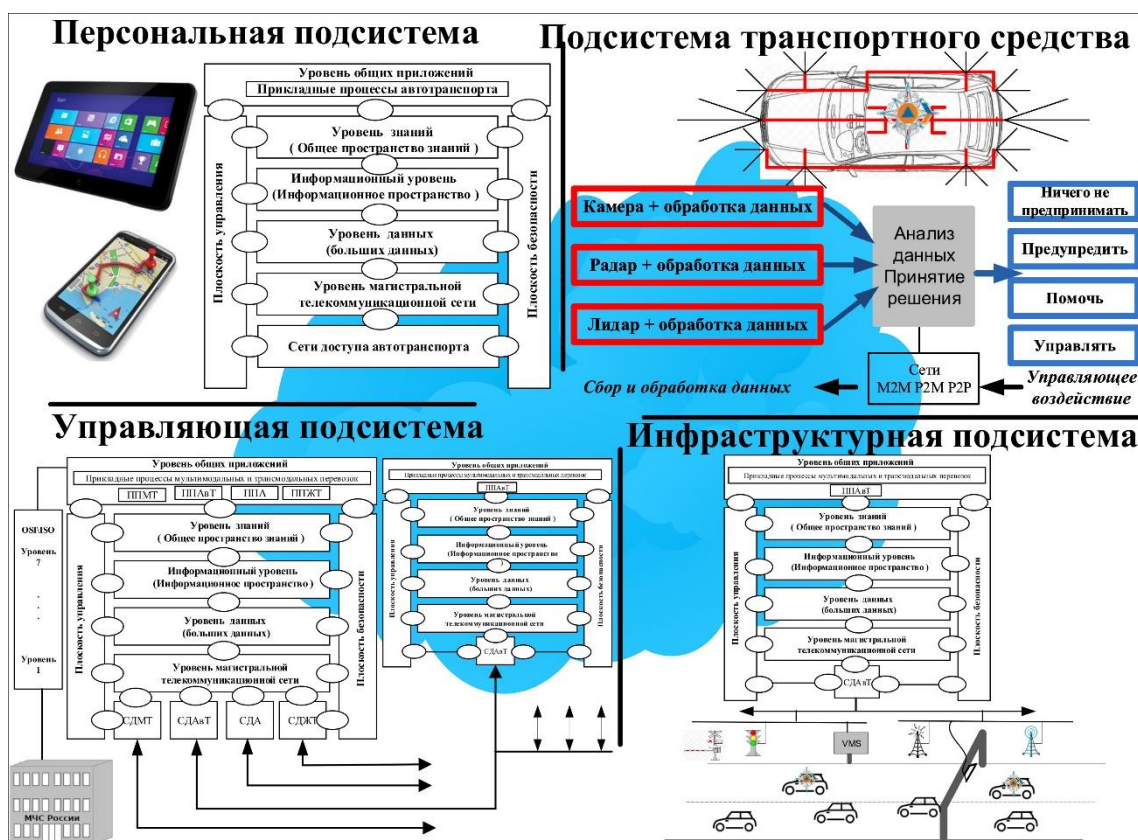


Рис. 1. Основные составные части автотранспортной ИМТС

Подсистема транспортного средства автотранспортной ИМТС обеспечивает:

- контроль и управление транспортным средством;
- взаимодействие с другими транспортными средствами в интересах бесконфликтного и безопасного движения;
- взаимодействие с персональной и инфраструктурной подсистемами ИМТС;
- предоставление по запросу данных, информации и знаний о транспортном средстве;
- посредством управляющей подсистемы оповещение центров управления МЧС России о факте возникновения ЧС на дороге.

Инфраструктурная подсистема обеспечивает:

- контроль состояния и управление дорожной инфраструктурой (светофорами, электронными информирующими табло и «умными» дорожными знаками, камерами наблюдения и т.д.);
- сбор и обработку видеoinформации, поступающей от средств фото- и видеofиксации, установленных на объектах транспортной инфраструктуры;

- предоставление телематических услуг подсистеме транспортного средства и информационных услуг водителям транспортных средств;
- предоставление данных, информации и знаний о своих элементах другим подсистемам и участие в выполнении задач по обеспечению мультимодальных транспортных услуг.

Управляющая подсистема автотранспортной ИМТС обеспечивает:

- контроль, взаимодействие и управление персональной, автомобильной и инфраструктурными подсистемами через проводные и беспроводные подсистемы доступа;
- взаимодействие через магистральную сеть и сети доступа с АИУС МЧС других транспортных мод;
- предоставление сведений о ЧС, в частности видеоинформации, в центры управления МЧС России и управление транспортными потоками в условиях предоставления приоритета для движения оперативных служб.

Процессуальная архитектура АИУС МЧС АТ включает:

- процессы сбора больших данных с помощью сенсорных сетей, размещаемых на разнородных транспортных средствах и объектах транспортной инфраструктуры;
- процессы анализа больших данных, позволяющие сформировать контекстные знания для различных прикладных процессов;
- прикладные процессы, обеспечивающие решение прикладных задач АИУС МЧС АТ, в том числе сбор, передачу и анализ видеоинформации.

Решение проблемы построения перспективной АИУС МЧС АТ декомпозируется на ряд взаимосвязанных подпроблем, важнейшей из которых является разработка ее инфокоммуникационной подсистемы. Реализация функций инфокоммуникационной системы позволяет интегрировать другие подсистемы в общую структуру АИУС МЧС АТ. Стратифицированное представление АИУС МЧС АТ представлено на рис. 2:

- нижняя страта отражает подсистему сетей транспортных сенсоров и исполнительных устройств, которые обеспечивают сбор данных о транспортных средствах и транспортных магистралях, а также реализацию разнородных управляющих воздействий;
- страта телекоммуникационных подсистем отображает функции обеспечения надежного и качественного полнопрофильного взаимодействия на основе обмена данными, информацией и знаниями между техническими системами – М2М, людьми – Р2Р, а также людьми и техническими системами – Р2М;
- страта информационной подсистемы отражает процессы, отвечающие за сбор, хранение, обновление и представление информации сетевым устройствам оперативно или по запросу;
- страта когнитивной подсистемы отражает функции структуризации данных и преобразование их в контекстные знания для устройств транспортной системы, их хранение, обновление и предоставление сетевым устройствам оперативно или по запросу. Когнитивные процессы могут быть представлены в виде когнитивных циклов, включающих процессы наблюдения, ориентации, принятия решений и осуществления действий, например, когнитивные процессы системы искусственного зрения;
- страта прикладных процессов отражает процесс реализации различного рода прикладных процессов, протекающих в ИМТС.



Рис. 2. Стратифицированное представление АИУС МЧС АТ

Для реализации когнитивных технологий обеспечения безопасности дорожного движения в ИПТ РАН разработана АИУС МЧС АТ, основанная на современных видеoinформационных технологиях с использованием предложенных в статьях [6, 7] различных алгоритмов спектрального преобразования, позволяющих обеспечить передачу высококачественной последовательности изображений дорожно-транспортных происшествий (ИДТП) с учетом классификации ИДТП по статистическим и амплитудным характеристикам [8] и с использованием параллельных структур обработки больших данных.

Необходимость разработки структуры и функционального состава АИУС МЧС АТ для мониторинга и передачи видеoinформации была осуществлена исходя из того факта, что эффективное реагирование органов управления МЧС России на ЧС на автомобильном транспорте не может быть реализовано без обеспечения своевременной доставки информации о происшествии с места события.

Далее рассмотрим структуру и состав разработанной АИУС МЧС АТ. При этом основное внимание будет уделено подсистеме обработки видеoinформации о ЧС для передачи по каналам связи как основному элементу данной системы, осуществляющей приём, классификацию и передачу ИДТП.

Структура АИ УС мониторинга и передачи видеoinформации

При реагировании на автомобильные аварии и различные ЧС на АТ в центрах управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) региональных главных управлений (ГУ) МЧС России должны эффективно координировать действия сотрудников и ресурсов, часто имея запоздалую и неточную информацию об опасностях и меняющихся условиях на месте происшествия. Поэтому ситуационная осведомленность (СО) в реальном времени имеет решающее значение для ответственных лиц ЦУКС региональных ГУ МЧС России, поскольку задержка в полученной информации, в частности видеoinформации, может иметь катастрофические последствия.

Современные методы реагирования на ЧС используют наземное видеонаблюдение за местом произошедшего события для получения СО. Наземное видеонаблюдение ограничено следующими факторами:

- 1) поле зрения ограничено или не реагирует на возникающие события;

2) для получения изображения всего событийного пространства требуется множество различных камер;

3) часто на практике требуется ручная установка и при этом уже с перегруженными ответчиками.

Скоординированные и правильно задействованные устройства наблюдения решают эти проблемы, быстро обеспечивая одновременный просмотр сцены с различными разрешениями с использованием меньшего количества камер и большей эффективностью сбора и передачи видеoinформации.

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), выполняющих съемку места ЧС с разных высот, позволяет получить видеозаписи всего событийного пространства с возможностью детализации необходимых районов ИДТП, нуждающихся в кадрах с более высоким разрешением. Видеоизображения, полученные от всех БПЛА, а также изображения из дополнительных наземных камер принимаются в единую подсистему приёма АИУС МЧС АТ для формирования последовательности кадров (рис. 3).

Предложенные в работе алгоритмы и программное обеспечение позволяют своевременно выполнить следующие основные функции:

- приём видеoinформации;
- формирование видеопоследовательности и классификации ИДТП;
- выбор соответствующего алгоритма обработки с учетом характеристик исходного сигнала изображений;
- передача обработанных видеопотоков в реальном времени.

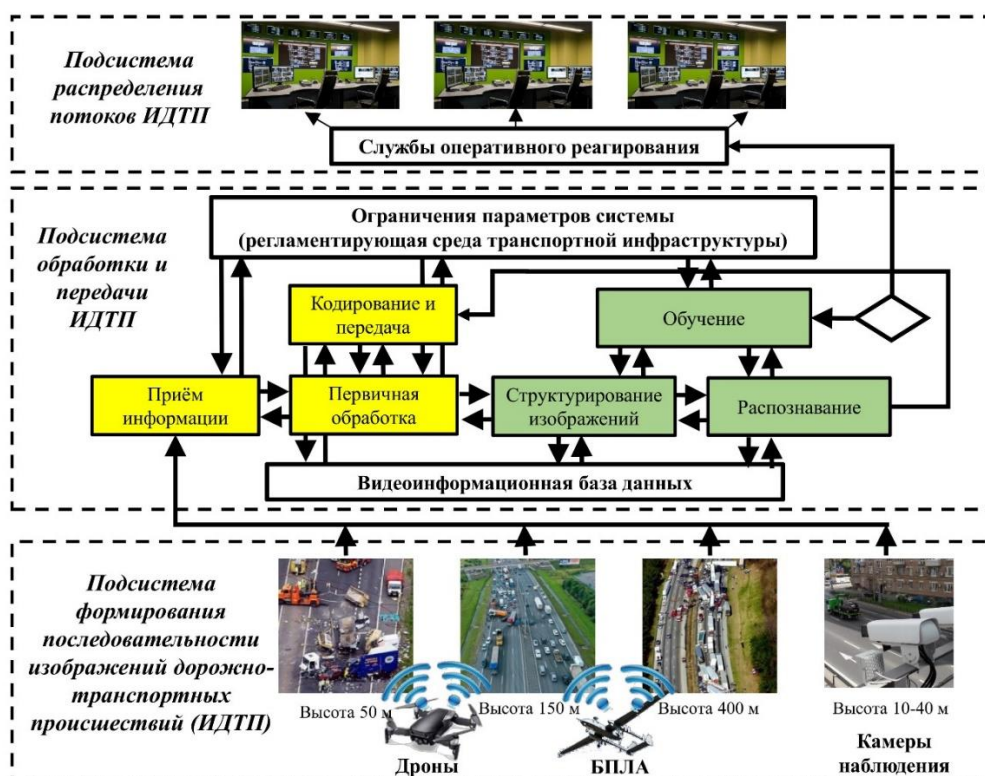


Рис. 3. Структура АИУС МЧС АТ

Важно отметить, что разрабатываемая структура АИУС МЧС АТ осуществляет две важнейшие системные функции:

а) анализ ИДТП для классификации на основе статистических и амплитудных свойств изображений;

б) выбор оптимального алгоритма по критерию степени сжатия и качества восстановленных изображений для сформированных классов.

АИУС МЧС АТ включает в себя следующие основные подсистемы:

- 1) приёма видеопотоков с различных камер наблюдения и формирования последовательности ИДТП;
- 2) анализа и классификации ИДТП;
- 3) спектрального преобразования ИДТП для передачи по каналам связи;
- 4) распределения (отвечает за мультиплексирование видеопотока в зависимости от типа и уровня транспортных ЧС для передачи в соответствующие ЦУКС ГУ МЧС России, Управления государственной инспекции безопасности дорожного движения (УГИБДД) и Центра организации дорожного движения (ЦОДД) региона (крупного города).

Рассмотрим подробно каждую из вышеперечисленных подсистем.

Следует отметить, что основной акцент при проведении исследований по разработке АИУС МЧС АТ был уделен рассмотрению структуры и состава подсистемы обработки и передачи видеoinформации на основе спектрального преобразования ИДТП и доставки их в реальном масштабе времени соответствующим центрам управления.

Кратко рассмотрим другие подсистемы, входящие в состав структуры АИУС МЧС АТ.

Описание структуры подсистемы приёма видеопотока

Фундаментальной задачей во многих приложениях обработки изображений является визуальная оценка искаженного изображения. Существует множество показателей для оценки качества изображения, таких как среднее структурное сходство, средняя абсолютная ошибка, среднеквадратичная ошибка (MSE) и пиковое отношение сигнал/шум (PSNR) [9]. Самой простой и наиболее широко используемой мерой качества полной передачи является MSE. Она вычисляется путем усреднения квадратов разностей интенсивности искаженных и исходных пикселей изображения, а также соответствующего количества PSNR. Хотя PSNR часто приводится в литературе [10], он не очень хорошо соответствует воспринимаемому визуальному качеству.

В последнее десятилетие много усилий было вложено в разработку показателей качества изображения, которые используют хорошо известные характеристики системы человеческого зрения (HVS). Исходя из этих фактов, предложенная мера качества цветного изображения (CQM) следует новой стратегии изменения метода реализации PSNR.

Предлагаемый метод CQM основан на двух основных частях. Прежде всего, осуществляется обратимое преобразование цвета из красного, зеленого и синего (RGB) в яркость и цветность (YUV) с использованием исходного изображения и его искаженной версии. Для цветных изображений преобразование цвета первоначально используется в качестве предварительного процесса перед внутрикомпонентным кодированием в любом приложении сжатия изображений. Здесь Y-компонент яркости, в то время как U и V – это синяя и красная разностные компоненты YUV, соответственно. Кроме того, количество датчиков цвета (колбочек) отличается от количества датчиков яркости (стержней) в человеческом глазу, при этом количество стержней превышает число колбочек, поэтому светочувствительность и цветочувствительность HVS отличаются друг от друга. Первая часть CQM соотносит этот естественный факт с трансформацией YUV. Во-вторых, благодаря преобразованию YUV и инновационной идее вычисления искажения на компоненте яркости и искажения на компонентах цвета в изображении с использованием классической формулы PSNR можно отдельно учитывать количество палочек и колбочек с весом.

Видеоинформация поступает от различных камер наблюдения, расположенных на различных объектах (БПЛА, квадрокоптеры, стационарные и передвижные цифровые камеры наблюдения), при этом каждая камера может иметь свои параметры и характеристики, следовательно, и формируемые ими изображения имеют различные статистические характеристики с учетом следующих основных факторов: освещенности, шумов, помех, расстояния от места ЧС и форматов. Например, видеоинформация,

полученная от всех камер, имеет формат, содержащий три компонента цветности: R – красный, G – зеленый и B – синий. Комбинация этих трех цветов и формируют ИДТП, которые необходимо классифицировать, обработать и передать по каналам связи.

Формирование последовательности изображений состоит в следующем. На начальном этапе необходимо преобразовать оптический сигнал из формата RGB в формат YUV по следующим формулам (рис. 4):

$$\begin{aligned} Y &= K_R R + (1 - K_R - K_B)G + K_B B; \\ U &= B - Y; \\ V &= R - Y. \end{aligned}$$

Цветные изображения, как правило, строятся из различных цветовых каналов, каждый из которых имеет свой отдельный параметр, характеризующий количество соответствующей компоненты в итоговом цвете.

Изображения RGB состоят из трех каналов: красного (R), зеленого (G) и синего (B), которые в этой модели считаются основными источниками цвета. В целом для преобразования цветного изображения в оттенки серого используются три алгоритма [11]:

- простой метод можно определить как: $LM = \frac{(V_{MAX_{R,G,B}} + V_{MIN_{R,G,B}})}{2}$;
- метод среднего определяется как: $V_{CP} = \frac{(R+G+B)}{3}$;
- взвешенный метод может быть определен как: $VL = 0,21R + 0,72G + 0,07B$.

Простой метод имеет тенденцию к снижению контрастности. Метод среднего дает средний результат, а взвешенный метод в целом работает лучше всего. Но иногда эти три метода дают очень похожие результаты.



Рис. 4. Преобразование цвета в оттенки серого

На рис. 4 представлен пример преобразования полноцветного изображения RGB в изображение в оттенках серого. Справа показаны изолированные цветовые каналы в естественных цветах, а слева – их эквиваленты в оттенках серого.

На следующем этапе формируется поток изображений с учетом показателя наличия или отсутствия движения в последовательности кадров.

Описание структуры подсистемы классификации изображений ЧС на АТ

Данная подсистема включает следующие блоки (рис. 5):

- 1) блок вычисления амплитудных характеристик сигнала изображений;
- 2) блок оценки неопределенности.

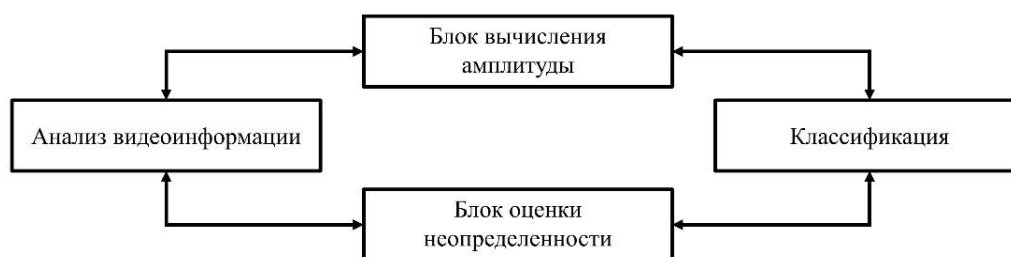


Рис. 5. Подсистема классификации изображений ЧС на АТ

Рассматриваемая подсистема выполняет классификацию различных ИДТП на основе предложенной авторами методики [8] по двум признакам: интегрированной оценке неопределенности (IUA – integrated uncertainty assessment) и максимальному размаху амплитуды (MAS – maximum amplitude span) исходного сигнала. Выполняя сравнение и оценку эффективности различных алгоритмов сжатия и восстановления изображений для конкретных условий, производится выбор наиболее эффективного из них.

Описание структуры подсистемы передачи изображений

Развитие технологий передачи видеоинформации привело к появлению целого набора различных структур и схем реализации дискретных косинусных преобразований (ДКП), составляющих весь класс дискретных унитарных преобразований, включая их определения, математические свойства, отношения к известному и распространённому преобразованию Кархунена – Лоева [12], с акцентом на быстрые алгоритмы аппроксимации и эффективной реализации в целочисленной области. ДКП и дискретное синусное преобразование – это преобразования с действительными значениями, которые отображают целочисленные сигналы в коэффициенты с плавающей точкой.

На рис. 6 приведена структурная схема подсистемы передачи изображений о ЧС, позволяющая реализовать необходимую степень сжатия с учетом требуемой (заданной) точности результирующих изображений.

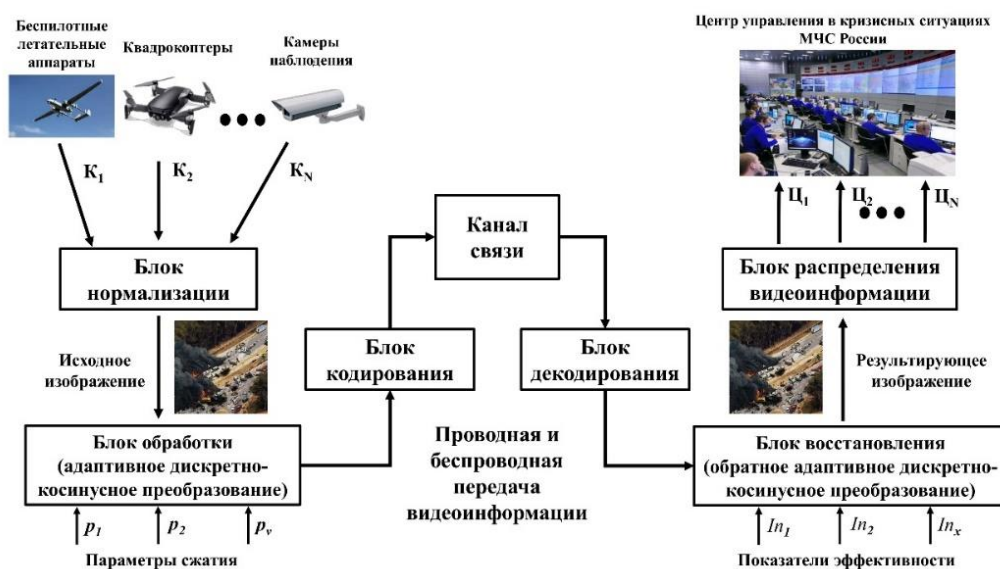


Рис. 6. Упрощенная структурная схема подсистемы передачи ИДТП

Подсистема состоит из следующих основных блоков:

- 1) блок нормализации и формирования очереди кадров с соответствующим форматом;
- 2) блок сжатия ИДТП с учетом требуемых параметров: степени сжатия, порога яркости, формата и класса изображения, пропускной способности канала связи и т.д.;
- 3) блок кодирования для канала связи;
- 4) блок декодирования канала связи;
- 5) блок восстановления результирующих изображений;
- 6) блок распределения видеoinформации соответствующим центрам управления и регулирования.

Заключение

Построение АИУС МЧС АТ позволит обеспечить своевременную доставку видеoinформации о ЧС в ЦУКС МЧС России, повышая ситуационную осведомленность о случившемся происшествии и тем самым позволяя принимать взвешенное решение о необходимых и наиболее эффективных в данной ситуации мерах, обеспечивающих спасение жизни и здоровья пострадавших. Структура АИУС МЧС АТ предполагает бесшовное встраивание в общую структуру ИМТС, по сути являясь одним из её прикладных процессов.

Представленная в статье структура АИУС МЧС АТ включает в себя следующие основные подсистемы:

- 1) приёма видеопотоков с различных камер наблюдения и формирования последовательности ИДТП;
- 2) анализа и классификации ИДТП;
- 3) спектрального преобразования ИДТП для передачи по каналам связи;
- 4) распределения (отвечает за мультиплексирование видеопотока в зависимости от типа и уровня транспортных ЧС для передачи в соответствующие ЦУКС ГУ МЧС России, УГИБДД и ЦОДД региона или крупного города).

Литература

1. Доклад о состоянии безопасности дорожного движения в Европейском регионе ВОЗ в 2019. Копенгаген: ВОЗ, 2020. 133 с.
2. Малыгин И.Г., Королев О.А. Внедрение когнитивных транспортных систем для обеспечения безопасности дорожного движения // Перспективы развития транспортного комплекса: материалы V Междунар. заоч. науч.-практ. конф. Минск: БелНИИТ «Транстехника», 2019. С. 47–60.
3. Injuries in the European Union: summary of injury statistics for the years 2012–2014 // 6th edition. Amsterdam: European Association for Injury Prevention and Safety Promotion; 2016. URL: [https://www.eurosafe.eu.com/uploads/inline-files/EuropeSafe_Master_Web_02112016%20\(2\).pdf](https://www.eurosafe.eu.com/uploads/inline-files/EuropeSafe_Master_Web_02112016%20(2).pdf). (дата обращения: 12.07.2021).
4. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Рос. Федерации от 7 мая 2018 г. № 204. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
5. The project of intellectual multimodal transport system / A.N. Asaul [et al.] // Transportation research procedia. 2017. Vol. 20. pp. 25–30.
6. Malygin I.G., Korolev O.A. High-speed algorithm for transmitting video information about emergency situations on transport objects // Marine intellectual technologies. 2021. Vol. 1. № 1. pp. 64–70.
7. Королев О.А. Адаптивное спектральное преобразование видеoinформации о чрезвычайных ситуациях на автомобильном транспорте в системах наблюдения // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 2 (58). С. 140–154.

8. Малеыин И.Г., Королев О.А. Классификация изображений чрезвычайных ситуаций на автомобильном транспорте по статистическим и амплитудным свойствам // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 1. С. 125–135.
9. A Review of Computer Vision Techniques for the Analysis of Urban Traffic / N. Buch [et al.] // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2011. Vol. 12 (3). pp. 920–939.
10. Vehicle detection and counting using haar feature-based classifier / S. Choudhury [et al] // 2017 8th Annual Industrial Automation and Electromechanical Engineering Conference (IEMECON). Bangkok. 2017. pp. 106–109.
11. AcneNet-A deep CNN based classification approach for acne classes / M.S. Junayed // Proc. 12th International Conference on Information & Communication Technology and Systems (ICTS). 2019. pp. 203–208.
12. Wang L. Karhunen-Loeve expansions and their application. Ann Arbor: ProQuest, 2008. 292 p.

References

1. Doklad o sostoyanii bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Evropejskom regione VOZ v 2019. Kopenhagen: VOZ, 2020. 133 s.
2. Malygin I.G., Korolev O.A. Vnedrenie kognitivnyh transportnyh sistem dlya obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Perspektivy razvitiya transportnogo kompleksa: materialy V Mezhdunar. zaoch. nauch.-prakt. konf. Minsk: BelNIIT «Transtekhnika», 2019. S. 47–60.
3. Injuries in the European Union: summary of injury statistics for the years 2012–2014 // 6th edition. Amsterdam: European Association for Injury Prevention and Safety Promotion; 2016. URL: [https://www.eurosafe.eu.com/uploads/inline-files/EuropeSafe_Master_Web_02112016%20\(2\).pdf](https://www.eurosafe.eu.com/uploads/inline-files/EuropeSafe_Master_Web_02112016%20(2).pdf). (data obrashcheniya: 12.07.2021).
4. O nacional'nyh celyah i strategicheskikh zadachah razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2024 goda: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 7 maya 2018 g. № 204. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».
5. The project of intellectual multimodal transport system / A.N. Asaul [et al.] // Transportation research procedia. 2017. Vol. 20. pp. 25–30.
6. Malygin I.G., Korolev O.A. High-speed algorithm for transmitting video information about emergency situations on transport objects // Marine intellectual technologies. 2021. Vol. 1. № 1. pp. 64–70.
7. Korolev O.A. Adaptivnoe spektral'noe preobrazovanie videoinformacii o chrezvychajnyh situacijah na avtomobil'nom transporte v sistemah nablyudeniya // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2021. № 2 (58). S. 140–154.
8. Malygin I.G., Korolev O.A. Klassifikaciya izobrazhenij chrezvychajnyh situacij na avtomobil'nom transporte po statisticheskim i amplitudnym svojstvam // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2021. № 1. S. 125–135.
9. A Review of Computer Vision Techniques for the Analysis of Urban Traffic / N. Buch [et al.] // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2011. Vol. 12 (3). pp. 920–939.
10. Vehicle detection and counting using haar feature-based classifier / S. Choudhury [et al] // 2017 8th Annual Industrial Automation and Electromechanical Engineering Conference (IEMECON). Bangkok. 2017. pp. 106–109.
11. AcneNet-A deep CNN based classification approach for acne classes / M.S. Junayed // Proc. 12th International Conference on Information & Communication Technology and Systems (ICTS). 2019. pp. 203–208.
12. Wang L. Karhunen-Loeve expansions and their application. Ann Arbor: ProQuest, 2008. 292 p.

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 614.841

ОЦЕНКА ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА НА ОБЪЕКТАХ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

Ю.В. Гремин;

Г.Х. Самигуллин, доктор технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Проведена экспериментальная оценка опасных факторов пожара, возникающих на объектах водного транспорта. Изучено изменение свойств огнетушащих веществ при использовании углеродных наночастиц. Получены графические зависимости роста температуры в условиях модельного пожара в замкнутом и свободном пространстве. Показано, что применение модифицированных веществ позволяет сократить время тушения пожара.

Ключевые слова: водный транспорт, наночастицы, модификация астралены, температура, время тушения

ASSESSMENT OF FIRE HAZARDS AT WATER TRANSPORT FACILITIES

Yu.V. Gremin; G.Kh. Samigullin.

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

An experimental assessment of fire hazards arising at water transport facilities has been carried out. The change in the properties of fire extinguishing substances with the use of carbon nanoparticles was studied. Graphical dependences of temperature growth in closed and free space conditions are obtained. It is shown that the use of modified substances can reduce the time of fire extinguishing.

Keywords: water transport, nanoparticles, astralene modification, temperature, quenching time

Обеспечение пожарной безопасности на объектах водного транспорта является важной и актуальной задачей, о чем свидетельствует анализ нормативно-правовой базы [1]. Преобладающим направлением в решении данной проблемы является использование риск-ориентированного подхода, которое предусматривает обеспечение пожарного риска на морских и речных судах до нормативного уровня. Для снижения пожарного риска может быть использован способ минимизации времени распространения опасных факторов пожара в результате быстрого тушения очага возникновения горения [2]. Для этих целей постоянно проводится разработка новых огнетушащих составов и способов подачи огнетушащих веществ.

При анализе статистических данных аварийных случаев на море и внутренних водных путях, представленных на сайте Управления государственного морского и речного надзора федеральной службы по надзору в сфере транспорта, выявлено, что для объектов водного

транспорта наиболее характерны пожары класса «В» в машинных и насосных отделениях. Важной особенностью таких пожаров является то, что на начальном этапе развития пожара горение происходит в замкнутых помещениях с последующим прогрессивным распространением, что в итоге приводит к выгоранию всего судна с дальнейшим его затоплением.

Для пожара в замкнутом объеме характерно быстрое нарастание опасных факторов пожара, в особенности потеря видимости и нарастание температуры в помещении [3]. Для тушения пожаров класса «В» в замкнутых объемах на начальном этапе развития пожара, как правило, применяются установки объёмного тушения с применением в качестве огнетушащего вещества газов, порошков и аэрозолей [4], а также установки поверхностного тушения пеной высокой либо низкой кратности, установки пожаротушения тонкораспыленной водой.

После принятия Россией Киотского протокола об ограничении применения веществ, которые вызывают парниковый эффект, с 2008 г. наша страна должна ограничить применение хладонов в целях пожаротушения на объектах водного транспорта. В связи с этим разрабатываются новые огнетушащие составы, такие как ПФК-49 [5]. Данные огнетушащие составы разрабатываются на основе короткоживущих галогензамещенных углеводородов [6]. Кроме того, для тушения пожаров класса «В» на судах могут применяться установки пожаротушения тонкораспыленной водой [7]. Одним из путей совершенствования таких установок является модифицирование наночастицами водных составов [8, 9].

Достаточно распространенным способом тушения легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей является подача на поверхность горящих жидкостей пены высокой или низкой кратности [10]. Реже применяются для тушения разливов ЛВЖ и горючих жидкостей порошковые установки пожаротушения, в связи с тем, что порошок не охлаждает горящую жидкость и возможно повторное возгорание ЛВЖ. В связи с этим такой способ тушения применяют, как правило, комбинируя с пенным тушением. Применяемые в настоящее время способы пожаротушения на судах имеют свои преимущества и недостатки [11]. Поэтому существует настоятельная необходимость совершенствования методов и средств тушения пожаров.

Для решения задач повышения эффективности средств пожаротушения были выполнены экспериментальные исследования скорости нагрева огнетушащих составов до температуры кипения по оценке огнетушащей способности модифицированных огнетушащих составов на основе дистиллированной воды с добавлением углеродных наноструктур, состоящих из астраленов. Астралены получают способом испарения графитовых анодов в электродуговом разряде и представляют собой структуру, состоящую из изогнутых графитовых слоев, диаметром 10–150 нм, с расстоянием между ними 0,336 нм, со средним размером пор 20...60 нм [8]. Астралены обладают достаточно высокой термической устойчивостью, а в порошкообразном виде являются крупными агломератами размером в диапазоне 0,5–3,0 мкм. Подготовка огнетушащих составов осуществлялась путем механического добавления трех разных концентраций астраленов в дистиллированную воду и последующего диспергирования при воздействии источника ультразвука (мощность 1,2 кВт, частота 50–60 КГц) в течение 30 мин. В качестве огнетушащего вещества в экспериментах использовалась дистиллированная вода с различной концентрацией астраленов в диапазоне 0...1,0 % (об.).

Оценка динамики физических свойств огнетушащих составов при компаундировании углеродными наноструктурами проводилось экспериментально, путем измерения величины поверхностного натяжения и определения скорости нагрева огнетушащих составов до температуры кипения. Результаты экспериментальных измерений приведены на рис. 1, 2.

Для огнетушащих составов на основе дистиллированной воды с добавлением астраленов выявлено увеличение значений поверхностного натяжения на 10–25 % при увеличении объемной концентрации астраленов от 0,2 до 1,0 % (об.).

Для огнетушащих составов на основе дистиллированной воды с добавлением астраленов выявлено увеличение значений скорости нагрева до температуры кипения. Однако рост данного показателя наблюдается при достижении концентрации астраленов в суспензии, равной 0,5 % об., при увеличении концентрации скорость нагрева не изменяется.

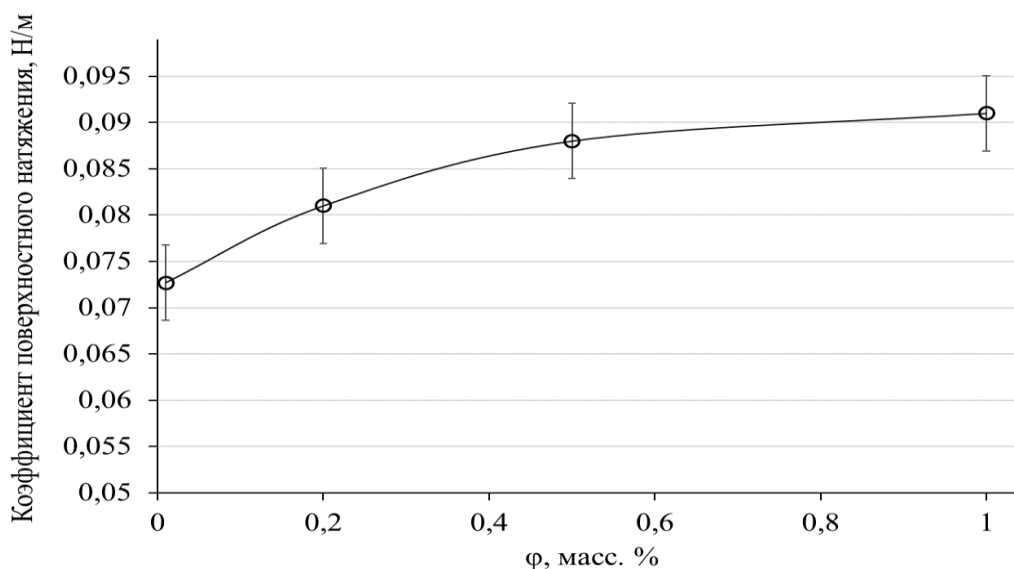


Рис. 1. Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от концентрации астраленов

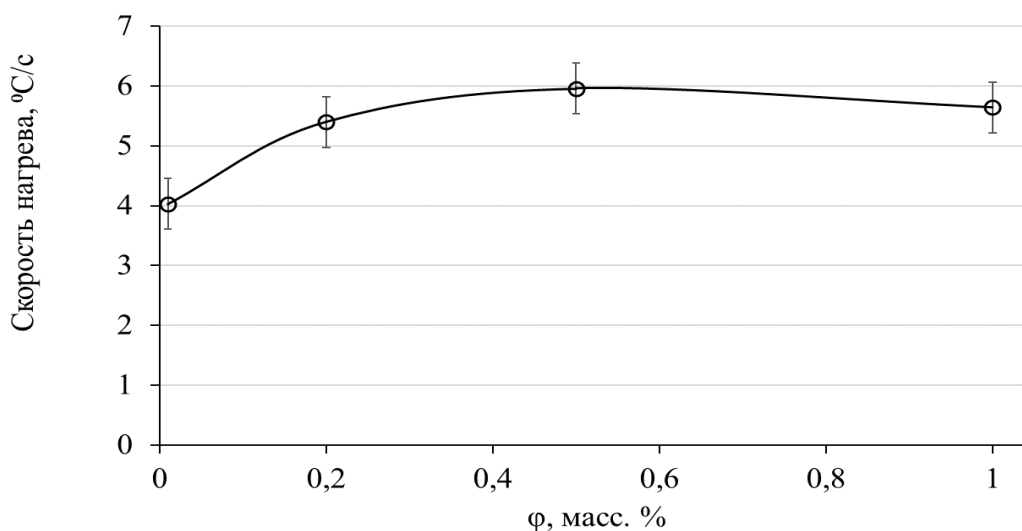


Рис. 2. График скорости нагрева огнетушащих составов от концентрации астраленов

Оценка огнетушащей способности модифицированных огнетушащих составов производилась на лабораторной установке, которая представляет из себя металлический куб со стороной 0,5 м, выполненный из листовой стали марки Ст3 с толщиной стенки 3 мм. В верхней части установки для отвода продуктов горения ЛВЖ расположено отверстие круглой формы, диаметром 10 см. На передней части установки предусмотрен проем, который совместно с верхним отверстием позволяет имитировать условия горения ЛВЖ в замкнутом объеме. На боковой стенке, на равноудаленных по вертикали расстояниях,

находятся три отверстия диаметром 2 мм для установки внутренних термопар, позволяющие определять значения температуры на трех разных точках внутреннего объема установки. Точки измерения температуры располагались в верхней (термопара 1), средней (термопара 2) и нижней зоне (термопара 3) внутреннего пространства установки. Схема лабораторной установки представлена на рис. 3.

В качестве модельного очага пожара использовалась емкость диаметром 50 мм, высота стенок 8 мм. Для получения экспериментальной зависимости изменения температуры пожара ЛВЖ применялся бензин автомобильный с октановым числом 92 (Аи-92).

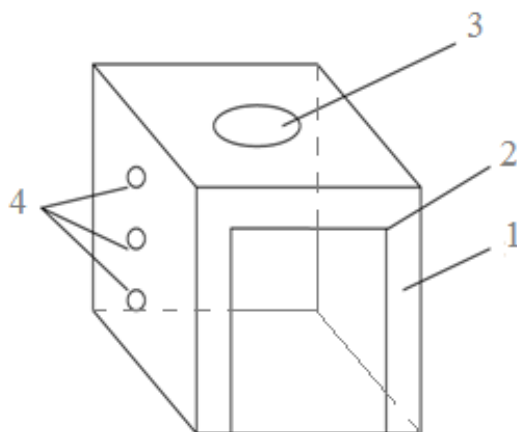


Рис. 3. Схема лабораторной установки по исследованию огнетушащей эффективности представленного огнетушащего состава

(1 – корпус установки; 2 – проем в передней части для помещения внутрь модельного очага; 3 – отверстие для выхода продуктов горения; 4 – отверстия для установки термопар)

В емкость наливалось 50 мл бензина, и она помещалась либо в свободный объем установки, либо в замкнутый. Затем производилось воспламенение ЛВЖ.

Тушение модельного очага пожара осуществлялось путем подачи модифицированных огнетушащих составов с помощью ручного опрыскивателя. Расход жидкости составлял 0,6 л/мин, среднее давление, создаваемое в ручном опрыскивателе, составляет 1,2 МПа.

На первом этапе оценки эффективности тушения пожаров, применительно к объектам водного транспорта, проводилось измерение температуры в модельном очаге пожара с помощью установленных внутри установок термопар, измерения которых преобразовывались цифровыми мультиметрами марки DT-838. Модельный очаг пожара представлял собой емкость, в которую было налито 20 г бензина марки АИ-92. Исследования проводились при свободном доступе воздуха до полного выгорания ЛВЖ и при горении в замкнутом объеме до полного выгорания кислорода воздуха внутри установки. Результаты экспериментальных измерений приведены ниже в графической форме. Измерения проводились как для условий горения в открытом пространстве (рис. 4), так и для условий пожара в замкнутом объеме (рис. 5). На графиках показано отношение текущей температуры к максимальной на трех термопарах по времени горения бензина.

При горении модельного очага пожара в свободном объеме наблюдается быстрый набор температуры в верхней зоне до 90 °С, в средней – до 60 °С примерно за 2 мин горения, затем температура снижается в верхней зоне до 55 °С, в средней – до 45 °С.

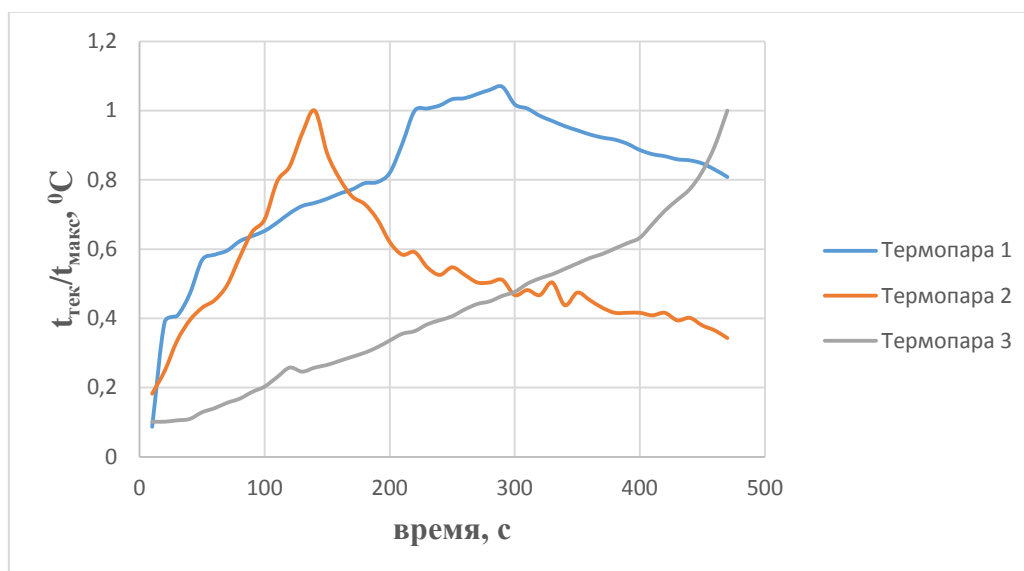


Рис. 4. График изменения температуры в модельном очаге при свободном доступе воздуха в установку

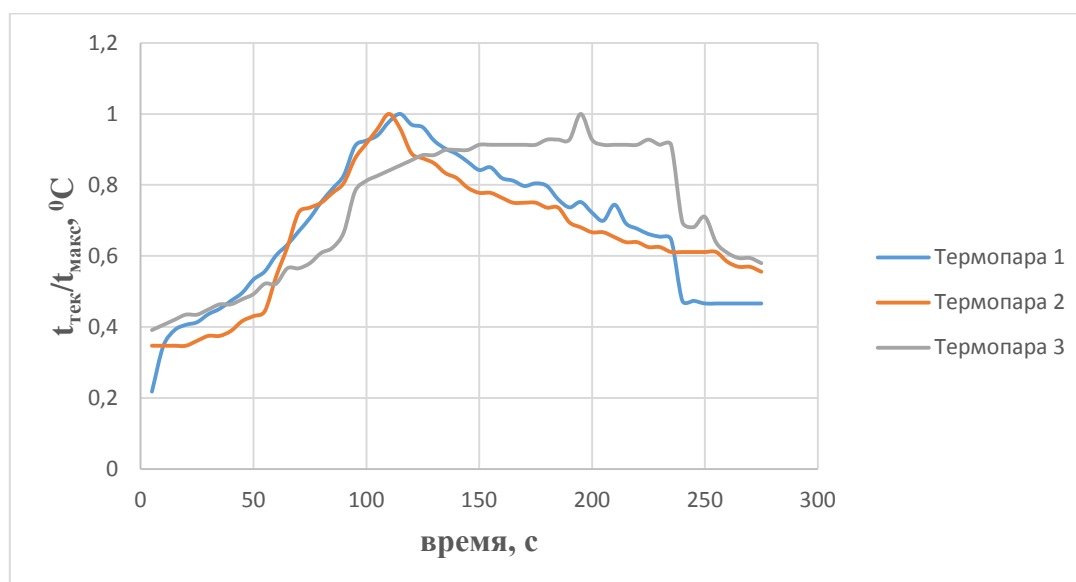


Рис. 5. График изменения температуры в модельном очаге при горении в замкнутом объеме

При горении модельного очага в замкнутом объеме происходит быстрый набор температуры до 110 °С за 1,5 мин в верхней зоне, которая держится до полного выгорания кислорода воздуха внутри установки. Температура в средней и нижней зоне превышает начальную температуру 22 °С, однако за все время горения существенно не изменяется.

Для оценки эффективности системы обеспечения пожарной безопасности, которая позволяет снизить воздействие опасных факторов пожара, проводилась оценка времени тушения модельного очага пожара и определялась зависимость интенсивности подачи огнетушащего состава от концентрации астраленов. Графические результаты измерений приведены на рис. 6, 7.

Тушение модельного очага проводилось распыленной струей огнетушащего состава с диаметром капель 100–300 мкм и давлением 1,0–1,5 МПа. В ходе экспериментов с ростом концентрации астраленов до 0,5 об. % наблюдалось сокращение времени ликвидации горения на 75–80 % в сравнении с исходной дистиллированной водой.

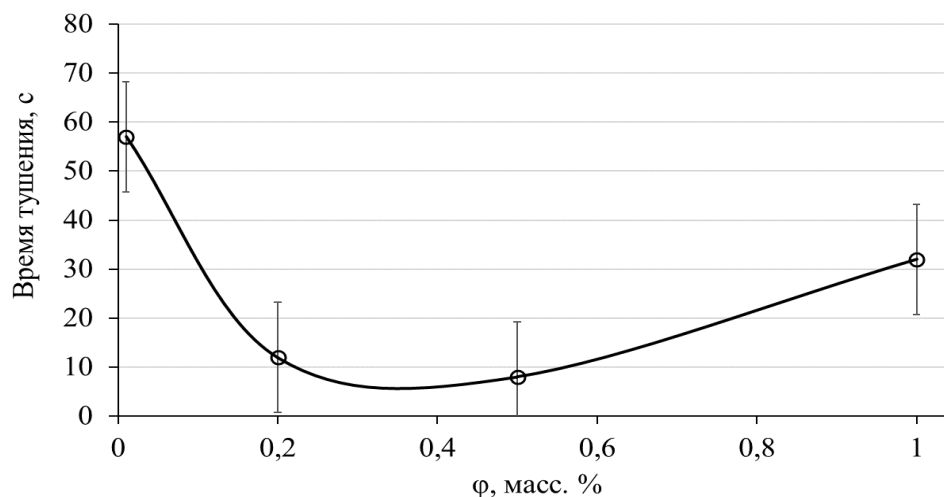


Рис. 6. Зависимость времени тушения модельного очага от концентрации астраленов

Определение интенсивности подачи огнетушащих составов производилось путем ее математического вычисления, исходя из затраченного количества огнетушащего состава, разделенного на произведение времени тушения модельного очага пожара и его площади. В соответствии с данным исследованием можно прийти к выводу, что интенсивность подачи как дистиллированной воды, так и модифицированных огнетушащих составов с различными концентрациями астраленов практически одинаковая. Соответственно, при тушении пожаров модифицированными огнетушащими составами дополнительных объемов воды не потребуется.

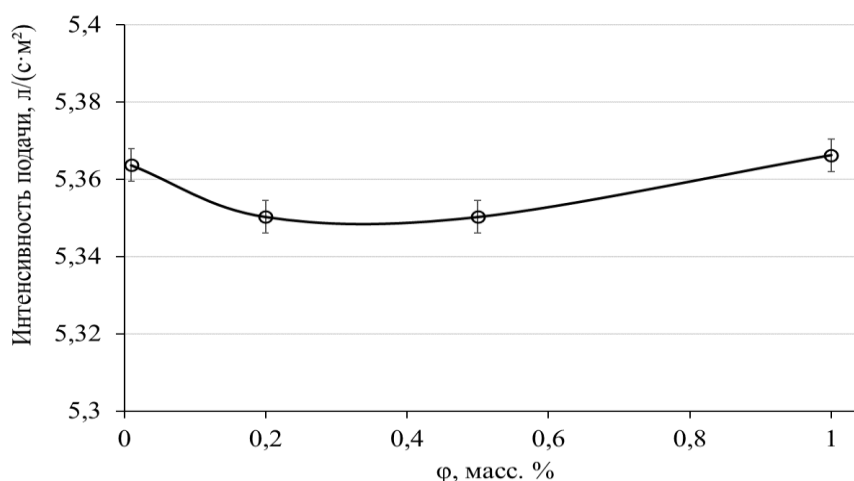


Рис. 7. Зависимость интенсивности подачи огнетушащего состава от концентрации астраленов

Полученные экспериментальные по динамике роста температур в условиях модельного пожара данные свидетельствуют о необходимости совершенствования систем пожаротушения, что особенно актуально для объектов водного транспорта в силу ограниченности технических и организационных ресурсов. Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод, что модифицированные огнетушащие составы на основе дистиллированной воды с добавлением углеродных наноструктур целесообразно применять в качестве огнетушащих веществ с повышенными эксплуатационными характеристиками. Были определены концентрационные показатели астраленов

в огнетушащем составе, позволяющие снизить время тушения модельного очага пожара на 75–80 %, причем применение добавок не потребовало увеличения интенсивности подачи огнетушащего состава.

Литературы

1. Гремин Ю.В., Симонова М.А. Нормативное обоснование необходимости оценки пожарного риска на пассажирских судах // Комплексная безопасность и физическая защита: VI Мемориальный семинар профессора Б.Е. Гельфанда. 2017. С. 127–129.
2. Кожевин Д.Ф., Новиков В.Р., Поляков А.С. Оценка величины пожарного риска с учётом применения первичных средств пожаротушения // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2016. № 4. С. 71–76.
3. Колодяжный С.А., Переславцева И.И. Определение критического времени эвакуации при пожаре по потере видимости // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2014. № 4 (36). С. 168–176.
4. Копылов С.Н., Агафонов В.В., Копылов Н.П. Эволюция средств объемного пожаротушения: от озоноразрушающих агентов до огнетушащих веществ с коротким временем жизни в атмосфере // Пожарная безопасность. 2012. № 2. С. 123–130.
5. Лобов Д.А., Агеев П.М., Мурашкевич Е.А. Проведение испытаний макетного образца системы судового пожаротушения с использованием огнетушащего состава ПФК-49 // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2016. № 3–4. С. 16–20.
6. Ларин И.К., Копылов П.С., Елтышев И.П. Короткоживущие галогензамещенные углеводороды как перспективные компоненты газовых огнетушащих составов // Актуальные проблемы пожарной безопасности: тезисы докладов XXX Междунар. науч.-практ. конф. 2018. С. 240–242.
7. Думилин А.И. Параметры тушения пламени горючих жидкостей распыленной водой // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. № 4. С. 85–90.
8. Пустовалов И.А., Иванов А.В., Кучерявенко В.А. Исследование влияния наноструктур на огнетушащую эффективность распыленных водосодержащих составов при тушении пожаров в замкнутом объеме // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / сост. Т.В. Мусиенко, В.А. Онов, Н.В. Федорова. 2020. С. 85–87.
9. Dali F.A., Shidlovsky G.L., Khasikhanov M.S., Zalaev R.U., Tagirova P.R., Saidulaev S.S., Masaeva L.M., Erzhapova R.S. The use of carbon nanotubes in the fire extinguishing of oil and oil products // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 3, Applied and Fundamental Research Dedicated to the 75th Anniversary of Professor Abdul-Hamid Mahmoudovich Bisliyev. Ser.: 3rd International Symposium on Engineering and Earth Sciences, ISEES 2020. 2020. С. 012011.
10. Melnikov A., Vlasov N. Fire extinguishing in with polydisperse foam of high multiplicity // E3S Web of Conferences. 2018 International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development, SPbWOSCE 2018. 2019. С. 01063.
11. О применимости огнетушащих веществ на морских объектах / Ю.В. Гремин [и др.] // Вопросы оборонной техники. Сер. 16: Технические средства противодействия терроризму. 2010. № 7–8. С. 65–70.

References

1. Gremin Yu.V., Simonova M.A. Normativnoe obosnovanie neobhodimosti ocenki pozharnogo riska na passazhirskih sudah // Kompleksnaya bezopasnost' i fizicheskaya zashchita: VI Memorial'nyj seminar professora B.E. Gel'fanda. 2017. S. 127–129.

2. Kozhevnikov D.F., Novikov V.R., Polyakov A.S. Ocenka velichiny pozharnogo riska s uchyotom primeneniya pervichnykh sredstv pozharotusheniya // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. 2016. № 4. S. 71–76.

3. Kolodyazhnyj S.A., Pereslavceva I.I. Opredelenie kriticheskogo vremeni evakuacii pri pozhare po potere vidimosti // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. 2014. № 4 (36). S. 168–176.

4. Kopylov S.N., Agafonov V.V., Kopylov N.P. Evolyuciya sredstv ob"emnogo pozharotusheniya: ot ozonorazrushayushchih agentov do ognetchushchih veshchestv s korotkim vremenem zhizni v atmosfere // Pozharnaya bezopasnost'. 2012. № 2. S. 123–130.

5. Lobov D.A., Ageev P.M., Murashkevich E.A. Provedenie ispytaniy maketnogo obrazca sistemy sudovogo pozharotusheniya s ispol'zovaniem ognetchushchego sostava PFK-49 // Nadzornaya deyatelnost' i sudebnaya ekspertiza v sisteme bezopasnosti. 2016. № 3–4. S. 16–20.

6. Larin I.K., Kopylov P.S., Eltyshev I.P. Korotkozhibushchie galogenezameshchennye uglevodorody kak perspektivnye komponenty gazovykh ognetchushchih sostavov // Aktual'nye problemy pozharnoj bezopasnosti: Tezisy dokladov XXH Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 2018. S. 240–242.

7. Dumilin A.I. Parametry tusheniya plameni goryuchih zhidkostej raspylennoj vodoj // Pozharovzryvbezopasnost'. 2013. T. 22. № 4. S. 85–90.

8. Pustovalov I.A., Ivanov A.V., Kucheryavenko V.A. Issledovanie vliyaniya nanostruktur na ognetchushchuyu effektivnost' raspylennykh vodosoderzhashchih sostavov pri tushenii pozharov v zamknutom ob"eme. Pozharnaya bezopasnost': sovremennye vyzovy. Problemy i puti resheniya: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. / sost. T.V. Musienko, V.A. Onov, N.V. Fedorova. 2020. S. 85–87.

9. Dali F.A., Shidlovsky G.L., Khasikhanov M.S., Zalaev R.U., Tagirova P.R., Saidulaev S.S., Masaeva L.M., Erzhapova R.S. The use of carbon nanotubes in the fire extinguishing of oil and oil products // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 3, Applied and Fundamental Research Dedicated to the 75th Anniversary of Professor Abdul-Hamid Mahmoudovich Bisliyev. Ser.: 3rd International Symposium on Engineering and Earth Sciences, ISEES 2020. 2020. S. 012011.

10. Melnikov A., Vlasov N. Fire extinguishing in with polydisperse foam of high multiplicity // E3S Web of Conferences. 2018 International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development, SPbWOSCE 2018. 2019. S. 01063.

11. O primenimosti ognetchushchih veshchestv na morskikh ob"ektah / Yu.V. Gremin [i dr.] // Voprosy oboronnoy tekhniki. Ser. 16: Tekhnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu. 2010. № 7-8. S. 65–70.

УДК 004.942

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДЫМА ТОРФЯНОГО ПОЖАРА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

**О.В. Ложкина, доктор технических наук, профессор;
В.А. Онов, кандидат 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 информационный процесс мониторинга и прогнозирования опасного воздействия продуктов горения торфяного пожара на безопасность дорожного движения, оригинальность которого заключается в прогнозировании условий формирования опасной дорожной ситуации вследствие снижения дальности видимости на автодороге из-за задымленности и вследствие опасного воздействия угарного газа и мелкодисперсных взвешенных частиц на самочувствие водителей. Разработанный подход был апробирован на примере мониторинга и прогнозирования дорожной ситуации на федеральной автодороге Р-255 «Сибирь».

Ключевые слова: информационный процесс, мониторинг, прогнозирование, торфяной пожар, дым, дорожное движение, безопасность

INFORMATION PROCESS FOR MONITORING AND FORECASTING THE DANGEROUS IMPACT OF PEAT FIRE SMOKE ON ROAD SAFETY

O.V. Lozhkina; V.A. Onov.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
V.I. Komashinsky.
Institute of transport problems named after N.S. Solomenko of Russian academy of sciences

The article describes the information process for monitoring and forecasting the dangerous impact of peat fire combustion products on road safety. The originality of the approach is to predict the conditions for the formation of a dangerous road situation due to a decrease in the visibility on the road because of the smoke and due to the dangerous effects of carbon monoxide and fine suspended particles on the well-being of drivers. The developed approach was tested on the example of monitoring and forecasting the traffic situation on the Federal Highway R-255 «Siberia».

Keywords: information process, monitoring, forecasting, peat fire, smoke, road traffic, safety

Введение

Ежегодно наша страна сталкивается с масштабными чрезвычайными ситуациями (ЧС), вызываемыми лесными пожарами. В июле–августе 2021 г. тяжелое положение сложилось в Якутии, где лесные пожары охватили территорию более 1,5 млн га. Дым от лесных пожаров привел к резкому повышению концентраций опасных продуктов горения (в первую очередь мелкодисперсных взвешенных частиц PM_{10} и $PM_{2.5}$) в воздухе населенных пунктов как в Якутии, так и в соседних регионах. Высокая задымленность оказывает

негативное воздействие на здоровье людей и на их жизнедеятельность, в том числе на транспортную деятельность.

По данным информационного агентства «ТАСС» 8 августа 2021 г. более 50 авиарейсов были отменены в городах: Иркутске, Кемерово, Новосибирске и Красноярске из-за сильного задымления из-за пожаров, бушующих на севере Иркутской области и в Якутии.

Без преувеличения можно сказать, что эта проблема характерна для стран всего мира, но особенно остро стоит в США, Канаде, Австралии, Греции [1–6].

Дым природных пожаров неоднократно являлся причиной серьезных дорожно-транспортных происшествий и возникновения ЧС на автодорогах: в штате Флорида в США в 2008 и 2009 гг. произошли две крупнейшие аварии с участием более 70 автомобилей, с гибелью пяти и ранением 38 человек в 2008 г. и гибелью 11 и ранением 18 человек в 2009 г. [7, 8]. В Иркутской области Российской Федерации осенью 2015 г. и зимой 2016 г. в течение нескольких месяцев бушевал крупнейший торфяной пожар, повлекший возникновение ЧС (транспортного коллапса) в декабре 2015 г. на автомагистрали федерального значения Р-255 «Сибирь». Благодаря своевременным организационным мерам, удалось избежать серьезных аварий с гибелью и ранением людей [7, 8].

В Соединенных Штатах Америки существует несколько моделей, предназначенных для прогнозирования и мониторинга воздействия дыма природных пожаров на дорожные условия, в том числе стационарные модели Гауссова типа VSMOKE и SASEM и нестационарная Лагранжево-Гауссова CALPUFF-модель [9–11]. В Российской Федерации, несмотря на актуальность проблемы и наличие отечественных моделей для прогнозирования природных пожаров [12, 13] и распространения загрязняющих веществ в атмосфере [14, 15], комплексной информационной технологии для прогнозирования опасного воздействия продуктов горения на безопасность дорожного движения и критериев для ранжирования дорожной ситуации по уровню опасности, необходимых для принятия решения о вводе режима ЧС, до недавнего времени не было [16–18].

В связи с вышесказанным, в задачи данной работы входили:

- разработка информационного процесса мониторинга и прогнозирования опасного загрязнения воздуха на автомагистрали продуктами горения торфяного пожара;
- обоснование критериев ранжирования дорожной ситуации по уровню опасности с учетом снижения видимости на дороге и риска воздействия на здоровье участников автотранспортного процесса;
- апробация предложенной информационной технологии на примере исследования ЧС на федеральной автомобильной дороге Р-255 «Сибирь».

Объекты, модели и методы исследования

В качестве объекта исследования изучалась ЧС, сложившаяся осенью–зимой 2015–2016 гг. в Усольском районе Иркутской области, где в зоне задымления торфяного пожара, бушевавшего в районе в течение нескольких месяцев, на федеральной автотрассе Р-255 не раз приходилось вводить режим ЧС и ограничивать движение автотранспорта во избежание крупных дорожно-транспортных происшествий с тяжелыми последствиями (рис. 1).

Структурно-логическая схема разработанного информационного процесса прогнозирования ЧС на автодороге в условиях задымления, обусловленного природным торфяным пожаром, представлена на рис. 2.

На первом этапе осуществляется сбор входных данных о характеристиках действующего пожара: площадь пожара, удаленность от автотрассы, мощность эмиссии продуктов горения, метеорологические условия (скорость и направление ветра, температура и влажность воздуха) и т.д.

На втором этапе обосновывается математическая модель для описания распространения компонентов дыма в атмосфере: в зависимости от полноты исходных данных и погодных условий используется модель, основанная на уравнении турбулентной диффузии, или модель, построенная на Гауссовом распределении [19].

На третьем этапе оценивается влияние дыма на снижение видимости по модели Траберта, связывающей концентрацию аэрозольных частиц в воздухе и дальность видимости, а также воздействие мелкодисперсных взвешенных частиц и угарного газа на самочувствие участников дорожного движения по показателям риска острого воздействия [19].

На четвертом этапе на основе значений показателей риска здоровью и снижения дальности видимости осуществляется ранжирование сложившейся ситуации по уровню опасности и делается вывод о необходимых управленческих мероприятиях для обеспечения безопасности дорожного движения на опасном участке [19].



Рис. 1. Фрагмент карты Усольского района Иркутской области

Критерии ранжирования дорожной ситуации по уровню опасности, обоснованные с учетом нормативно-законодательных актов, действующих в Российской Федерации и подробно описанных в монографии [19], представлены в (табл. 1).

Таблица 1. Критерии ранжирования дорожной ситуации по уровню опасности в зависимости от риска здоровью и видимости

Риск	<0,02	0,02–0,16	0,17–0,49	0,5–0,85	0,86–1,0
Видимость, м	≥800	300–799	130–299	51–129	≤50
Ситуация	Приемлемая	Удовлетворительная	Неудовлетворительная	Опасная	Чрезвычайная
Цветовая маркировка					



Рис. 2. Структурно-логическая схема информационного процесса прогнозирования ЧС на автомобильной трассе, находящейся в зоне действия продуктов горения торфяного пожара (ЗВ – загрязняющее вещество)

Результаты и обсуждение

Для исследуемого объекта было разработано четыре прогнозных сценария (табл. 2). Сценарии отличались характеристиками пожара (площади пожара, скорости распространения дыма и мощности выброса продуктов горения), метеорологическими параметрами (скорости и направления ветра, наличия тумана). Первый и второй сценарии соответствовали реальной ситуации, сложившейся в Усольском районе вблизи автодороги Р-255 «Сибирь», третий и четвертый сценарии – гипотетические, их основные отличия от первых двух – увеличение площади пожара в два раза (до 40 га), увеличение мощности выброса продуктов горения, штиль, и в четвертом – дополнительно учитывалось влияние тумана. Взаимодействие тумана с дымом приводит к образованию суперсмога и концентрированию в приземной воздушной среде опасных аэрозольных частиц, вызывающих резкое снижение видимости практически до нуля и представляющих опасность для здоровья людей.

Таблица 2. Исходные данные для расчетного прогнозирования ЧС на автодороге Р-255 «Сибирь» в Усольском районе Иркутской области по четырем прогнозным сценариям

Исходные данные для расчета	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3	Сценарий 4
Определяемые поллютанты	CO, PM _{2,5} , PM ₁₀	CO, PM _{2,5} , PM ₁₀	CO, PM _{2,5} , PM ₁₀	CO, PM _{2,5} , PM ₁₀
Направление ветра	Переменное	В сторону автомагистрали	В сторону автомагистрали	В сторону автомагистрали
Скорость ветра	2–5 м/с	1–2 м/с	0,5–1 м/с	0,5–1 м/с
Отдаленность автомагистрали	2–5 км	2–5 км	2–5 км	2–5 км
Площадь пожара, га	~20 га	~20 га	~40 га	~40 га
Температура воздуха, °С	От –20 до –10 °С	От –20 до –10 °С	От –20 до –10 °С	От –20 до –10 °С
Коэффициент стратификации атмосферы	180	180	250	250
Скорость выхода газовой смеси	1,5–2,5 м/с	1,5–2,5 м/с	1,5–2,5 м/с	1,5–2,5 м/с
Мощность выброса	CO: 108–127 г/с; PM _{2,5} : 14,5–16,5 г/с; PM ₁₀ : 15,5–18,5 г/с	CO: 108–127 г/с; PM _{2,5} : 14,5–16,5 г/с; PM ₁₀ : 15,5–18,5 г/с	CO: 232–271 г/с; PM _{2,5} : 23,5–33 г/с; PM ₁₀ : 34–41,5 г/с	CO: 232–271 г/с; PM _{2,5} : 23,5–33 г/с; PM ₁₀ : 34–41,5 г/с
Туман	–	–	–	+

Результаты расчетного прогнозирования ситуации на федеральной автодороге Р-255 «Сибирь» в пяти контрольных пунктах (рабочем п. Тельма, рабочем п. Железнодорожный, на 1 820, 1 822 и 1 824 км автотрассы) представлены в табл. 3.

Таблица 3. Расчетное прогнозирование и ранжирование ситуации на автодороге Р-255 «Сибирь» в Усольском районе Иркутской области по уровню опасности с учетом снижения видимости и риска для здоровья водителей и пассажиров

Показатель опасности	Сценарий	п. Тельма	п. Железнодорожный	ФАД Р-255 «Сибирь», 1 820 км	ФАД Р-255 «Сибирь», 1 822 км	ФАД Р-255 «Сибирь», 1 824 км
Риск CO	2	0,001	0,001	0,006	0,006	0,001
	3	0,029	0,115	0,184	0,157	0,136
	4	0,067	0,212	0,309	0,242	0,242
Риск PM _{2,5}	2	0,001	0,029	0,097	0,067	0,036
	3	0,54	0,864	0,945	0,933	0,885
	4	0,788	0,971	0,994	0,994	0,977
Риск PM ₁₀	2	0,001	0,023	0,045	0,036	0,023
	3	0,212	0,618	0,788	0,726	0,655
	4	0,5	0,885	0,933	0,919	0,864
Дальность видимости, м	2	538	255	179	199	235
	3	82	42	32	34	40
	4	18	11	7	8	9

Результаты прогноза свидетельствуют о том, что при реализации второго сценария ситуация во всех пунктах будет удовлетворительной по риску для здоровья участников автотранспортного процесса, но неудовлетворительной по видимости, которая будет менее 300 м, а, следовательно, на участке от 1 824 км до п. Железнодорожный, согласно Правилам дорожного движения Российской Федерации, потребуется ввести ограничение скорости до 60 км/ч. Если процесс будет развиваться по третьему и четвертому сценариям, то ситуация будет опасной по риску острого воздействия PM_{10} и чрезвычайной по риску воздействия $PM_{2,5}$ и снижению видимости, которая может уменьшиться до критических значений (менее 50 м). В соответствии с приказом МЧС России от 8 июля 2004 г. № 329 «Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях» это может потребовать временной остановки движения на опасном участке во избежание аварий.

Заключение

В условиях изменяющегося климата серьезно увеличились пространственно-временные масштабы природных пожаров. Длительные и огромные по площади лесные пожары в Якутии в 2021 г., в Западной Сибири и на Дальнем Востоке в 2020 г., торфяные, в том числе зимние, пожары в Западной Сибири и в Бурятии в 2015–2018 гг. привели к серьезным негативным экономическим и экологическим последствиям.

Дым природных пожаров представляет опасность для осуществления транспортной деятельности за счет резкого снижения видимости и воздействия на здоровье людей.

Разработанная в результате проведенной работы информационная технология может быть использована региональными центрами управления в кризисных ситуациях МЧС России и подразделениями Госавтоинспекции МВД России с целью обеспечения безопасности дорожного движения и предупреждения ЧС на автодорогах в условиях воздействия дыма торфяных пожаров.

Литература

1. Chen H., Samet J.M., Bromberg P.A., Tong H. Cardiovascular health impacts of wildfire smoke exposure // *Part Fibre Toxicol.* 2021. 18(1):2. Doi: 10.1186/s12989-020-00394-8.
2. Matz C.J., Egyed M., Xi G., Racine J., Pavlovic R., Rittmaster R., Henderson S.B., Stieb D.M. Health impact analysis of $PM_{2.5}$ from wildfire smoke in Canada (2013-2015, 2017-2018) // *Sci. Total Environ.* 2020. 10;725:138506. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138506.
3. Jaffe D.A., O'Neill S.M., Larkin N.K., Holder A.L., Peterson D.L., Halofsky J.E., Rappold A.G. Wildfire and prescribed burning impacts on air quality in the United States // *J. Air Waste Manag. Assoc.* 2020. V. 70(6). P. 583–615. Doi: 0.1080/10962247.2020.1749731.
4. Fadadu R.P., Balmes J.R., Holm S.M. Differences in the Estimation of Wildfire-Associated Air Pollution by Satellite Mapping of Smoke Plumes and Ground-Level Monitoring // *Int J. Environ. Res. Public Health.* 2020. Nov 5;17(21):8164. Doi: 10.3390/ijerph17218164.
5. Walter C.M., Schneider-Futschik E.K., Knibbs L.D., Irving L.B. Health impacts of bushfire smoke exposure in Australia. *Respirology.* 2020. V. 25(5). P. 495–501.
6. Faustini A., Alessandrini E.R. [et al.] Short-term effects of particulate matter on mortality during forest fires in Southern Europe: results of the MED-PARTICLES Project // *Occup. Environ. Med.* 2015. V. 72(5). P. 323–329.
7. Ложкина О.В. Обзор зарубежных подходов для моделирования распространения дыма природных пожаров и прогнозирования его воздействия на безопасность дорожного движения // *Проблемы управления рисками в техносфере.* 2020. № 1 (53). С. 100–105.
8. Ложкина О.В. Прогнозирование негативного воздействия дыма торфяного пожара на безопасность дорожного движения // 9-е Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса: сб. докладов Междунар. науч.-техн. конф. М., 2021. С. 545–553.
9. Scott L., Achtemeier L. Modelling smoke transport from wildland fires: a review // *International Journal of Wildland Fire.* 2013. № 22. P. 83–94.

10. Achtemeier L. Smoke Modeling in Support of Management of Forest Landscapes in the Eastern United States // *Proceedings of the 3rd Fire in Eastern Oak Forests Conference*. URL: <https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr-p-46papers/06-achtemeier-p-46.pdf> (дата обращения: 12.08.2021).

11. Scire J.S. CALPUFF: Overview of capabilities. In ‘Technical Highlights of EPA’s 7th Conference on Air Pollution Modeling’. 1 August 2000. North Carolina State University. URL: <http://www.epa.gov/scram001/7thconf/information/t029day1.pdf> (дата обращения: 12.08.2021).

12. Удилов Т.В., Винокуров В.Н., Александрой В.И. Исходные данные для математического моделирования процессов возгорания торфяников Иркутской области // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 1-1. С. 95.

13. Гришин А.М., Пугачева П.В. Анализ действия лесных и степных пожаров на города и поселки и новая детерминированно-вероятностная модель прогноза пожарной опасности в населенных пунктах // *Вестник Томского государственного университета. Математика и механика*. 2009. № 3 (7). С. 99–108.

14. 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.

15. Ложкина О.В. Повышение эффективности обеспечения безопасности дорожного движения в условиях смога от торфяного пожара // *Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Всерос. науч.-практ. конф. / сост. А.В. Зыков, Н.В. Федорова, О.Е. Евсеева. СПб., 2021. С. 40–43.*

16. Ложкин В.Н., Тимофеев В.Д., Кобелев Е.С. Методика прогнозирования опасного воздействия торфяных пожаров на участников транспортного процесса автомагистралей // *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2018. № 1 (43). С. 41–47.

17. Ложкин В.Н., Буланцев Д.С. Модель диффузии угарного газа в условиях возникновения чрезвычайной ситуации на автомагистрали вблизи горящего торфяника // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России»*. 2020. № 1. С. 10–15.

18. Ложкина О.В., Тимофеев В.Д., Ложкин В.Н. Методика прогнозирования чрезвычайного воздействия продуктов горения торфяного пожара на безопасность дорожного движения // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2018. № 3 (47). С. 79–85.

19. Ложкин В.Н., Ложкина О.В., Тимофеев В.А. Теоретические основы мониторинга и прогнозирования опасного воздействия продуктов горения природных пожаров на жизнедеятельность населения: монография / под общ. ред. Б.В. Гавкалюка. СПб.: С.-Петербур. ун-т ГПС МЧС России, 2020. 161 с.

References

1. Chen H., Samet J.M., Bromberg P.A., Tong H. Cardiovascular health impacts of wildfire smoke exposure // *Part Fibre Toxicol*. 2021. 18(1):2. Doi: 10.1186/s12989-020-00394-8.

2. Matz C.J., Egyed M., Xi G., Racine J., Pavlovic R., Rittmaster R., Henderson S.B., Stieb D.M. Health impact analysis of PM_{2.5} from wildfire smoke in Canada (2013-2015, 2017-2018) // *Sci. Total Environ*. 2020. 10;725:138506. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138506.

3. Jaffe D.A., O'Neill S.M., Larkin N.K., Holder A.L., Peterson D.L., Halofsky J.E., Rappold A.G. Wildfire and prescribed burning impacts on air quality in the United States // *J. Air Waste Manag. Assoc*. 2020. V. 70(6). P. 583–615. Doi: 0.1080/10962247.2020.1749731.

4. Fadadu R.P., Balmes J.R., Holm S.M. Differences in the Estimation of Wildfire-Associated Air Pollution by Satellite Mapping of Smoke Plumes and Ground-Level Monitoring // *Int J. Environ. Res. Public Health*. 2020. Nov 5;17(21):8164. Doi: 10.3390/ijerph17218164.

5. Walter C.M., Schneider-Futschik E.K., Knibbs L.D., Irving L.B. Health impacts of bushfire smoke exposure in Australia. *Respirology*. 2020. V. 25(5). P. 495–501.

6. Faustini A., Alessandrini E.R. [et al.] Short-term effects of particulate matter on mortality during forest fires in Southern Europe: results of the MED-PARTICLES Project // *Occup. Environ. Med.* 2015. V. 72(5). P. 323–329.
7. Lozhkina O.V. Obzor zarubezhnyh podhodov dlya modelirovaniya rasprostraneniya dyma prirodnyh pozharov i prognozirovaniya ego vozdeystviya na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere.* 2020. № 1 (53). S. 100–105.
8. Lozhkina O.V. Prognozirovanie negativnogo vozdeystviya dyma torfyanogo pozhara na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // 9-e Lukaninskie chteniya. *Problemy i perspektivy razvitiya avtotransportnogo kompleksa: sb. dokladov Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. M., 2021.* S. 545–553.
9. Scott L., Achtemeier L. Modelling smoke transport from wildland fires: a review // *International Journal of Wildland Fire.* 2013. № 22. P. 83–94.
10. Achtemeier L. Smoke Modeling in Support of Management of Forest Landscapes in the Eastern United States // *Proceedings of the 3rd Fire in Eastern Oak Forests Conference.* URL: <https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr-p-46papers/06-achtemeier-p-46.pdf> (data obrashcheniya: 12.08.2021).
11. Scire J.S. CALPUFF: Overview of capabilities. In 'Technical Highlights of EPA's 7th Conference on Air Pollution Modeling'. 1 August 2000. North Carolina State University. URL: <http://www.epa.gov/scram001/7thconf/information/t029day1.pdf> (data obrashcheniya: 12.08.2021).
12. Udilov T.V., Vinokurov V.N., Aleksandroj V.I. Iskhodnye dannye dlya matematicheskogo modelirovaniya processov vozgoraniya torfyanikov Irkutskoj oblasti // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya.* 2015. № 1-1. S. 95.
13. Grishin A.M., Pugacheva P.V. Analiz deystviya lesnyh i stepnyh pozharov na goroda i poselki i novaya determinirovanno-veroyatnostnaya model' prognoza pozharnoj opasnosti v naselennyh punktah // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika.* 2009. № 3 (7). S. 99–108.
14. 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.
15. Lozhkina O.V. Povyshenie effektivnosti obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v usloviyah smoga ot torfyanogo pozhara // *Pozharnaya bezopasnost': sovremennye vyzovy. Problemy i puti resheniya: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. / sost. A.V. Zikov, N.V. Fedorova, O.E. Evseeva. SPb., 2021.* S. 40–43.
16. Lozhkin V.N., Timofeev V.D., Kobelev E.S. Metodika prognozirovaniya opasnogo vozdeystviya torfyanых pozharov na uchastnikov transportnogo processa avtomagistralej // *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa.* 2018. № 1 (43). S. 41–47.
17. Lozhkin V.N., Bulancev D.S. Model' diffuzii ugarnogo gaza v usloviyah vozniknoveniya chrezvychajnoj situacii na avtomagistrali vblizi goryashchego torfyanika // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii».* 2020. № 1. S. 10–15.
18. Lozhkina O.V., Timofeev V.D., Lozhkin V.N. Metodika prognozirovaniya chrezvychajnogo vozdeystviya produktov gorenija torfyanogo pozhara na bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere.* 2018. № 3 (47). S. 79–85.
19. Lozhkin V.N., Lozhkina O.V., Timofeev V.A. Teoreticheskie osnovy monitoringa i prognozirovaniya opasnogo vozdeystviya produktov gorenija prirodnyh pozharov na zhiznedeyatel'nost' naseleniya: monografiya / pod obshch. red. B.V. Gavkalyuka. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2020. 161 c.

УДК 621.65.05

МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА АВТОСТОЯНКАХ ЗАКРЫТОГО ТИПА

Ю.Д. Моторыгин, доктор технических наук, профессор;

А.Б. Акимова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Описаны основные предложения по обеспечению пожарной безопасности современных автостоянок закрытого типа. На основании результатов моделирования развития опасных факторов пожара, в условиях горения элементов пожарной нагрузки основных типов автомобилей на стоянках закрытого типа, была предложена методика управления пожарной безопасностью автостоянки. Рассмотрены организационные и технические мероприятия для обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре. Показано, что при горении электромобилей требования по эвакуации людей в подземной автостоянке выполнить проблематично ввиду высокой скорости распространения опасных факторов пожара и угрозы быстрого перехода пожара на соседние автомобили.

Ключевые слова: методика, управление пожарной безопасностью, автостоянки закрытого типа, пожар на автостоянке, электромобили, литий-ионные аккумуляторы

METHODS OF FIRE SAFETY MANAGEMENT IN CLOSED PARKING LOTS

Yu.D. Motorygin; A.B. Akimova.

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

The article describes the main proposals for ensuring fire safety of modern closed-type parking lots. Based on the results of modeling the development of fire hazards in conditions of gorenje elements of fire load, the main types of cars in closed parking lots, organizational and technical measures were proposed to ensure the safe evacuation of people in case of fire. It is shown that when gorenje electric vehicles conditions of evacuation of people in the underground parking lot to perform problematic due to the high rate of spread of fire hazards and the threat of rapid transition of fire to neighboring cars.

Keywords: methodology, fire safety management, closed-type parking lots, fire in the parking lot, electric vehicles, lithium-ion batteries

В настоящее время проблемы управления пожарной безопасностью на автостоянках закрытого типа становятся все более актуальными. Наряду с традиционными бензиновыми автомобилями, растет число электромобилей. Глобальный переход на электротранспорт наблюдается во всем мире и поддерживается правительствами практически всех стран [1]. Активно разрабатываются новые типы тяговых батарей, применяемых на электромобилях, в том числе общественном транспорте, погрузчиках, на железнодорожном транспорте и других сферах [2]. Данный факт подтверждает необходимость разработки новых подходов к обеспечению пожарной безопасности на территории автостоянок закрытого типа.

Пожар, возникший на территории автостоянки закрытого типа, состоит из трех стадий. На первой стадии на развитие пожара влияют конвективные потоки, за счет которых происходит накопление продуктов неполного сгорания в припотолочной зоне. На второй стадии в припотолочной зоне происходит накопление продуктов неполного сгорания (температура их от 500–800 °С), которые формируют тепловой поток за счет излучения. При достижении величины теплового потока более 20 кВт на квадратный метр происходит общая вспышка. Начинает гореть лакокрасочное покрытие на всех автомобилях. Горение

на каждой стадии зависит от размеров помещения, величины пожарной нагрузки, свойств горючих материалов, находящихся на территории автостоянки, структурировании транспортных средств, условий газообмена, вида автомобилей, расположенных на автостоянке [3].

Величина пожарной нагрузки для автомобиля на бензиновом двигателе представляет собой сумму всех воспламеняющихся материалов и предметов после сгорания: бензин, масла, технические жидкости, обивка салона, пластик, резиновые покрышки. В электромобиле огромную пожарную опасность представляет тяговая аккумуляторная батарея. Как правило, эта аккумуляторная батарея снабжена литий-ионным аккумулятором, который взрывоопасен, чувствителен к перезаряду. Полная разрядка опасна и выводит аккумулятор из строя, а попытка зарядить такой аккумулятор может привести к пожару. Также эти аккумуляторы чувствительны к ударам и перегревам, выходят из строя или взрываются при неправильной зарядке или зарядке в не предназначенных для них устройствах [4]. Несмотря на то, что по статистике электромобили горят реже автомобилей на бензиновом двигателе, масштаб ущерба от них в несколько раз больше. При перевозке или разборе литий-ионный аккумулятор способен загореться снова [5].

Первым шагом для оценки пожароопасной ситуации в местах парковки является анализ и оценка повседневной ситуации в помещении, а затем определение всех ключевых параметров, которые потенциально могут быть связаны с пожароопасными обстановками на территории закрытой автостоянки.

Ключевыми параметрами в данной ситуации являются:

- классификация транспортных средств по типу двигателей;
- распределение транспортных средств относительно горящего автомобиля;
- причастность к возгоранию автомобиля, то есть вероятное количество транспортных средств, вовлеченных в пожар;
- параметры системы приточно-вытяжной вентиляции и параметры автоматической системы пожаротушения.

Оценка и анализ данных параметров необходимы для разработки методики обеспечения пожарной безопасности на автостоянке закрытого типа.

Поскольку существует практически безграничное количество конфигураций парковки, рассмотрим закрытую парковку на 200 машиномест, которая находится на территории торгового центра. Для оценки пожароопасной ситуации рассмотрим первый параметр – классификация автомобилей по типу двигателей. По типу двигателей автомобили разделяют на:

- паровые;
- бензиновые;
- дизельные;
- газовые;
- водородные;
- электромобили;
- гибридные автомобили.

Для автостоянки были рассмотрены только два типа автомобилей: бензиновые и электромобили. В настоящее время паровые и водородные автомобили – используются нечасто. Автомобили на дизельном двигателе являются более безопасными, чем автомобили на бензиновом двигателе, поскольку для бензина достаточно небольшого по мощности источника зажигания (искры), чтобы возникло горение, для самовоспламенения дизеля потребуется довольно высокая температура. Кроме того, автомобили на бензиновом двигателе наиболее распространены в эксплуатации, поэтому были рассмотрены именно они. Что касается газобаллонных автомобилей, стоянку для размещения таких автомобилей не допускается предусматривать в цокольном и подземных этажах стоянок автомобилей, а также в наземных стоянках автомобилей закрытого типа, размещаемых в зданиях иного назначения (СП 113.13330.2016, п 5.1.15).

Поскольку распространение пожара зависит от расположения автомобилей относительно друг друга, было рассмотрено шесть ситуаций. Ситуация № 1 (возгорается электромобиль, слева автомобиль на бензиновом двигателе, справа – электромобиль), ситуация № 2 (возгорается электромобиль, слева и справа находятся два электромобилia), ситуация № 3 (возгорается электромобиль, слева и справа находятся два автомобиля на бензиновом двигателе), ситуация № 4 (возгорается автомобиль на бензиновом двигателе, слева и справа находятся два электромобилia), ситуация № 5 (возгорается автомобиль на бензиновом двигателе, рядом слева и справа находятся два автомобиля на бензиновом двигателе), ситуация № 6 (возгорается автомобиль на бензиновом двигателе, слева находится электромобиль, справа автомобиль на бензиновом двигателе) (рис. 1).

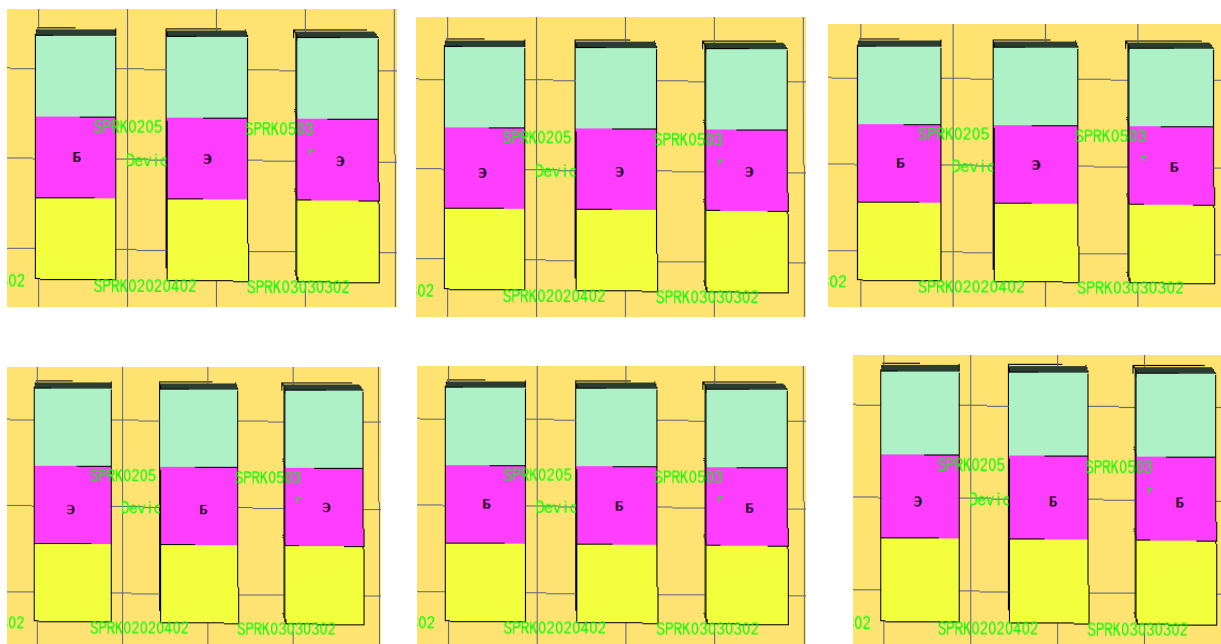


Рис. 1. Расположение электромобилей (Э) и бензиновых (Б) относительно друг друга

Были рассмотрены только те ситуации, в которых автомобили расположены боковыми частями относительно горящего транспортного средства. Ситуации, в которых автомобили расположены капотом и багажником к горящему транспортному средству, рассмотрены не были. Исследования, которые были проведены зарубежными специалистами Mohd Zahirasri и Michael Spearpointi, доказывают, что на автостоянках закрытого типа пожар переходит на автомобили, расположенные боковыми частями друг к другу, и меньше всего на автомобили, расположенные друг к другу капотом и багажником [6].

Ранее в программном комплексе Pathfinder смоделирована эвакуация людей из помещения закрытой автостоянки. На рис. 2 изображено две ситуации, эвакуация 295 человек через один эвакуационный выход (слева) и через два эвакуационных выхода (справа), эвакуационные выходы отмечены стрелками. Время эвакуации в первом случае составило 154 сек., во втором случае 320 сек. Уровень большой заполняемости парковочного пространства в выходные дни и рабочие дни с 9–10 ч утра и вечерние часы с 18–19 объясняется большой посещаемостью торговых центров в конце недели (субботу и воскресенье) и рабочим графиком большинства сотрудников торгового центра.

Для того чтобы определить, какие параметры будут оптимальными для закрытой автостоянки, а время эвакуации не будет превышать времени наступления опасных факторов пожара (ОФП), для каждого из шести сценариев было смоделировано по 42 ситуации, в которых параметры системы приточно-вытяжной вентиляции и параметры автоматической системы пожаротушения менялись, в таблицу записывалось время наступления ОФП, всего было смоделировано 252 ситуации [6–8].

Для сравнения рассмотрим шесть ситуаций, которые были смоделированы без учета параметров приточной противодымной вентиляции и автоматической системы пожаротушения [6–8]. Результаты моделирования представлены в табл. 1.

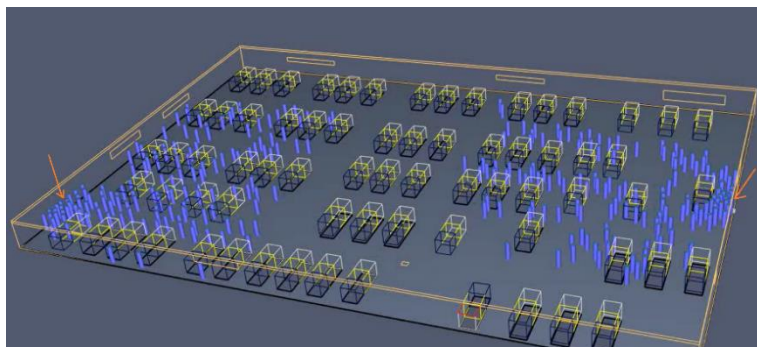


Рис. 2. Эвакуация 295 человек из помещения автостоянки

Таблица 1. Время наступления ОФП без учета параметров приточной противодымной вентиляции и системы автоматического пожаротушения

№ ситуации	Потеря видимости у выхода № 1	Потеря видимости у выхода № 2	Температура у выхода № 1	Температура у выхода № 2
Ситуация № 1	С 27 с менее 20 м	С 27 с менее 20 м	С 23 с более 70 °С	С 20 с более 70 °С
Ситуация № 2	С 20 с значение падает до 7,5 м	С 18 с значение падает до 8 м	С 20 с более 100 °С	С 29 с более 70 °С
Ситуация № 3	С 45 с менее 10 м	С 45 с менее 13 м	С 53 с более 70 °С	50 с температура =70 оС С 78 с более 70 °С
Ситуация № 4	С 20 с менее 10 м	С 20 с менее 10 м	С 18 с более 80 °С	С 20 с более 70 °С
Ситуация № 5	С 43 с значение падает до 9 м	С 42 с менее 10 м	43 с=73 °С, 45 с=60 °С, 50 с=75 °С	43 с=68 °С, 50 с=75 °С, 52 с=60 °С 59 с=70 °С, 60 с=60 °С, С 62 с более 70 °С
Ситуация № 6	С 28 с менее 20 м	С 28 с менее 20 м	С 40 с более 70 °С	С 38 с более 70 °С

Из табл. 1 видно, что во всех случаях время наступления ОФП превышает время эвакуации людей с территории автостоянки, что доказывает необходимость применения на парковке автоматической системы пожаротушения и системы приточной противодымной вентиляции.

В связи с этим были определены оптимальные значения параметров системы вентиляции и расход спринклеров в случае с переходом пожара от загоревшегося автомобиля на рядом стоящие. В соответствии с СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» Приложение А, автостоянки относят ко второй группе помещений с интенсивностью орошения защищаемой площади не менее 0,12 л/(с·м²).

Минимальная площадь, орошаемая АУП* = 120 м (25 оросителей).

Определим по формуле расход одного оросителя:

$$120 \cdot 0,12 = 14,4 \text{ л/с ;}$$

$$14,4/25 = 0,576 \text{ л/с} = 34,5 \text{ л/мин.}$$

Для моделирования начальное значение расхода воды на спринклер – 34,5 л/мин и параметры приточной противодымной вентиляции от 20 до 150 Па (СП 7.13130.2013 «Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование», п 7.16. б). Для каждой ситуации были построены таблицы, для наглядности рассмотрим ситуацию № 1 (возгорается электромобиль, слева на расстоянии 0,9 м находится автомобиль на бензиновом двигателе, справа на расстоянии 0,9 м – электромобиль).

Таблица 2. **Время наступления ОФП у эвакуационного выхода 2**

Достижение критического значения потери видимости (20 м) у выхода 2 (с)								Достижение критической температуры (70°C) у выхода 2 (с)							
л/мин→ Па ↓	34,5	38	40	48	50	70	120	л/мин→ Па ↓	34,5	38	40	48	50	70	120
50	160	48	48	47	165	48	48	50	34,5	38	40	48	50	70	120
70	55	55	55	55	55	52	52	70	–	50	50	50	225	50	50
90	40	37	–	37	–	37	37	90	55	55	55	60	65	60	51
120	40	40	–	40	40	40	40	120	47	38	–	38	38	38	38
150	–	–	–	–	–	–	–	150	–	–	–	–	–	50	50

Таблица 3. **Время наступления ОФП у эвакуационного выхода 1**

Достижение критического значения потери видимости (20 м) у выхода 1 (с)								Достижение критической температуры (70°C) у выхода 1 (с)							
л/мин→ Па ↓	34,5	38	40	48	50	70	120	л/мин→ Па ↓	34,5	38	40	48	50	70	
50	48	110	105	105	65	125	120	50	–	–	–	–	65	–	
70	75	75	80	80	102	70	70	70	–	–	–	–	–	–	
90	80	85	–	85	85	85	85	90	–	–	–	–	–	–	
120	70	70	–	70	70	70	70	120	–	–	–	–	–	–	
150	90	70	90	90	90	90	90	150	–	–	–	–	–	–	

В табл. 2, 3 показано время наступления ОФП у эвакуационных выходов. В каждой ячейке таблицы записано время (в секундах) наступления критического значения ОФП (температуры и потери видимости у выходов 1 и 2). Предельно допустимые значения ОФП: температура = 70 °С, потеря видимости = 20 м. Диапазон времени моделирования каждой ситуации составил 320 сек. – время эвакуации с территории закрытой парковки в случае блокирования одного их эвакуационных выходов. В табл. 2, 3 представлены значения параметров приточной противодымной вентиляции и автоматической системы пожаротушения, которые необходимы в той или иной ситуации для безопасной эвакуации людей с территории автостоянки, в случае горения автомобиля и распространения пожара на две рядом стоящие машины.

Анализируя данные табл. 4, можно сделать вывод, что наиболее оптимальными значениями параметра приточной противодымной вентиляции и системы автоматического пожаротушения, для каждой из ситуаций будут:

– для ситуации 1 – 150 Па*120 л/мин;

- для ситуации 2 – 150 Па*34,5 л/мин;
- для ситуации 3 – любой из трех вариантов: 120 Па*40 л/ мин, 120 Па*70 л/мин, 120 Па*120 л/мин;
- для ситуации 4 – 150 Па*120 л/мин;
- для ситуации 5 – любые варианты в стоках 120, 150 Па;
- для ситуации 6 – любые варианты в стоках 120, 150 Па.

Таблица 4. **Общая таблица по шести ситуациям**

№ ситуации	Температура у выхода № 1	Температура у выхода № 2	Потеря видимости у выхода № 2	Потеря видимости у выхода № 1
Ситуация № 1	Все варианты подходят, кроме варианта: 50 Па*34,5 л\мин	Подходят все варианты в строках: 150, 120 Па	90 Па*40 л/мин 120 Па на 40 л/мин Подходят все варианты в строке 150 Па	120 Па*40 л/мин 150 Па*120 л/мин
Ситуация № 2	90 Па*34,5 л\мин 90 Па*70 л\мин 90 Па*120 л\мин Подходят все варианты в строках: 150 Па, 120 Па	150 Па*34,5 л/мин	150 Па*34,5 л/мин	150 Па*34,5 л/мин
Ситуация № 3	Все варианты подходят	Подходят все варианты в строках: 150 Па, 120 Па	Подходят все варианты в строках: 150 Па, 120 Па	120 Па*40 л/ мин 120 Па*70 л/мин 120 Па*120 л/мин
Ситуация № 4	Подходят все варианты в строках: от 70 Па до 150 Па	Подходят все варианты в строке 150 Па	Подходят все варианты в строке 150 Па	150 Па*120 л/мин
Ситуация № 5	Все варианты подходят	Все варианты подходят	Подходят все варианты в строках: от 120 Па до 150 Па	Все варианты подходят
Ситуация № 6	Все варианты подходят	Подходят все варианты в строках: 90 Па, 120 Па, 150 Па	Подходят все варианты в строках: 90 Па, 120 Па, 150 Па	Подходят все варианты в строках: 70 Па, 120 Па, 150 Па

Анализируя каждую ситуацию, было определено, что переход пламени от горящего транспортного средства на тот или иной пожароопасный материал соседнего автомобиля составляет в среднем 40 сек. Анализировались такие материалы, как: резина, поролон, поливинилхлорид и литий-ионные аккумуляторы.

Исходя из исследований, показано, что при горении электромобилей условия эвакуации людей с закрытой автостоянки выполнить проблематично ввиду высокой скорости распространения ОФП и угрозы быстрого перехода пожара на соседние транспортные средства [8–10]. Поэтому предлагаются следующие организационные мероприятия, которые должны в себя включать:

- размещение электромобилей в отдельные противопожарные отсеки или зоны, ограниченные противопожарными преградами, кроме подземных автостоянок (СП 13330.2016 «Стоянки автомобилей» п. 5.2.1);

– при невозможности расположения электромобилей в отдельных боксах необходимо повышать требуемую интенсивность в 1,5–2 раза в зависимости от количества автомобилей;

– расчет индивидуального пожарного риска на территории автостоянок закрытого типа необходимо осуществлять с учетом возможности размещения на территории автостоянки автомобилей с повышенной пожарной опасностью;

– введение обязательного охранного пункта с регистрацией въезда электромобилей на территорию парковки. Для большей безопасности необходимо ввести на въезде на территорию автостоянки закрытого типа охранный пункт с регистрацией каждого въезжающего электромобиля, с последующим выведением на табло места и расположения припаркованного электромобиля, в случае возгорания это позволит снизить риск получить травму пожарным подразделениям при тушении пожара.

На территориях закрытых автостоянок предусмотреть для электромобилей отдельные боксы, чтобы в случае возгорания пожар не распространялся на соседние транспортные средства.

Литература

1. Ежелева Е.Е., Мельник А.А., Елисеев Ю. Исследование пожаров, связанных с возгоранием литий-ионных аккумуляторных батарей на транспорте // Науч.-аналит. журн. «Сибирский пожарно-спасательный вестник». 2021. № 1 (20).
2. Анализ нормативных требований в области обеспечения пожарной безопасности литий-ионных аккумуляторных батарей / В.А. Пехотиков [и др.]: материалы XXXII Междунар. науч.-практ. конф. 2020.
3. Моторыгин Ю.Д., Акимова А.Б. Исследование горения автомобиля на автостоянке закрытого типа // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2019: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2019.
4. Кравцов М.Н. Пожарная опасность электрогибридов и автомобилей // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. 2017. № 12.
5. Кислицин Е.Н. О некоторых опасностях, связанных с проведением аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий с участием электромобилей // Проблемы и пути совершенствования аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций: сб. трудов секции № 3 XXIX Междунар. науч.-практ. конф. «Предотвращение. Спасение. Помощь». 2019.
6. Mohd Zahirasri Mohd Tohiri and Michael Spearpointi. Development of Fire Scenarios for Car Parking Buildings using Risk Analysis // Fire Safety Science. 2014. 11. P. 944–957.
7. Чеберяк В.В. Правила и способы тушения электромобилей пожарной охраной // Достижения науки и образования. 9/2020 – 3.
8. Моторыгин Ю.Д. Системный анализ моделей описания процессов возникновения и развития пожара: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2011. С. 218.
9. Моторыгин Ю.Д., Косенко Д.В. Математическое моделирование развития горения автомобиля // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2014. № 2. С. 45–50.
10. Моторыгин Ю.Д., Акимова А.Б. Декомпозиция факторов, влияющих на развитие горения автотранспортных средств, в закрытых автостоянках // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 1. С. 9–17.

References

1. Ezheleva E.E., Mel'nik A.A., Eliseev Yu. Issledovanie pozharov, svyazannyh s vozgoraniem litij-ionnyh akkumulyatornyh batarej na transporte // Nauch.-analit. zhurn. «Sibirskij pozharno-spasatel'nyj vestnik». 2021. № 1 (20).
2. Analiz normativnyh trebovanij v oblasti obespecheniya pozharnoj bezopasnosti litij-ionnyh akkumulyatornyh batarej / V.A. Pekhotikov [i dr.]: materialy XXXII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 2020.

3. Motorygin Yu.D., Akimova A.B. Issledovanie goreniya avtomobilya na avtostoyanke zakrytogo tipa // *Transport Rossii: problemy i perspektivy – 2019: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb., 2019.*
4. Kravcov M.N. Pozharnaya opasnost' elektrogibridov i avtomobilej // *Avtomobil' i elektronika. Suchasni tekhnologii. 2017. № 12.*
5. Kislicin E.N. O nekotoryh opasnostyah, svyazannyh s provedeniem avarijno-spasatel'nyh rabot pri likvidacii posledstvij dorozhno-transportnyh proisshestvij s uchastiem elektromobilej // *Problemy i puti sovershenstvovaniya avarijno-spasatel'nyh rabot pri likvidacii chrezvychajnyh situacij: sb. trudov sekcii № 3 XXIX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Predotvrashchenie. Spasenie. Pomoshch'». 2019.*
6. Mohd Zahirasri Mohd Tohiri and Michael Spearpointi. Development of Fire Scenarios for Car Parking Buildings using Risk Analysis // *Fire Safety Science. 2014. 11. R. 944–957.*
7. Cheberyak V.V. Pravila i sposoby tusheniya elektromobilej pozharnoj ohranoj // *Dostizheniya nauki i obrazovaniya. 9/2020 – 3.*
8. Motorygin Yu.D. Sistemnyj analiz modelej opisaniya processov vozniknoveniya i razvitiya pozhara: dis. ... d-ra tekhn. nauk. SPb., 2011. С. 218.
9. Motorygin Yu.D., Kosenko D.V. Matematicheskoe modelirovanie razvitiya goreniya avtomobilya // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2014. № 2. S. 45–50.*
10. Motorygin Yu.D., Akimova A.B. Dekompoziciya faktorov, vliyayushchih na razvitie goreniya avtotransportnyh sredstv, v zakrytyh avtostoyankah // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2021. № 1. S. 9–17.*

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

УДК 614.841.1

ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ НАГРЕВЕ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ НАПРАВЛЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГОРЕНИЯ НА ПОЖАРЕ

**М.А. Галишев, доктор технических наук, профессор;
А.Ю. Лебедев, кандидат технических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматриваются вопросы возможности применения портативного рентгенофлуоресцентного спектрометра для установления степени термического поражения лакокрасочных покрытий. Проведённое исследование обусловлено необходимостью качественно улучшить результаты пожарно-технической экспертизы на месте пожара, ввиду предпочтений специалистов к методикам работы без отбора проб к лабораторному анализу.

Ключевые слова: исследование пожара, лакокрасочное покрытие, распространение пожара

ELEMENTAL COMPOSITION CHANGES RESEARCHING TO ESTABLISH A FIRE BURNING DIRECTION IN CONDITIONS OF PAINT COATE HEATING

M.A. Galishev; A.Yu. Lebedev.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article discusses the possibility of using a portable X-ray fluorescence spectrometer to determine paint and varnish coatings thermal damage value. The study is due to the need to qualitatively improve the results of the fire-technical expertise at the fire site, in view of the preferences of specialists for working methods without sampling for laboratory analysis.

Keywords: fire investigation, paint coate, fire direction

С целью установления места первоначального возникновения горения при исследовании пожаров выводы специалистов строятся на данных визуального изучения материалов и конструкций и результатах инструментальных измерений [1]. Последние позволяют получить объективные данные о степени термического поражения материалов по результатам исследования их субстанциональных свойств. Рассматривая современные методики пожарно-технической экспертизы, можно отметить, что в приоритете находятся подходы, позволяющие проводить исследование непосредственно на месте пожара, без необходимости отбора проб для лабораторных исследований [2]. Такие способы позволяют получить данные аналитических определений, минуя стадии пробоотбора и пробоподготовки, а, как известно, именно на этих стадиях наиболее высок риск загрязнения

и потери проб, что совершенно недопустимо при производстве судебных экспертиз. Для таких традиционных объектов, обнаруживаемых на месте пожара, как металлы и сплавы, а также конструкций из каменных материалов применение портативных приборов на месте пожаров уже давно вошло в практику пожарно-технических специалистов. Среди органических материалов, относящихся к объектам исследования при установлении очага пожара, для которых разработаны и используются на практике методики, основанные на портативном оборудовании, можно выделить деревянные конструкции. В то же время к материалам, позволяющим оценить направленность распространения горения, относятся и лакокрасочные покрытия. Согласно литературе [3–5], посвященной пожарно-технической экспертизе, покрытия на основе вододисперсионных лакокрасочных материалов отличаются наиболее широким температурным диапазоном. С помощью исследования их свойств можно судить о степени термического воздействия на них. При относительно низких температурах (до 600 °С) получать информацию о степени термического воздействия на данные материалы можно посредством исследования изменений, происходящих в органических компонентах при высоких температурах, – на основе изучения неорганических наполнителей. Исследование таких покрытий предполагает отбор проб и последующий анализ методами ИК-спектроскопии или синхронного термического анализа. Учитывая природу изменений, происходящих в них при нагреве, можно предположить, что изучение методами элементного анализа также позволит оценить глубину протекающих при нагреве процессов деструкции в лакокрасочных материалах. Среди таких методов наиболее интересным представляется метод рентгенофлуоресцентного анализа. Он позволяет определить содержание в материале элементов от натрия до урана и реализуется с помощью портативных спектрометров [4].

Целью данного исследования стало изучение возможности применения портативного рентгенофлуоресцентного спектрометра для установления степени термического поражения лакокрасочных покрытий.

В качестве объекта исследования была выбрана матовая вододисперсионная акриловая краска ВД AuraNord. Краска наносилась на образцы гипсокартона размером 15x15 см согласно инструкции изготовителя кисточкой вручную при температуре окружающей среды. После нанесения первого слоя образец сушился на протяжении двух часов при комнатной температуре. Второй слой краски был нанесен через десять часов и повторно подвергнут сушке до полного высыхания. Выбор материала подложки обусловлен приближением условий эксперимента к реальным, покрытия на основе водорастворимых лакокрасочных материалов используются для внутренней отделки помещений, в том числе для окраски конструкций из гипсокартона.

Термическое воздействие на образцы осуществлялось в муфельной печи при температурах 100, 150, 200, 350, 400, 450, 500, 550 и 600 °С. Время нагрева составляло 15 мин.

Рентгенофлуоресцентный анализ образцов проводился с помощью спектрометра NITON XL2 GOLDD в стандартном режиме «Руды» (диапазон измерений – от Ва до Тi). При исследовании элементного состава материалов в данном режиме спектрометр анализирует широкий круг элементов, включая легкие металлы. Кроме того, содержание элементов, не входящих в диапазон идентифицируемых спектрометром, определяется суммарно как «Val». Для оценки разброса значений, получаемых при измерении, проводилось по 15 параллельных измерений.

Визуальные исследования образцов, подвергнутых разной степени термического воздействия, показали, что заметные изменения проявляются при нагреве покрытия до температур выше 300 °С. При температурах 200–250 °С фиксируется незначительное изменение оттенка покрытия (рис. 1). На всех образцах они сохранили связь с подложкой. Изменений гипсокартона, на который нанесено покрытие, визуально не наблюдалось.

При нагреве до 350 °С фиксировалось потемнение нанесенного покрытия, а также частичное разрушение гипсокартоновой подложки по краям (рис. 2). При нагреве до 400 °С начиналось разрушение органической составляющей покрытия по краям образца, о чём

свидетельствовало их осветление. Покрытие начинало терять связь с подложкой, которая, в свою очередь, также претерпевала разрушение, осыпалась по краям. В центре образцов наблюдалось наименьшее повреждение покрытия.

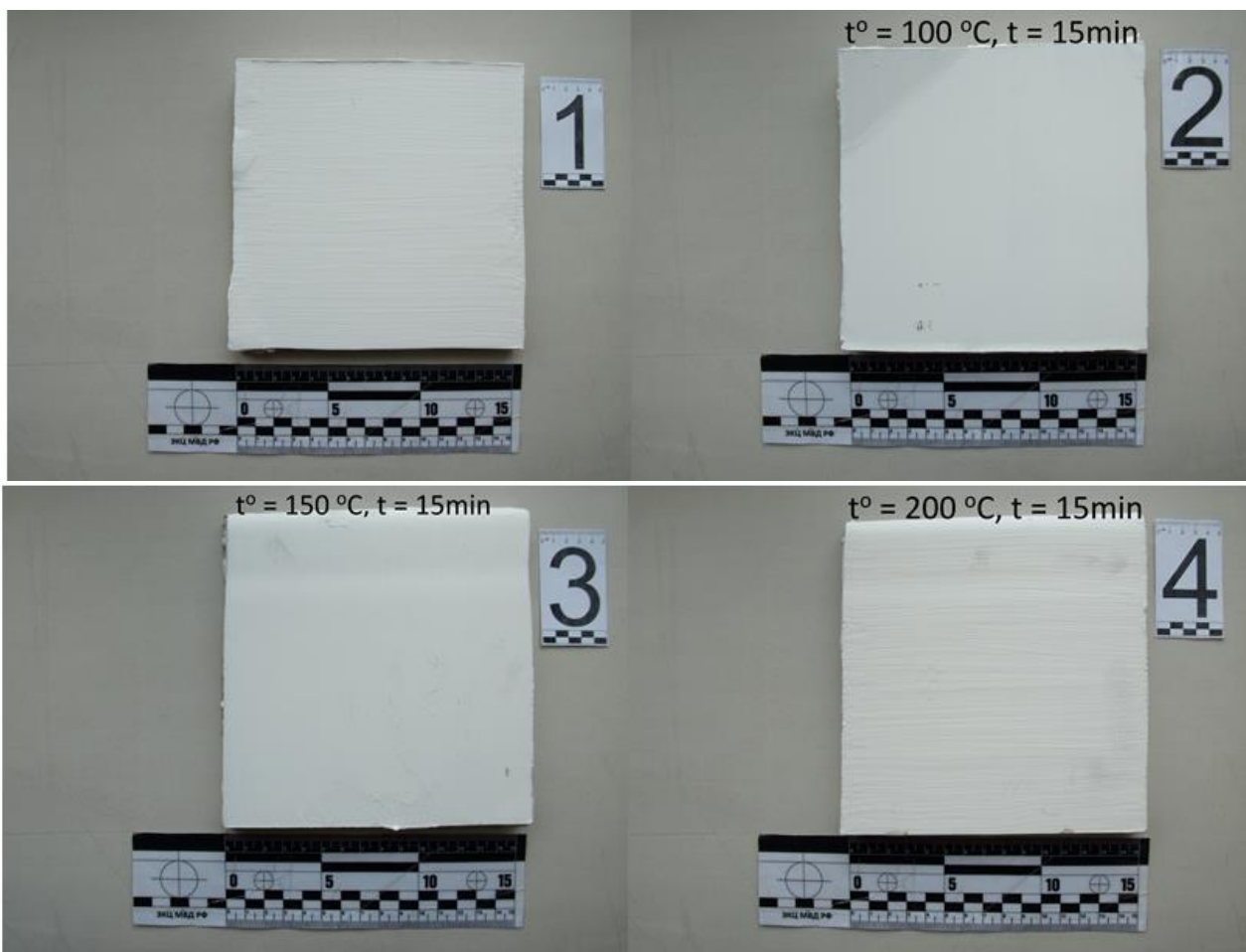


Рис. 1. Образцы исходного покрытия, выдержанные при 100 °С, 150 °С и 200 °С



Рис. 2. Образцы, выдержанные при 350 °С и 400 °С

Выдержка при 500 °С привела к полному обесцвечиванию образцов, вызванному выгоранием оставшихся продуктов разложения органических компонентов покрытия (рис. 3).

Само покрытие стало хрупким, но полной связи с подложкой не утратило. Полное осыпание покрытия с поверхности гипсокартона происходит при температуре 600 °С.

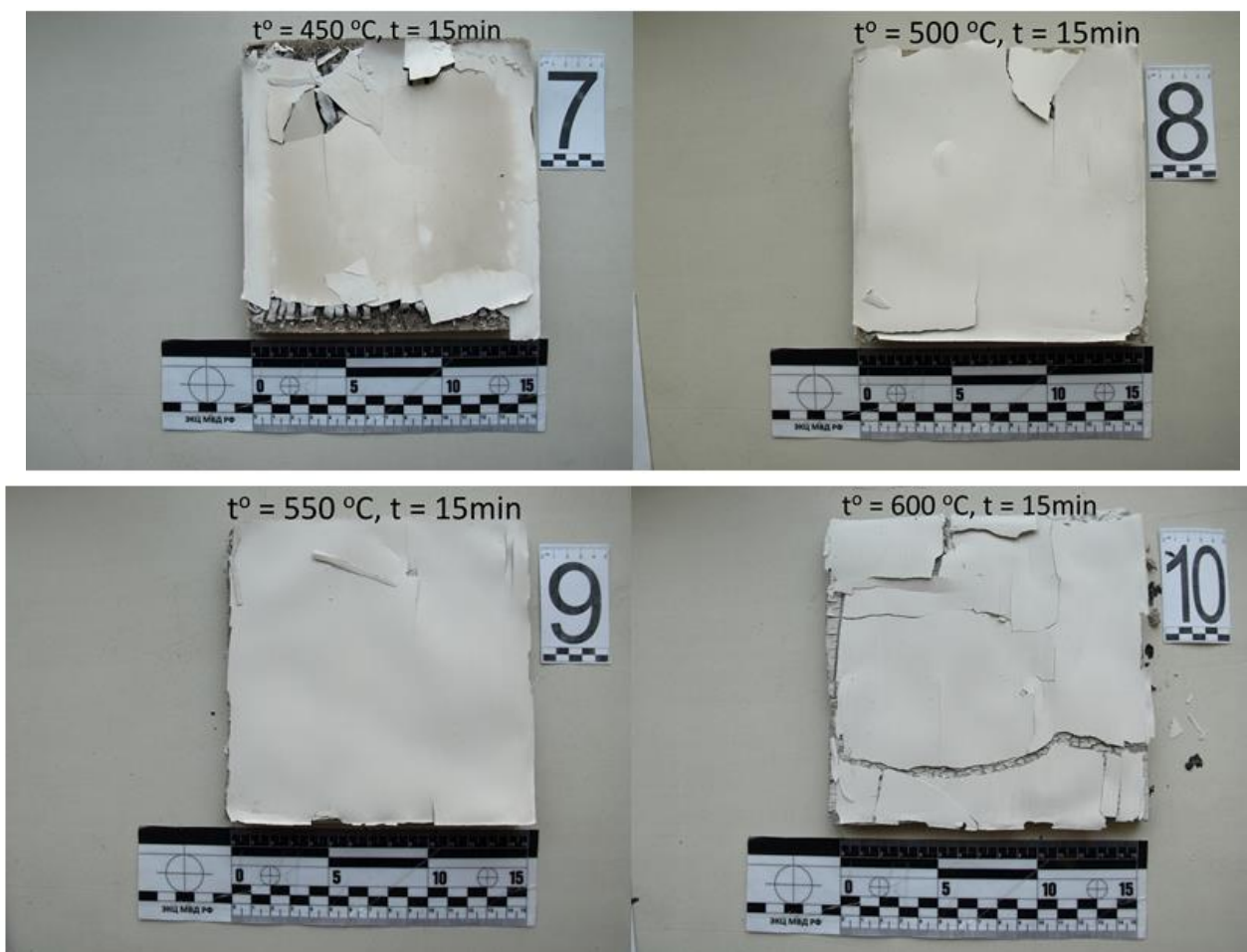


Рис. 3. Образцы, выдержанные при 450 °С, 500 °С, 550 °С и 600 °С

Из литературных источников о методиках пожарно-технической экспертизы известно, что покрытия на основе водно-дисперсионных красок сохраняются и при более высоких температурах [5–18]. Можно предположить, что в данном случае играет роль природа материала подложки. Согласно данным изготовителя гипсокартонные плиты относятся к группе горючести Г1 и классу пожарной опасности К0 (45). Стандартные испытания предполагают воздействие пламенного горения. Условия термического воздействия в муфельной печи, несомненно, отличаются от режима нагрева в условиях реального пожара. Кроме того, образцы были изначально разрезаны, а, как видно на рисунках, все разрушения в первую очередь фиксируются именно по краям образцов. Гипс полностью теряет гидратированную воду при температуре 300 °С, после чего в нем начинают происходить структурные изменения, связанные с переходом одной кристаллической формы сульфата кальция в другую. Все это приводит к его хрупкости. Картон, применяемый при изготовлении гипсокартона, имеет высокую плотность, кроме того, содержит антипирены, это позволяет говорить об относительной устойчивости к воздействию высоких температур. На экспериментальных образцах, нагретых до 550 °С и 600 °С, он обугливается, что также приводит к потере связи покрытия с подложкой.

Исследование полученных образцов методом рентгенофлуоресцентного анализа проводилось с учетом данных визуального исследования. Измерение проводилось в центре образцов. Покрытия, потерявшие связь с подложкой, исследовались с помощью специальных кювет, в остальных случаях спектрометр приставлялся к поверхности образцов. Полученные результаты приведены в таблице.

Таблица. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа покрытий, выдержанных при разных температурах

T, °C	Bal·10 ⁵ ppm	Ca·10 ⁵ ppm	Ti·10 ⁴ ppm	Si·10 ² ppm	Cl·10 ² ppm	S·10 ² ppm	Sr·10 ² ppm	Fe·10 ² ppm
25	5,61±0,3	4,0±0,3	2,2±0,3	8,2±0,3	5,8±0,4	8,8±0,4	5,1±0,4	1,9±0,3
100	5,70±0,3	3,9±0,4	2,3±0,4	8,8±0,3	7,1±0,4	8,4±0,4	5,6±0,4	1,3±0,4
150	5,60±0,3	3,9±0,4	2,3±0,4	11,2±0,3	7,2±0,4	9,5±0,4	4,7±0,3	1,7±0,4
200	5,49±0,4	4,0±0,4	2,4±0,4	11,2±0,3	7,3±0,3	9,3±0,4	4,9±0,4	1,6±0,3
350	5,25±0,4	4,3±0,5	2,5±0,3	8,3±0,3	4,9±0,4	12,5±0,4	6,6±0,4	1,9±0,4
400	4,92±0,4	4,5±0,4	2,8±0,3	12,8±0,3	4,7±0,4	17,1±0,4	7,1±0,3	2,1±0,4
450	5,01±0,5	4,5±0,3	2,7±0,4	12,3±0,4	3,5±0,3	25,9±0,3	7,4±0,3	1,6±0,4
500	4,82±0,5	4,7±0,4	2,9±0,4	9,2±0,4	6,7±0,4	24,9±0,3	7,1±0,4	2,1±0,3
550	4,66±0,6	4,8±0,4	2,8±0,4	11,1±0,3	5,3±0,3	31,4±0,3	6,8±0,4	1,7±0,4
600	4,63±0,6	4,6±0,4	2,7±0,4	12,9±0,3	4,6±0,4	106,8±0,3	6,7±0,4	1,6±0,4

В образцах спектрометром фиксируется большое количество разных элементов, основные из которых: кальций, титан, кремний, хлор, сера, стронций и железо. Количество элементов, объединенных в группу Bal, имеет наибольшие значения, что естественно, поскольку в эту группу входят углерод и водород, составляющие основу полимерного связующего, а также кислород, который помимо органических компонентов покрытия, содержится в целевых добавках (наполнителях, стабилизаторах, антипиренах и др.). В покрытии фиксируется значительное содержание кальция, что объясняется его присутствием в наполнителях, входящих в состав водно-дисперсионных лакокрасочных материалов (мел, мраморная крошка и др.). Также покрытие содержит большое количество титана, что говорит о присутствии в его составе оксида титана, который играет роль наполнителя и обеспечивает белый цвет покрытия. Кремний говорит о присутствии в составе образца жидкого стекла. Остальные элементы могут входить в состав стабилизаторов и антипиренов.

Для таких элементов как кальций и титан, а также группы элементов Bal наблюдается закономерное изменение их содержания в зависимости от температуры нагрева (рис. 4, 5). Построенные регрессионные зависимости для этих элементов имеют линейный вид, достоверность аппроксимации для них превышает 0,93.

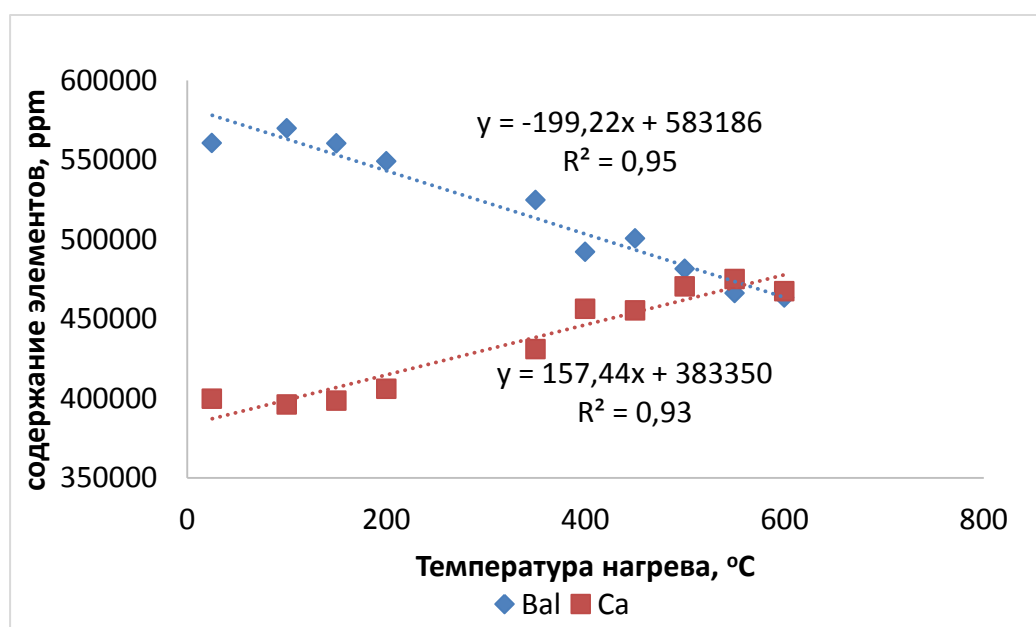


Рис. 4. Зависимость содержания кальция и элементов Bal в составе лакокрасочного покрытия от температуры нагрева

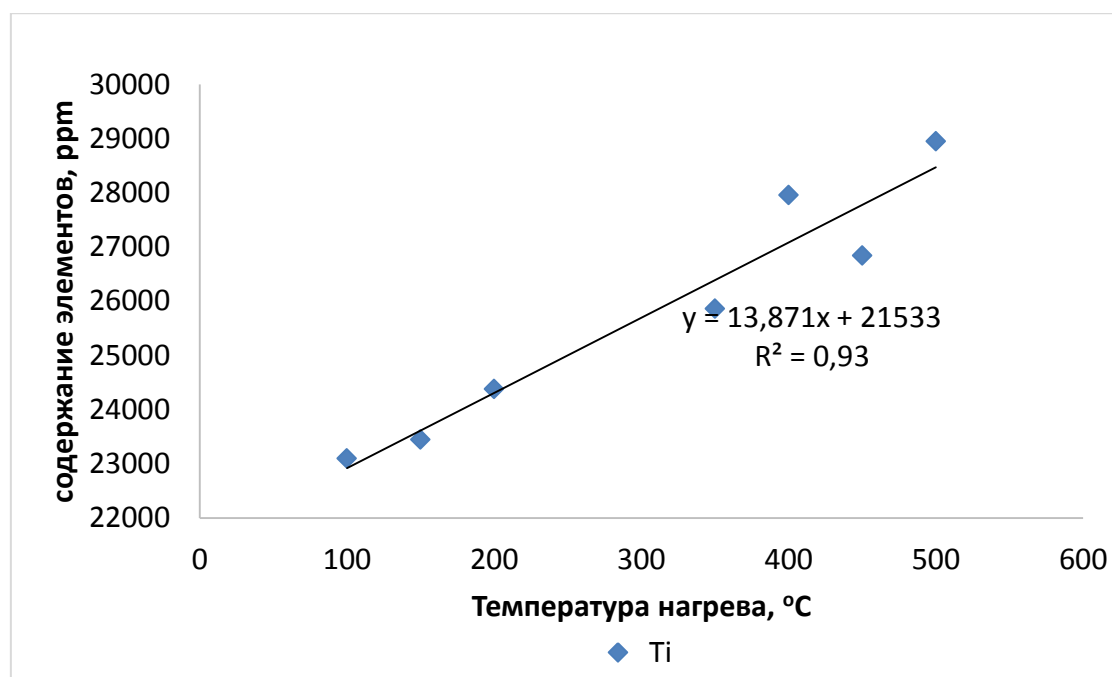


Рис. 5. Зависимость содержания титана в составе лакокрасочного покрытия от температуры нагрева

Кальций и титан при увеличении температуры концентрируются, содержание кальция резко изменяется при нагреве выше 200 °С и практически перестаёт меняться при нагреве выше 500 °С. Содержание титана возрастает до 200 °С, после чего начинает меняться неравномерно. Концентрирование данных элементов, а также снижение содержания элементов, объединенных в группу Val, связано с параллельно протекающими процессами деструкции органической части покрытия и термического преобразования неорганических добавок и наполнителей.

Полученные результаты показали, что, определяя методом рентгенофлуоресцентного анализа содержание в составе покрытия титана, кальция, а также элементов, объединенных в группу Val, можно оценить степень их термического разложения. Нанесение на схему места пожара полученных значений содержания элементов, измеренных в конкретных точках, позволит выделить зоны, характеризующиеся разной степенью нагрева. Использовать полученные результаты можно при установлении температуры нагрева окрашенных конструкций в разных зонах на месте пожара, при анализе признаков направленности распространения горения в ходе решения задачи установления очага пожара.

Литература

1. Пожарно-техническая экспертиза: учеб. / М.А. Галишев [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2014. 455 с.
2. Применение инструментальных методов и технических средств в экспертизе пожаров: сб. метод. рекомендаций / под ред. И.Д. Чешко и А.Н. Соколовой. СПб.: СПбФ ВНИИПО, 2008. 279 с.
3. Рентгеновские методы анализа в судебной пожарно-технической экспертизе: учеб. пособие / А.Ю. Парийская [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017. 84 с.
4. Применение рентгеновских методов анализа в судебной пожарно-технической экспертизе / А.И. Колмаков [и др.]. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2011. 142 с.
5. Сысоева Т.П., Бельшина Ю.Н. Эффективность применения портативных приборов при исследовании пожаров на автотранспорте // Технологии техносферной безопасности. 2015. № 1 (59). С. 83–88.

6. Оценка пожарной опасности напольных покрытий при производстве пожарно-технической экспертизы / Г.В. Плотникова [и др.] // Вестник Восточно-Сибирского института Министерства внутренних дел России. 2013. № 3 (66). С. 76–83.

7. Руденко М.Б. Исследование термической деструкции акриловых лакокрасочных покрытий на примере лакокрасочного покрытия BRULEX с целью производства пожарно-технической экспертизы // Судебная экспертиза. 2019. № 2 (58). С. 73–80.

8. Дерффель К. Статистика в аналитической химии: пер. с нем. М.: Мир, 1994. 268 с.

9. Ловчиков В.А., Бельшина Ю.Н., Дементьев Ф.А. Физико-химические методы экспертного исследования. Лабораторный практикум: учеб. пособие / под общ. ред. В.С. Артамонова. СПб.: СПб УГПС МЧС России, 2012. 164 с.

10. Макарова И.А., Лохова Н.А. Физико-химические методы исследования строительных материалов: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Братск: Изд-во БрГУ, 2011. 199 с.

11. Матвеева Л.Ю. Коррозия и защита строительных материалов. Часть 1: Коррозия и защита металлических, каменных и бетонных материалов и конструкций: учеб. пособие. СПб.: С.-Петербург. гос. архитектурно-строительный ун-т, ЭБС АСВ, 2017. 101 с.

References

1. Pozharno-tekhnicheskaya ekspertiza: ucheb. / M.A. Galishev [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2014. 455 s.

2. Primenenie instrumental'nyh metodov i tekhnicheskikh sredstv v ekspertize pozharov: sb. metod. rekomendacij / pod red. I.D. Cheshko i A.N. Sokolovoj. SPb.: SPbF VNIPO, 2008. 279 s.

3. Rentgenovskie metody analiza v sudebnoj pozharno-tekhnicheskoj ekspertize: ucheb. posobie / A.Yu. Parijskaya [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2017. 84 s.

4. Primenenie rentgenovskih metodov analiza v sudebnoj pozharno-tekhnicheskoj ekspertize / A.I. Kolmakov [i dr.]. M.: FGU VNIPO MCHS Rossii, 2011. 142 s.

5. Sysoeva T.P., Bel'shina Yu.N. Effektivnost' primeneniya portativnyh priborov pri issledovanii pozharov na avtotransporte // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. 2015. № 1 (59). S. 83–88.

6. Ocenka pozharnoj opasnosti napol'nyh pokrytij pri proizvodstve pozharno-tekhnicheskoj ekspertizy / G.V. Plotnikova [i dr.] // Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta Ministerstva vnutrennih del Rossii. 2013. № 3 (66). S. 76–83.

7. Rudenko M.B. Issledovanie termicheskoj destrukcii akrilovyh lakokrasochnykh pokrytij na primere lakokrasochnogo pokrytiya BRULEX s cel'yu proizvodstva pozharno-tekhnicheskoj ekspertizy // Sudebnaya ekspertiza. 2019. № 2 (58). S. 73–80.

8. Derffel' K. Statistika v analiticheskoj himii: per. s nem. M.: Mir, 1994. 268 s.

9. Lovchikov V.A., Bel'shina Yu.N., Dement'ev F.A. Fiziko-himicheskie metody ekspertnogo issledovaniya. Laboratornyj praktikum: ucheb. posobie / pod obshch. red. V.S. Artamonova. SPb.: SPb UGPS MCHS Rossii, 2012. 164 s.

10. Makarova I.A., Lohova N.A. Fiziko-himicheskie metody issledovaniya stroitel'nykh materialov: ucheb. posobie. 2-e izd., pererab. i dop. Bratsk: Izd-vo BrGU, 2011. 199 s.

11. Matveeva L.Yu. Korroziya i zashchita stroitel'nykh materialov. Chast' 1: Korroziya i zashchita metallicheskih, kamennykh i betonnykh materialov i konstrukcij: ucheb. posobie. SPb.: S.-Peterb. gos. arhitekturno-stroitel'nyj un-t, EBS ASV, 2017. 101 s.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 004.056.5

КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ АТАК ИСЧЕРПАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

В.А. Десницкий, кандидат технических наук, доцент.

**Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук;**

**Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации
Российской академии наук**

Исследуются вопросы обеспечения безопасности киберфизических систем, включающих в свой состав беспилотные летательные аппараты, предназначенные для управления и реагирования в чрезвычайных ситуациях. На основе аналитического исследования предметной области и разработанного фрагмента лабораторного прототипа системы предложена классификация атак исчерпания энергоресурсов беспилотных летательных аппаратов с определением наиболее важных особенностей таких атак.

Ключевые слова: киберфизическая система, атака исчерпания энергоресурсов, беспилотные летательные аппараты

CLASSIFICATION AND ANALYSIS OF ENERGY DEPLETION ATTACKS IN CRITICAL CYBER-PHYSICAL SYSTEMS WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES

V.A. Desnitsky. Saint-Petersburg Federal research center of the Russian academy of sciences;
Saint-Petersburg institute for informatics and automation of the Russian academy of sciences

The article examines issues of ensuring security of cyber-physical systems, which include unmanned aerial vehicles and are designed for control and response in emergency situations. Based on an analytical study of the subject field and the developed fragment of the laboratory prototype of the system, a classification of energy exhaustion attacks on unmanned aerial vehicles is proposed, defining the most important features of such attacks.

Keywords: cyber-physical system, energy depletion attack, unmanned aerial vehicles

Статья посвящена вопросам оценки атак истощения энергоресурсов, направленных на беспилотные летательные аппараты (БПЛА, дроны), являющиеся элементами систем управления и реагирования в чрезвычайных ситуациях (ЧС). Являясь критически важным элементом такой системы, БПЛА оказывается подверженным злонамеренным киберфизическим воздействиям, целью которых является противодействие процессу

штатного функционирования системы, нарушение целей миссии и причинение материального ущерба.

Отметим, что современные БПЛА перемещаются в пространстве, выполняя прикладные задачи по заранее запланированным и незапланированным маршрутам по фото- и видеосъемке, идентификации и мониторингу физических объектов, доставки небольших грузов, организации и поддержке функций коммуникации в сетевых инфраструктурах, активно потребляя ограниченный запас энергоресурса [1, 2].

В результате возникает проблема повышения защищенности таких устройств от атак, эксплуатирующих автономность, в том числе атак исчерпания энергоресурсов как одного из наиболее критичного и расходоуемого в процессе функционирования ресурса устройства. В частности, вынужденные подзарядка или замена батареи обуславливают незапланированные временные задержки, финансовые потери, снижение предоставляемого устройством функционала, что негативно сказывается на выполняемых прикладных задачах и может приводить к серьезным издержкам. Так, для дрона наиболее критичным последствием такой атаки может быть как резкое спонтанное снижение до нуля уровня его заряда, в результате чего связь с ним оказывается потерянной, и дрон может разбиться, так и постепенное уменьшение уровня его энергоресурса. В последнем случае БПЛА будет вынужден произвести возврат в исходную географическую точку для подзарядки раньше, чем планировалось, и логистические процессы системы будут нарушены.

В работе проведено аналитическое исследование атак исчерпания энергоресурсов, направленных на БПЛА, как одной из наиболее характерных разновидностей автономно работающих киберфизических устройств. Выбор дронов в качестве объекта исследования атак исчерпания энергоресурсов обусловлен наличием у дрона активов, отвечающих как за его физическое перемещение в пространстве, так и за коммуникационно-вычислительные функции. При этом такие активы характеризуются повышенным энергопотреблением и представляют широкий круг возможных воздействий со стороны нарушителя, выполняющего такой вид атак.

К элементам новизны настоящей работы можно отнести построенную классификацию атак исчерпания энергоресурсов применительно к БПЛА и анализ ключевых характеристик таких атак.

К настоящему времени опубликован ряд работ, в которых авторы установили актуальность проблем защищенности БПЛА и описали некоторые виды угроз киберфизической безопасности, в том числе в отношении дронов индустриального уровня, применяемых в различных областях профессиональной деятельности. В работе [3] представлены уязвимости индустриальных БПЛА высокой стоимости, применяемых при мониторинге критических инфраструктур в полицейских операциях с использованием БПЛА для обеспечения функций телеметрии. При этом дрон заточен под сбор видеoinформации и данных местоположения определенных объектов, причем коммуникация с дроном осуществляется в диапазоне 2,4 ГГц, используемом традиционно при работе с беспроводными коммуникационными протоколами Wi-Fi, ZigBee и др. Авторы данной работы также продемонстрировали выполнимость реализации атаки «человек посередине» на такой БПЛА.

В работе [4] проведены оценка рисков и анализ требований к защите основных элементов аппаратного и программного обеспечения дрона. В частности, проведен анализ требований, касающихся инициирования процесса обеспечения безопасности, создания концепции подсистемы безопасности, реализации концепции безопасности и технического обслуживания, постоянного совершенствования информационной безопасности на примере дрона платформы Parrot A.R.Drone [5, 6]. В указанных работах раскрыты возможные угрозы, показана реализация атак и предложены некоторые виды контрмер.

В работе [5] описываются угрозы и моделируются атаки на протокол Wi-Fi, участвующий в управлении дрона, и операционную систему семейства Linux, применяемую в A.R.Drone 2.0. Для защиты данной платформы авторы предложили

использовать так называемую политику IP-Tables, осуществляющую фильтрацию неавторизованного трафика на дрон. Тем не менее такая политика оказывается достаточно эффективной лишь против «непрофессиональных» атакующих. В работе [6] авторы сконцентрировались на моделировании DoS-атак на A.R.Drone 2.0, используя средства реализации hping3, LOIC и Netwox. Показав значительное увеличение времени задержки передачи данных (до 10 раз), авторы рекомендовали использовать данные методы моделирования атак для оценки защищенности БПЛА.

Практически все БПЛА используют в качестве навигации систему ГЛОНАСС/GPS, которая может быть очень уязвима, так как использует передачу данных по открытому каналу связи [7, 8]. Также уязвимым может оказаться и канал связи и управления дроном. Как правило, наиболее распространенные атаки действуют по принципу DoS-атак [9] – это либо постановка помех на физическом уровне, либо отправка скопированных ранее или искаженных запросов/команд управления [10].

На рисунке схематично изображен используемый сценарий сети кризисного управления с возможностью поддержания и восстановления связности сети путем использования дронов. В левой части рисунка показан пользователь сети, который удаляется от основной зоны покрытия. Результатом этого является то, что БПЛА задействуется в режиме зависания в одной точке, и в случае необходимости он способен обеспечить связность сети. Ту же задачу выполняет дрон, показанный на верхней части рисунка, а справа и по центру изображены два дрона-маршрутизатора, которые затрачивают энергоресурсы только на передачу данных и без необходимости не взлетают.



Рис. Сценарий системы управления и реагирования в ЧС

Разработка прототипа включала в первую очередь сборку аппаратной части элементов сети кризисного управления и написание программного обеспечения, ответственного, во-первых, за функции управления устройствами сети и, во-вторых, за процедуры экспериментального исследования. Ключевым элементом сети, исследуемым в настоящей статье, является устройство для доставки резервных модулей-роутеров, спроектированное на основе БПЛА A.R.Drone версии 2.2.

В таблице представлены предложенная классификация и результаты анализа возможных видов атак исчерпания энергоресурсов в системах с БПЛА с указанием основных характеристик атак, полученных аналитически. Кроме того, данные результаты получены с использованием построенного лабораторного программно-аппаратного прототипа системы управления и реагирования в ЧС.

Отметим, что под объектом атаки понимается конструктивный элемент дрона, на который непосредственно производится воздействие со стороны атакующего. В случае

если воздействие осуществляется на батарею не напрямую, повышение расхода заряда производится опосредовано, через другие составные элементы БПЛА.

Таблица. Классификация и анализ атак истощения энергоресурсов в системах с БПЛА

Вид атаки	Объект атаки	Момент реализации	Тип воздействия	Скрытность атаки	Возможности предотвращения	Риски для системы
Несанкционированное включение БПЛА и перевод в режим ожидания	Система питания БПЛА	На земле в спящем режиме	Физическое включение или отправка запроса по каналу управления БПЛА	Обнаружение по светоиндикации и началу поступления телеметрии на координирующую ЭВМ	Визуальный контроль за дроном, защита протокола управления БПЛА	Сокращение резервных БПЛА, восстанавливающих соединение. Дроны на задании будут неспособны вернуться (возможная потеря дрона)
Зависание на малой высоте под видом стоянки	Система управления БПЛА	На земле в режиме ожидания	Отправка команд на взлет или посадку	Обнаружение визуально или по телеметрии дрона (высотомер)	Защита канала управления	Вывод из строя БПЛА, находящегося на задании
Удлинение траектории полета и внесение лишних движений	Система управления БПЛА	В воздухе в режиме перемещения/ висения	Отправка ГЛОНАСС/GPS-помех или подмена данных в командах управления	Обнаружение визуально	Помехозащищенность каналов навигации и управления, аварийный режим управления	Досрочное завершение миссии дрона, в том числе невозможность возврата БПЛА
Несанкционированное утяжеление БПЛА	Конструкция БПЛА	На земле перед взлетом	Подвеска утяжеляющих элементов	Обнаружение визуально, обнаружение при помощи анализа статистики энергопотребления	Визуальный контроль за БПЛА	Снижение летно-технических характеристик и автономности
Отъем ресурсов через USB-интерфейс	Аппаратный интерфейс БПЛА	На земле в режиме ожидания	Подключение потребителя к USB-порту	Обнаружение на основе анализа статистики энергопотребления или детального визуального осмотра	Визуальный контроль за БПЛА, физическая защита аппаратных интерфейсов	Досрочное завершение миссии дрона, в том числе невозможность возврата БПЛА
Подмена аккумулятора на неисправный	Система электропитания БПЛА	На земле	Замена на аккумуляторную батарею (АКБ), показывающую неправильный заряд	Обнаружение на основе анализа статистики энергопотребления или детального обследования устройства	Физическая защита АКБ, верификация АКБ	Досрочное завершение миссии дрона, в том числе невозможность возврата БПЛА
Деграляция аккумулятора	Система электропитания БПЛА	На земле или в воздухе	Повреждение АКБ ускорением циклов заряда/разряда или нагрев	Обнаружение на основе анализа статистики энергопотребления или детального обследования устройства	Физическая защита АКБ, контроль заряда АКБ	Неспособность БПЛА выполнять свои задачи
Модификация конструкции, усложняющая полет	Конструкция БПЛА	На земле перед взлетом	Подвеска аэродинамических или дисбалансирующих элементов	Обнаружение визуально, обнаружение на основе анализа статистики энергопотребления и перемещения	Визуальный контроль за БПЛА	Снижение летно-технических характеристик и автономности
Атака на модуль контроллера через сенсорную сеть	Сеть управления БПЛА	В любом режиме, кроме полного выключения	Выход систем дрона из спящего режима, атаки, отказ от сна	Обнаружение на основе анализа сети, статистики энергопотребления	Защита сенсорной сети	Снижение автономности дрона в режиме ожидания или отключения
Активация энергозатратного оборудования дрона	Сеть управления БПЛА	В любом режиме кроме полного выключения	Включение элементов БПЛА, не требуемых для текущей задачи	Визуальное обнаружение на основе анализа статистики энергопотребления	Защита сети управления и аппаратного интерфейса	Снижение автономности дрона в режиме ожидания или отключения

Зная условия эксплуатации дрона и наиболее вероятные особенности ожидаемого нарушителя, данная таблица позволяет оценить выполнимость каждой из перечисленных атак и ранжировать их по степени их критичности. По сути, такая процедура представляет собой верификацию модели БПЛА и может быть автоматизирована при помощи средства поддержки принятия решений по обеспечению защищенности дрона.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта РФФИ № 19-07-00953, гранта Президента Российской Федерации № МК-5848.2018.9 и бюджетной темы № 0073-2019-0002.

Литература

1. Portas J., Bergesio L., Campaña I., Vaquero-Melchor D., López-Araquistain J., Barbolla A., Casar J. Drone mission definition and implementation for automated infrastructure inspection using airborne sensors // *Sensors*. 2018. Vol. 18. P. 1–29. DOI:10.3390/s18041170.
2. Ahirwar S., Swarnkar R., Srinivas B., Namwade G. Application of drone in agriculture // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019. Vol. 8. P. 2500–2505. DOI:10.20546/ijcmas.2019.801.264.
3. Rodday N., de O. Schmidt R., Pras A. Exploring security vulnerabilities of unmanned aerial vehicles // *NOMS 2016 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium*. 2016. P. 993–994. DOI:10.1109/NOMS.2016.7502939.
4. Samland F., Fruth J., Hildebrandt M., Hoppe T., Dittmann J. AR. Drone: security threat analysis and exemplary attack to track persons // *Intelligent Robots and Computer Vision XXIX: Algorithms and Techniques, International Society for Optics and Photonics*. 2012. Vol. 8301. P. 1–15.
5. Pleban J.S., Band R., Creutzburg R. Hacking and securing the AR. Drone 2.0 quadcopter: investigations for improving the security of a toy // *Mobile Devices and Multimedia: Enabling Technologies, Algorithms, and Applications 2014, International Society for Optics and Photonics*. 2014. Vol. 9030. P. 1–12.
6. Vasconcelos G., Carrijo G., Miani R., Souza J., Guizilini V. The impact of DoS attacks on the AR. Drone 2.0 // *2016 XIII Latin American Robotics Symposium and IV Brazilian Robotics Symposium (LARS/SBR), IEEE*. 2016, P. 127–132.
7. Faria L.A., Silvestre C.A.M., Correia M.A.F. GPS-dependent systems: Vulnerabilities to electromagnetic attacks // *Journal of Aerospace Technology and Management*. 2016. Vol. 8. Iss. 4. P. 423–430.
8. Shepard D.P., Bhatti J.A., Humphreys T.E., Fansler A.A. Evaluation of Smart Grid and Civilian UAV Vulnerability to GPS Spoofing Attacks // *ION GNSS Conference*. 2012.
9. Muraleedharan R., Osadciw L.A. Jamming attack detection and countermeasures in wireless sensor network using ant system // *Wireless Sensing and Processing, International Society for Optics and Photonics*. 2006. Vol. 6248. P. 1–12.
10. Domin K., Symeonidis I., Marin E. Security analysis of the drone communication protocol: Fuzzing the MAVLink protocol, 2016.

References

1. Portas J., Bergesio L., Campaña I., Vaquero-Melchor D., López-Araquistain J., Barbolla A., Casar J. Drone mission definition and implementation for automated infrastructure inspection using airborne sensors // *Sensors*. 2018. Vol. 18. P. 1–29. DOI:10.3390/s18041170.
2. Ahirwar S., Swarnkar R., Srinivas B., Namwade G. Application of drone in agriculture // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019. Vol. 8. P. 2500–2505. DOI:10.20546/ijcmas.2019.801.264.
3. Rodday N., de O. Schmidt R., Pras A. Exploring security vulnerabilities of unmanned aerial vehicles // *NOMS 2016 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium*. 2016. P. 993–994. DOI:10.1109/NOMS.2016.7502939.

4. Samland F., Fruth J., Hildebrandt M., Hoppe T., Dittmann J. AR. Drone: security threat analysis and exemplary attack to track persons // *Intelligent Robots and Computer Vision XXIX: Algorithms and Techniques*, International Society for Optics and Photonics. 2012. Vol. 8301. P. 1–15.
5. Pleban J.S., Band R., Creutzburg R. Hacking and securing the AR. Drone 2.0 quadcopter: investigations for improving the security of a toy // *Mobile Devices and Multimedia: Enabling Technologies, Algorithms, and Applications 2014*, International Society for Optics and Photonics. 2014. Vol. 9030. P. 1–12.
6. Vasconcelos G., Carrijo G., Miani R., Souza J., Guizilini V. The impact of DoS attacks on the AR. Drone 2.0 // *2016 XIII Latin American Robotics Symposium and IV Brazilian Robotics Symposium (LARS/SBR)*, IEEE. 2016, P. 127–132.
7. Faria L.A., Silvestre C.A.M., Correia M.A.F. GPS-dependent systems: Vulnerabilities to electromagnetic attacks // *Journal of Aerospace Technology and Management*. 2016. Vol. 8. Iss. 4. P. 423–430.
8. Shepard D.P., Bhatti J.A., Humphreys T.E., Fansler A.A. Evaluation of Smart Grid and Civilian UAV Vulnerability to GPS Spoofing Attacks // *ION GNSS Conference*. 2012.
9. Muraleedharan R., Osadciw L.A. Jamming attack detection and countermeasures in wireless sensor network using ant system // *Wireless Sensing and Processing*, International Society for Optics and Photonics. 2006. Vol. 6248. P. 1–12.
10. Domin K., Symeonidis I., Marin E. Security analysis of the drone communication protocol: Fuzzing the MAVLink protocol, 2016.

УДК 621.391

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ КОРРЕЛЯЦИИ СИГНАЛОВ ПРИ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКЕ

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

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения;

Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного.

Е.В. Марков.

Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного

Представлены алгоритмы синтеза операций корреляции первичных сигналов, разработанных в системе автоматизированного проектирования MathCAD с использованием модуля «Programming Toolbar» из состава специальной панели инструментов. Показана особенность реализации разработанного алгоритма по отношению к его аналитическому представлению, принятому в математике. Представлены результаты моделирования по этапам реализации алгоритма. Даны рекомендации по его практическому применению.

Ключевые слова: алгоритмы корреляции сигналов, цифровая обработка сигналов, система автоматизированного проектирования MathCAD, модуль «Programming Toolbar»

SIMULATION OF SIGNAL CORRELATION OPERATIONS IN DIGITAL PROCESSING

S.V. Dvornikov. Saint Petersburg state university of aerospace instrumentation;

Military academy of communications of Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny.

E.V. Markov.

Military academy of communications of Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny

Algorithms for the synthesis of operations of correlation of primary signals, developed in the computer-aided design system MathCAD using the «Programming Toolbar» module from a special toolbar, are presented. The peculiarity of the implementation of the developed algorithm in relation to its analytical representation adopted in mathematics is shown. The results of modeling by stages of the algorithm implementation are presented. Recommendations for its practical application are given.

Keywords: signal correlation algorithms, digital signal processing, computer-aided design system MathCAD, module «Programming Toolbar»

Введение

Процедуры корреляции широко используются в цифровой обработке сигналов [1]. В частности, в задачах обнаружения [2–4], распознавания [5–7], демодуляции [8–10] и других направлениях радиотехники. В теоретическом плане процедуры корреляции достаточно хорошо проработаны, что подтверждается наличием многочисленных аналитических описаний, а также встроенных процедур в системах автоматического проектирования (САПР), в том числе и в САПР MathCAD [11]. Вместе с тем встроенные процедуры, как правило, адаптированы под решения определенных задач, что не позволяет их рассматривать в качестве универсального инструмента анализа [12, 13]. Поскольку их необоснованное применение может привести к получению неточного результата. Учитывая указанные обстоятельства, в настоящей статье представлены компактные алгоритмы корреляции, разработанные в САПР MathCAD, и показано их отличие от встроенных процедур.

Математическое понятие корреляции процессов

В работе [14] корреляция (от лат. *correlatio* «соотношение») определена с позиций величины, характеризующей статистическую взаимосвязь анализируемых процессов $x_1(t)$ и $x_2(t)$. Таким образом, чем выше значение их взаимной корреляции R_{12} , тем более они похожи друг на друга.

Аналитически операцию взаимной корреляции можно представить как:

$$R_{12} = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} x_1(t)x_2(t), \quad (1)$$

где N – число отсчетов, используемых для расчета R_{12} .

И хотя выражение (1) с математической точки зрения достаточно строго определяет операцию корреляции, но построить на его основе вычислительный алгоритм затруднительно. Действительно, определить статистическую взаимосвязь анализируемых процессов $x_1(t)$ и $x_2(t)$ возможно только по результатам последовательного сравнения их компонентов, что можно осуществить путем сдвига одного процесса относительно другого. Для этого необходимо в выражение (1) ввести параметр сдвига:

$$R_{12}(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} x_1(t)x_2(t+\tau), \text{ или } R_{12}(-\tau) = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} x_1(t)x_2(t-\tau). \quad (2)$$

В этом случае $R_{12}(\tau)$ представляет собой функцию параметра сдвига τ , то есть функцию взаимной корреляции процессов $x_1(t)$ и $x_2(t)$.

Казалось бы, функция $R_{12}(\tau)$ в полной мере определяет специфику операции корреляции, но при построении алгоритмов, непосредственно формализующих выражение (2), возникают определенные сложности, связанные с определением размерности массивов $x_1(t)$ и $x_2(t)$. Так, согласно (2), область определения анализируемых процессов ограничивается величиной N , так как $t \in [0; N]$. Но выражение (2) предполагает дополнительное суммирование $x_2(t)$ по параметру τ . И если допустить, что $\tau \in [0; T]$, то получается, что размерность $x_2(t+\tau)$ составит $N+T$. Следовательно, непосредственно средствами САПР MathCAD аналитический алгоритм формализовать не получится. Вместе с тем в САПР MathCAD имеется встроенная процедура `correl(vx, vy)`, предназначенная для вычисления процедур корреляции. В описании Help представлен: «возвращает 1D корреляцию векторов vx и vy ». Результатом является вектор длины `length(vx) + length(vy) - 1`, где каждый элемент задается суммированием векторного произведения функции vx со сдвинутой версией функции vy . При этом векторы vx и vy должны быть одной размерности.

Очевидно, что правомерность применения процедуры `correl(vx, vy)` может быть обоснована только после проверки ее работы на тривиальном примере.

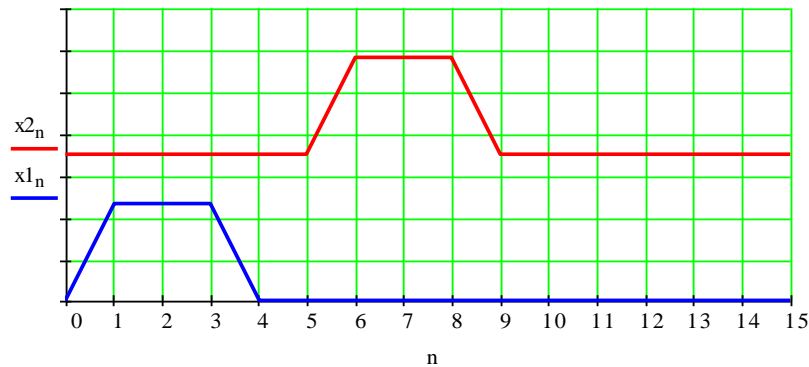
Разработка алгоритма корреляции и сравнение его с встроенной процедурой из состава САПР MathCAD

Рассмотрим работу встроенной процедуры `correl(vx, vy)` САПР MathCAD. Для этого воспользуемся алгоритмами синтеза первичных электрических сигналов (ПЭС), представленных в работах [15, 16] (рис. 1).

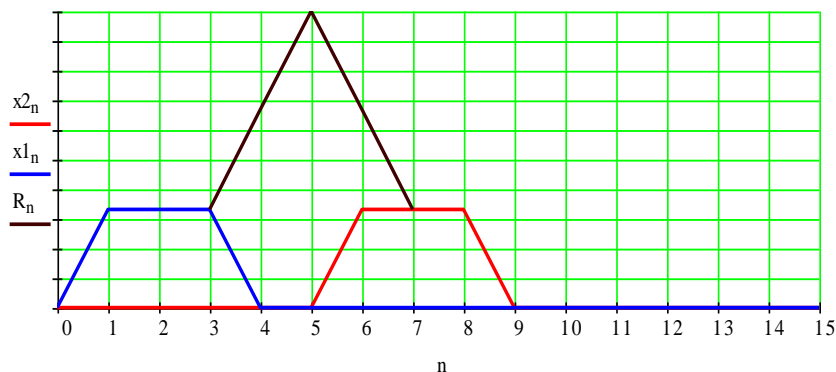
На рис. 2 показаны временные представления ПЭС $x_1(t)$ и $x_2(t)$ в виде векторов на длительности 15 отсчетов.

$$x2_n := \begin{cases} 0 & \text{if } 0 < n < N1 \\ 1 & \text{if } N1 < n < N2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad x1_n := \begin{cases} 1 & \text{if } 0 < n < N3 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Рис. 1. Код алгоритма формирования ПЭС в САПР MathCAD

Рис. 2. Временные представления ПЭС $x_1(t)$ и $x_2(t)$ в виде векторов $x1_n$ и $x2_n$

Отметим, что поскольку векторы $x1_n$ и $x2_n$ имеют одинаковую размерность, то возможно использовать встроенную процедуру вычисления корреляции $R := \text{correl}(x2, x1)$. На рис. 3 показаны графики функции R_n и векторов $x1_n$ и $x2_n$, отложенных в одной проекции.

Рис. 3. Временные представления векторов ПЭС $x1_n$ и $x2_n$ и функция встроенной процедуры их корреляции

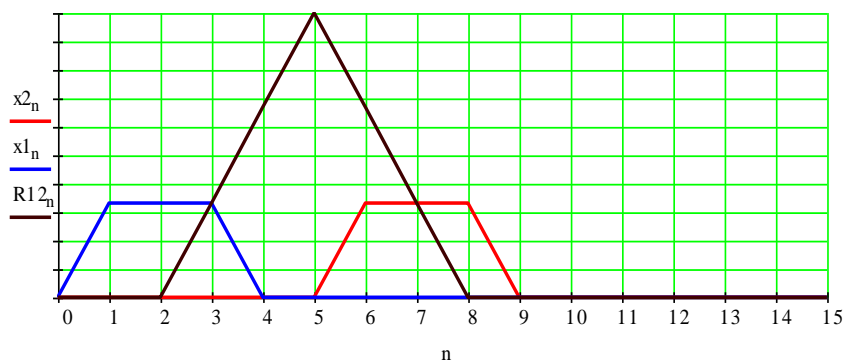
Анализ полученных результатов позволяет сделать достаточно интересное заключение. Полученная функция корреляции R_n имеет максимум в начале искомого ПЭС $x2_n$ на временной оси. Но при этом она начинается и заканчивается не с нуля, а с максимального значения амплитуды ПЭС.

Очевидно, что непосредственное применение процедуры $\text{correl}(vx, vy)$ приведет к возможным ошибкам положения. В частности, при решении задач оценивания [17]. Поэтому, для понимания сущности встроенной процедуры, был разработан алгоритм с использованием модуля «Programming Toolbar» и «Calculus» из состава САПР MathCAD. Алгоритм представлен на рис. 4.

$$R12_n := \sum_{k=0}^{N-n} (x1_k \cdot x2_{k+n})$$

Рис. 4. Код алгоритма вычисления функции корреляции в САПР MathCAD

На рис. 5 изображены временные развертки векторов $x1_n$ и $x2_n$, а также показана функция их взаимной корреляции, построенная на основе алгоритма рис. 4.

Рис. 5. Временные представления векторов ПЭС $x1_n$ и $x2_n$ и функция процедуры разработанного алгоритма корреляции

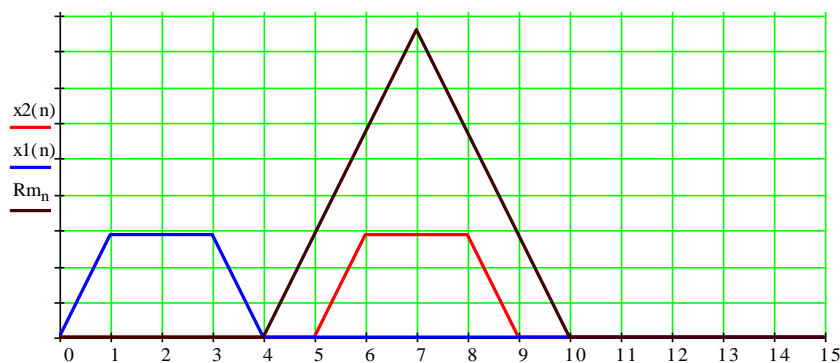
Заметим, что полученная функция взаимной корреляции также начинается с момента начала искомого импульса, но при этом начинается и заканчивается в соответствии с логикой от значения нуля по оси ординат.

Для смещения максимума корреляционной функции на середину искомого импульса предлагается от рассчитываемого значения ее положения импульса отнимать половину интервала самого ПЭС $T = (t_2 - t_1) / 2$, где t_2 – конец фронта импульса; t_1 – начало фронта импульса. Модифицированный алгоритм вычисления взаимной корреляционной функции в САПР MathCAD представлен на рис. 6.

$$Rm_n := \sum_m (x1(m) \cdot x2(m + n - T))$$

Рис. 6. Код модифицированного алгоритма вычисления функции взаимной корреляции в САПР MathCAD

На рис. 7 показаны временные развертки векторов $x1_n$ и $x2_n$, а также функция их взаимной корреляции, построенная на основе модифицированного алгоритма рис. 6.

Рис. 7. Временные представления векторов ПЭС $x1_n$ и $x2_n$ и функция процедуры модифицированного алгоритма корреляции

Очевидно, что совпадение максимума корреляционной функции с центром искомого импульса весьма удобно в решении задач оценивания параметров, например, при цифровом синтезе [18]. Поскольку в этом случае корреляционная функция определяет его центральное положение.

Другая особенность модифицированного алгоритма на рис. 6 состоит в том, что в нем сигналы представлены в виде функций, а не векторов. Это позволяет синтезировать эталонный сигнал только на его длительности. Это удобно в задачах, когда длительность обрабатываемой реализации точно не определена.

Заключение

Представленные в статье разработанные алгоритмы реализации процедур взаимной корреляции достаточно просты в реализации, что обеспечивает удобство их применения в аналитических исследованиях с использованием САПР MathCAD.

Авторы надеются, что аналитическое представление полученных алгоритмов позволит улучшить их восприятие при выполнении лабораторных и практических занятий. Представленный в статье код легко может быть адаптирован и для реализации процедур свертки.

Дальнейшее направление исследования авторы связывают с разработкой в САПР MathCAD алгоритмов свертки и корреляции в задачах принятия решений в условиях деструктивных воздействий [19].

Литература

1. Прокис Дж. Цифровая связь: пер. с англ. / под ред. Д.Д. Кловского. М.: Радио и связь, 2000. 800 с.
2. Обнаружение и оценка уровня сигналов недокомпенсации эха при использовании корреляции с передаваемыми сигналами / С.С. Абрамов [и др.] // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 10. С. 9–13.
3. Метод обнаружения радиоизлучений на основе частотно-временного распределения Алексева / С.В. Дворников [и др.] // Научное приборостроение. 2006. Т. 16. № 1. С. 107–115.
4. Дворников С.В., Пшеничников А.В., Манаенко С.С. Помехоустойчивая модель сигнала КАМ-16 с трансформированным созвездием // Информационные технологии. 2015. Т. 21. № 9. С. 685–689.
5. Мартынов Д.О., Прудников С.Я., Киселев А.В. Распознавание классов радиолокационных целей по их ЭПР и коэффициенту корреляции отсчетов амплитуд эхосигнала // Вопросы радиоэлектроники. 2017. № 4. С. 33–35.
6. Дворников С.В., Сауков А.М. Метод распознавания радиосигналов на основе вейвлет-пакетов // Научное приборостроение. 2004. Т. 14. № 1. С. 85–93.
7. Дворников С.В., Яхеев А.Ф. Метод измерения параметров кратковременных сигналов на основе распределения Алексева // Информация и космос. 2011. № 1. С. 66–74.
8. Артюшенко В.М., Воловач В.И. Квазиоптимальная демодуляция смеси узкополосного сигнала и аддитивной негауссовской помехи с полосовым спектром // Журнал радиоэлектроники. 2019. № 4. С. 1.
9. Демодуляция сигналов ОФТ на основе адаптивного порога / С.В. Дворников [и др.] // Вопросы радиоэлектроники. Сер.: Техника телевидения. 2013. № 2. С. 90–97.
10. Демодуляция сигналов на основе обработки их модифицированных распределений / С.В. Дворников [и др.] // Контроль. Диагностика. 2010. № 10. С. 46–54.
11. Кирьянов Д. MATHCAD 15/ MATHCAD PRIME 1. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 432 с.
12. Финько О.А., Соколовский Е.П. Алгоритм оценки риска информационной безопасности в системах защиты информации на основе логико-вероятностного метода И.А. Рябинина // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 12 (149). С. 172–180.

13. Максимов А.В., Попов В.Н., Киселев Е.А. Расчет канонических корреляций с помощью процедуры ортогонализации // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2019): материалы X Междунар. науч.-техн. конф. 2019. С. 41–44.
14. Гмурман В. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов. 10-е изд., стереотип. М.: Высш. шк., 2004. 479 с.
15. Компактные алгоритмы синтеза манипулированных сигналов в MathCAD / С.В. Дворников [и др.] // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 2. С. 42–50.
16. Синтез шумов в системе автоматического проектирования MathCAD / С.В. Дворников [и др.] // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 4. С. 62–69.
17. Оценка помехозащищенности линий радиосвязи с медленной псевдослучайной перестройкой рабочей частоты / С.В. Дворников [и др.] // Информация и космос. 2016. № 4. С. 11–14.
18. Дворников С.В. Цифровой синтез спектрально-эффективных сигналов телевидения // Вопросы радиоэлектроники. Сер.: Техника телевидения. 2015. № 6. С. 168–173.
19. Дворников С.В., Пшеничников А.В., Аванесов М.Ю. Модель деструктивного воздействия когнитивного характера // Информация и космос. 2018. № 2. С. 22–29.

References

1. Prokis Dzh. Cifrovaya svyaz': per. s angl. / pod red. D.D. Klovsogo. M.: Radio i svyaz'. 2000. 800 s.
2. Obnaruzhenie i ocenka urovnya signalov nedokompensacii ekha pri ispol'zovanii korrelyacii s peredavaemymi signalami / S.S. Abramov [i dr.] // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2018. № 10. S. 9–13.
3. Metod obnaruzheniya radioizluchenij na osnove chastotno-vremennogo raspredeleniya Alekseeva / S.V. Dvornikov [i dr.] // Nauchnoe priborostroenie. 2006. T. 16. № 1. S. 107–115.
4. Dvornikov S.V., Pshenichnikov A.V., Manaenko S.S. Pomekhoustojchivaya model' signala KAM-16 s transformirovannym sozvezdiem // Informacionnye tekhnologii. 2015. T. 21. № 9. S. 685–689.
5. Martynov D.O., Prudnikov S.Ya., Kiselev A.V. Raspoznavanie klassov radiolokacionnyh celej po ih EPR i koefficientu korrelyacii otschetov amplitud ekhosignala // Voprosy radioelektroniki. 2017. № 4. S. 33–35.
6. Dvornikov S.V., Saukov A.M. Metod raspoznavaniya radiosignalov na osnove vejrlet-paketov // Nauchnoe priborostroenie. 2004. T. 14. № 1. S. 85–93.
7. Dvornikov S.V., Yaheev A.F. Metod izmereniya parametrov kratkovremennyh signalov na osnove raspredeleniya Alekseeva // Informaciya i kosmos. 2011. № 1. S. 66–74.
8. Artyushenko V.M., Volovach V.I. Kvazioptimal'naya demodulyaciya smesi uzkopolosnogo signala i additivnoj negaussovskoj pomekhi s polosovym spektrom // Zhurnal radioelektroniki. 2019. № 4. S. 1.
9. Demodulyaciya signalov OFT na osnove adaptivnogo poroga / S.V. Dvornikov [i dr.] // Voprosy radioelektroniki. Ser.: Tekhnika televideniya. 2013. № 2. S. 90–97.
10. Demodulyaciya signalov na osnove obrabotki ih modificirovannyh raspredelenij / S.V. Dvornikov [i dr.] // Kontrol'. Diagnostika. 2010. № 10. S. 46–54.
11. Kir'yanov D. MATHCAD 15/ MATHCAD PRIME 1. SPb.: BHV-Peterburg, 2012. 432 s.
12. Fin'ko O.A., Sokolovskij E.P. Algoritm ocenki riska informacionnoj bezopasnosti v sistemah zashchity informacii na osnove logiko-veroyatnostnogo metoda I.A. Ryabinina // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki. 2013. № 12 (149). S. 172–180.

13. Maksimov A.V., Popov V.N., Kiselev E.A. Raschet kanonicheskikh korrelyacij s pomoshch'yu procedury ortogonalizacii // Intellektual'no-informacionnye tekhnologii i intellektual'nyj biznes (INFOS-2019): materialy X Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. 2019. S. 41–44.
14. Gmurman V. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika: ucheb. posobie dlya vuzov. 10-e izd., stereotip. M.: Vyssh. shk., 2004. 479 s.
15. Kompaktnye algoritmy sinteza manipulirovannyh signalov v MathCAD / S.V. Dvornikov [i dr.] // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 2. S. 42–50.
16. Sintez shumov v sisteme avtomaticheskogo proektirovaniya MathCAD / S.V. Dvornikov [i dr.] // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 4. S. 62–69.
17. Ocenka pomekhozashchishchennosti linij radiosvyazi s medlennoj psevdosluchajnoj perestrojkoj rabochej chastoty / S.V. Dvornikov [i dr.] // Informaciya i kosmos. 2016. № 4. S. 11–14.
18. Dvornikov S.V. Cifrovoj sintez spektral'no-effektivnyh signalov televideniya // Voprosy radioelektroniki. Ser.: Tekhnika televideniya. 2015. № 6. S. 168–173.
19. Dvornikov S.V., Pshenichnikov A.V., Avanesov M.Yu. Model' destruktivnogo vozdeystviya kognitivnogo haraktera // Informaciya i kosmos. 2018. № 2. S. 22–29.

УДК 004:005.584.1:502/504

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В.В. Ничепорчук, кандидат технических наук.

Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург.

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

Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук.

А.С. Крутолапов, доктор технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Статья посвящена обеспечению природно-техногенной безопасности, защите территорий от чрезвычайных ситуаций. Разработана архитектура систем и информационных ресурсов на основе системного анализа процессов обеспечения безопасности территорий. В общем, показано решение проблем формирования ресурсов и использования информационных технологий для разработки интегрированных информационно-аналитических систем по обеспечению территориальной безопасности.

Ключевые слова: алгоритм, безопасность, информационная система, управление, угрозы

DESIGN OF AN INFORMATION AND ANALYTICAL SUPPORT SYSTEM NATURAL AND MAN-MADE SAFETY

V.V. Nicheporchuk. Ural institute of State fire service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg.

A.V. Kalach.

Institute of computational modeling of the Siberian branch of the Russian academy of sciences.

A.S. Krutolapov. Saint Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article is devoted to ensuring natural and manufactured safety, protection of territories from emergencies. The architecture of systems and information resources based on the system analysis of the processes of ensuring the security of territories is developed. In general, the solution of the problems of resource formation and the use of information technologies for the development of integrated information and analytical systems for ensuring territorial security shown.

Keywords: algorithm, security, information system, management, threats

Введение

Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС), обеспечение сбора, обработки, обмена и выдачи информации для предупреждения и ликвидации ЧС в России определены как основные задачи Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) [1].

Обеспечение природно-техногенной безопасности включает управление силами и средствами федеральных и региональных органов исполнительной власти, местного самоуправления, а также организаций, в полномочия которых входит решение вопросов защиты населения, территорий, акваторий от ЧС различного характера [2–4].

Управленческие решения формируются и реализуются в центрах управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) субъектов Российской Федерации, единых дежурно-

диспетчерских системах (ЕДДС) муниципальных образований, противопожарных гарнизонах и других органах управления. Координация действий сил и средств РСЧС возложена на МЧС России.

Сложность процессов управления РСЧС обуславливает необходимость постановки и решения задач их информационного обеспечения с позиций системного анализа.

На рис. 1 представлена схема иерархии управления и взаимодействия в РСЧС, на которой показана типовая структура территориальной подсистемы обеспечения природно-техногенной безопасности во взаимодействии с вышестоящими (федерального уровня) и подчинёнными органами управления (местного и объектового уровней).

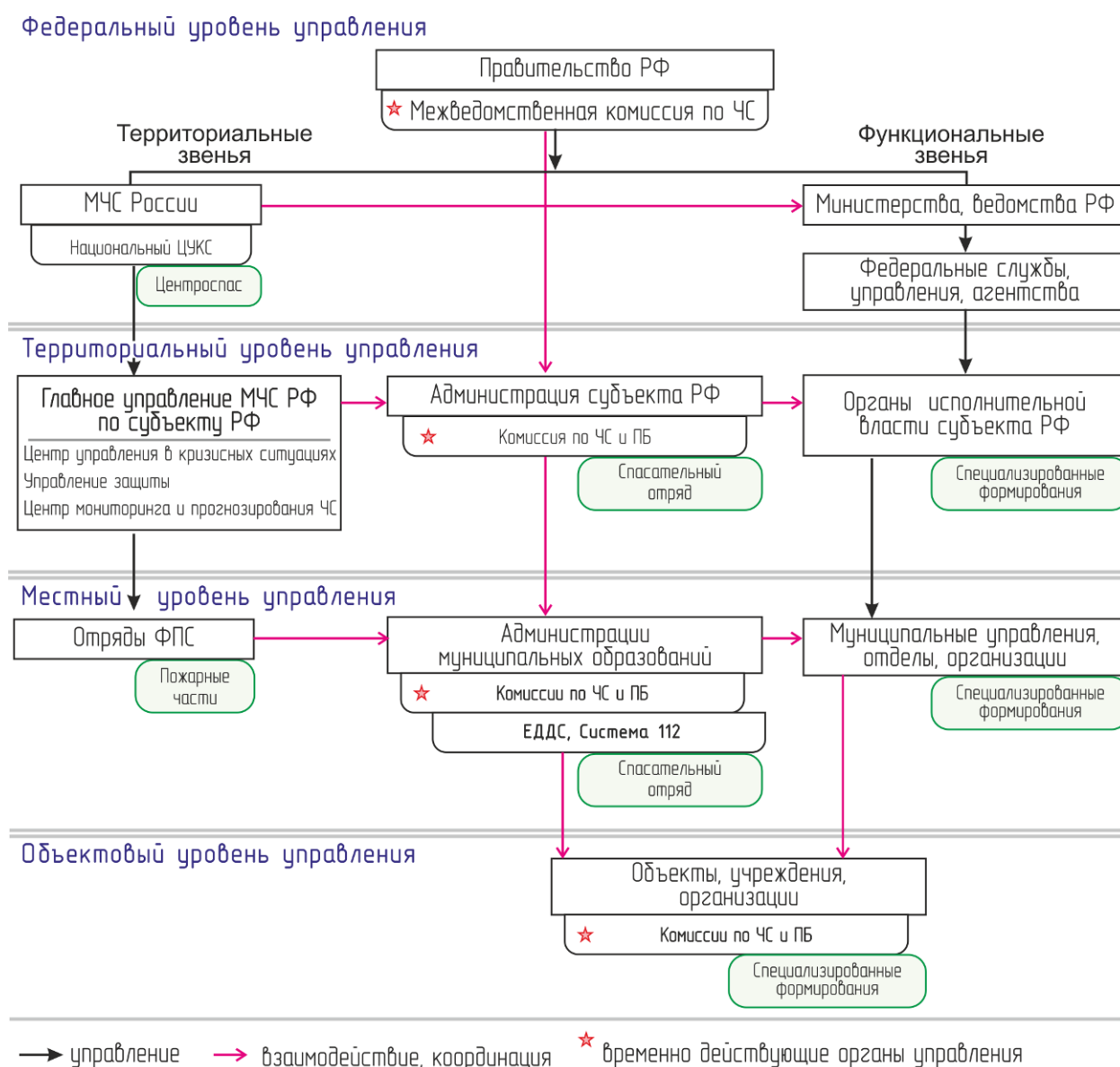


Рис. 1. Структурная схема организации управления РСЧС (ПБ – пожарная безопасность)

Обеспечение природно-техногенной безопасности территорий является национальным стратегическим приоритетом России. Изменение климата, рост сложности и энергоёмкости производств, антропогенного влияния на окружающую среду обуславливают необходимость исследований опасностей и угроз, предотвращение и парирование которых позволит снизить негативные последствия для общества и экономики.

Уровень развития современных технологий получения и обработки данных, большие объёмы детализированной информации об объектах и процессах окружающей среды и техносферы, повышение точности моделей ЧС, накопленный опыт управления в нештатных ситуациях определяют возможность развития принципов построения нового поколения информационно-аналитических систем комплексной поддержки управления территориальной безопасностью [5].

Функционал существующих программных систем территориального управления обеспечивает частичное решение задач мониторинга, сбора данных, моделирования ситуаций, оценки рисков. Формирование решений зачастую происходит на основе неформализованной информации (оперативных донесений, отчётов), форматы представления которой не позволяют использовать средства анализа, динамической визуализации. Требуется разработка технологий создания информационно-аналитических систем, реализующих единые принципы консолидации и обработки информационных ресурсов, использующихся для информационной поддержки обеспечения территориальной безопасности.

Построение таких систем позволит унифицировать процессы аналитической обработки данных оперативного мониторинга окружающей среды и объектов техносферы и обеспечить формирование управленческих решений.

Использование большого количества программных комплексов, решающих частные задачи поддержки управления на основе фрагментарных данных, диктует необходимость разработки архитектуры систем и информационных ресурсов на основе системного анализа процессов обеспечения безопасности территорий. Для повышения эффективности мероприятий по предупреждению ЧС и снижению рисков необходима разработка критериев раннего обнаружения опасностей и использование средств аналитической обработки данных комплексного мониторинга.

Для поддержки экстренного управления требуется повышение информативности ситуационного моделирования, переход от расчётов динамики распространения опасных факторов к комплексному описанию последствий негативных событий и способов действий по их ликвидации и проведению мероприятий защиты, соответствующих масштабу ситуации и складывающимся условиям.

Решение проблемы формирования ресурсов и использования информационных технологий для разработки интегрированных информационно-аналитических систем по обеспечению территориальной безопасности представляется актуальной и значимой.

Представление процессов решения управленческих задач

В общем виде процессы решения задач управления t можно представить как

отображение $t: d \xrightarrow{f} y$ it .

Для обозначения отображения t будем использовать обозначение представляемой задачи: d – представляет исходные информационные ресурсы; y – результаты решения задачи; f – функции, выполнение которых необходимо для решения задачи; it – используемые информационные технологии.

Такое представление интерпретируется как получение результатов решения задач t в виде элементов множества y с использованием информационных ресурсов d и информационных технологий it , реализующих функции F .

Рассмотрим конкретные представления для перечисленных выше задач:

$$t_{11} : \{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6\} \xrightarrow{(f_{11}, f_{12}, f_{14}, f_{15}) / (it_1+it_2+it_3), (it_5+it_3+it_4)} \{m_1, u_1, a_2\} \quad \text{– оперативная идентификация опасностей и угроз;}$$

$t_{12} : \{d_4, d_6, d_7\} \xrightarrow[it_6+it_1+it_2+it_4]{f_{13}, f_{15}, f_{16}} \{a_1, m_2, c_1, c_2\}$	– формирование сценариев ситуаций;
$t_{13} : \{d_1, d_2, d_3, d_5, d_6\} \xrightarrow[(it_1+it_2+it_3), (it_5+it_3+it_4+it_6)]{f_{11}, f_{12}, f_{14}, f_{15}} \{m_1, m_3, c_2, a_2\}$	– прогнозирование обстановки;
$t_{14} : \{d_1, d_4, d_7\} \xrightarrow[it_6, it_1]{f_{12}, f_{15}, f_{16}} \{a_1, c_1\}$	– оповещение и информирование;
$t_{21} : \{d_4, d_6, d_7\} \xrightarrow[it_6+it_1+it_2+it_4]{f_{21}, f_{23}, f_{25}, f_{26}} \{a_1, m_2, c_1, c_2\}$	– ликвидация опасных факторов ситуаций;
$t_{22} : \{d_4, d_2, d_6, d_7\} \xrightarrow[it_6+it_1+it_2+it_4]{f_{21}, f_{25}, f_{26}} \{a_1, m_2, c_2\}$	– проведение мероприятий защиты;
$t_{31} : \{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6\} \xrightarrow[(it_1+it_2+it_3), (it_6+it_3+it_4)]{f_{32}, f_{33}, f_{35}, f_{36}} \{a_2, m_3, u_2, u_3\}$	– оценивание рисков;
$t_{32} : \{d_3, d_4, d_5\} \xrightarrow[(it_1+it_2+it_3), (it_5+it_3+it_4)]{f_{31}, f_{32}, f_{34}, f_{36}} \{a_2, u_1, m_3\}$	– контроль проведения мероприятий по снижению территориальных рисков.

При решении задач управления требуются различные виды информационных ресурсов R . Например, в процессе оценивания территориальных рисков t_{31} задействованы все виды R , поскольку для комплексного анализа требуются практически все данные мониторинга опасностей, характеристики территорий O_2 , состояние сил и средств территориальной подсистемы РСЧС O_3 .

Оперативная идентификация опасностей и угроз

Реализация процесса решения задачи оперативной идентификации опасностей и угроз

$$t_{11} : \{d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6\} \xrightarrow[(it_1+it_2+it_3), (it_5+it_3+it_4)]{f_{11}, f_{12}, f_{14}, f_{15}} \{m_1, u_1, a_2\}$$

представлена на рис. 2 в виде диаграммы IDEF3.

После выполнения консолидации данных в хранилище по заданному расписанию обновляется OLAP-модель оценки оперативной обстановки и формируется xml файл с обновлёнными результатами наблюдений для отображения на динамической карте. Кросс-таблица преобразуется в html-формат с подсвеченными данными.

Процесс веб-публикации графика наблюдений выполняется только в случае выхода показателей наблюдений за допустимые пределы, установленные критериями опасностей и угроз, и сохранённые в виде справочника свойств (характеристик) пунктов наблюдений. Если для идентификации опасностей достаточно простое сравнение показателей и критериев, то для идентификации угроз используется несколько различных методов анализа: близость к критериям опасности, резкое изменение значений, прогностический тренд и др. После формирования набора представлений специальная служба обновляет контент сайта – данные оперативных обстановок, календарь обстановок и архив наблюдений.

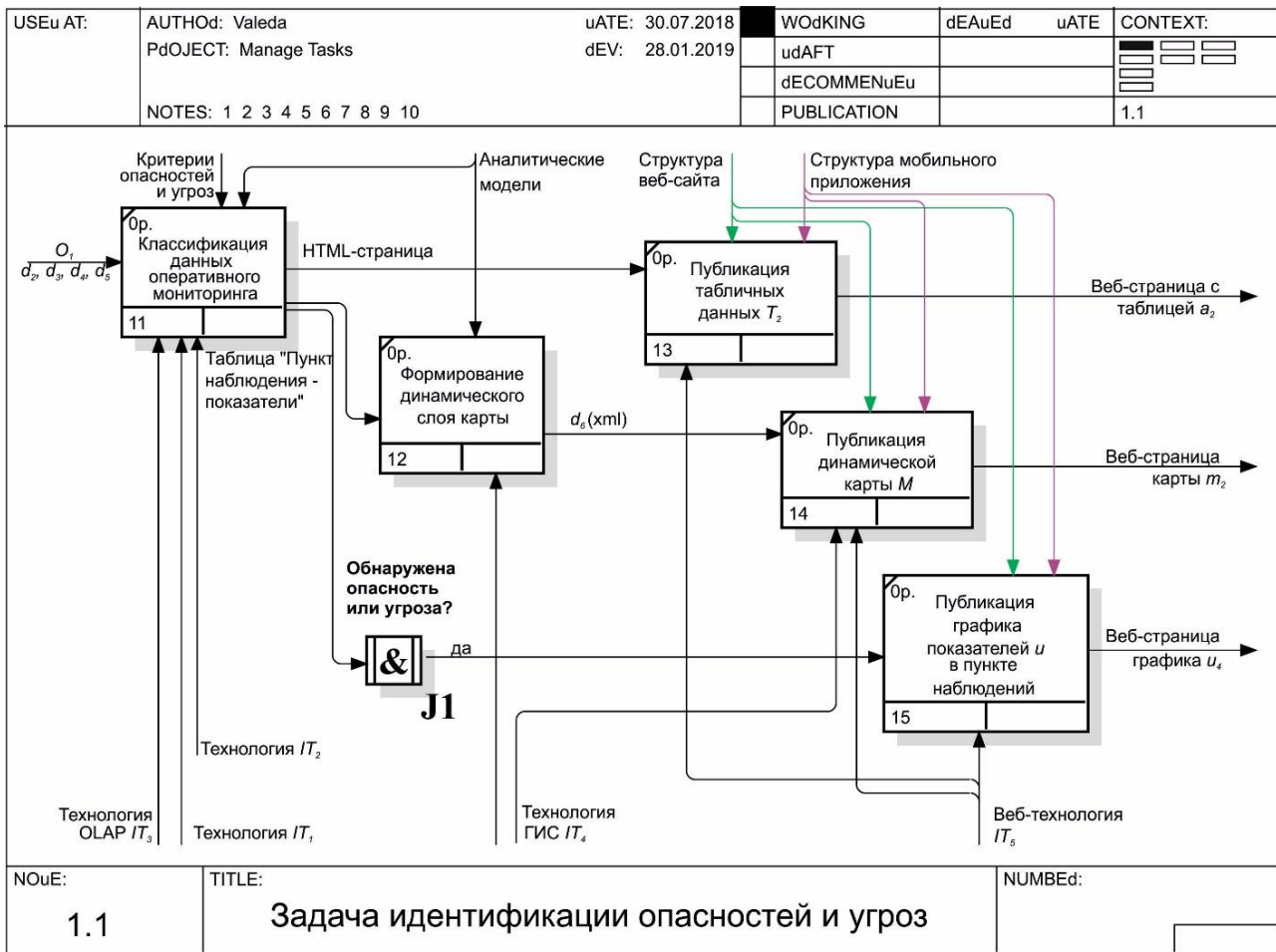


Рис. 2. Процесс решения задачи t_{11} – идентификации опасностей и угроз в потоках данных оперативного комплексного мониторинга обстановки

Для добавления данных в архив используется OLAP-модель фильтрации данных. Например, представления оперативных обстановок могут содержать данные за предыдущие 2–5 суток, тогда как в архив добавляются только последние наблюдения.

При использовании приборов наблюдений в архив записываются два–три значения: среднесуточные и экстремальные показания.

Формирование возможных сценариев ЧС

Реализация процесса решения задачи формирования возможных сценариев ЧС

$$t_{12} : \{d_4, d_6, d_7\} \xrightarrow[it_6+it_1+it_2+it_4]{f_{13}, f_{15}, f_{16}} \{a_1, m_2, c_1, c_2\}$$

представлена на рис. 3 (диаграмма IDEF3).

Особенностью процесса решения задачи t_{12} является учёт существования и возможность программной реализации расчётных методик, на основе которых формируется описание ситуации, её последствий и происходит оценка объёмов работ по ликвидации опасных факторов ЧС и проведения мероприятий защиты.

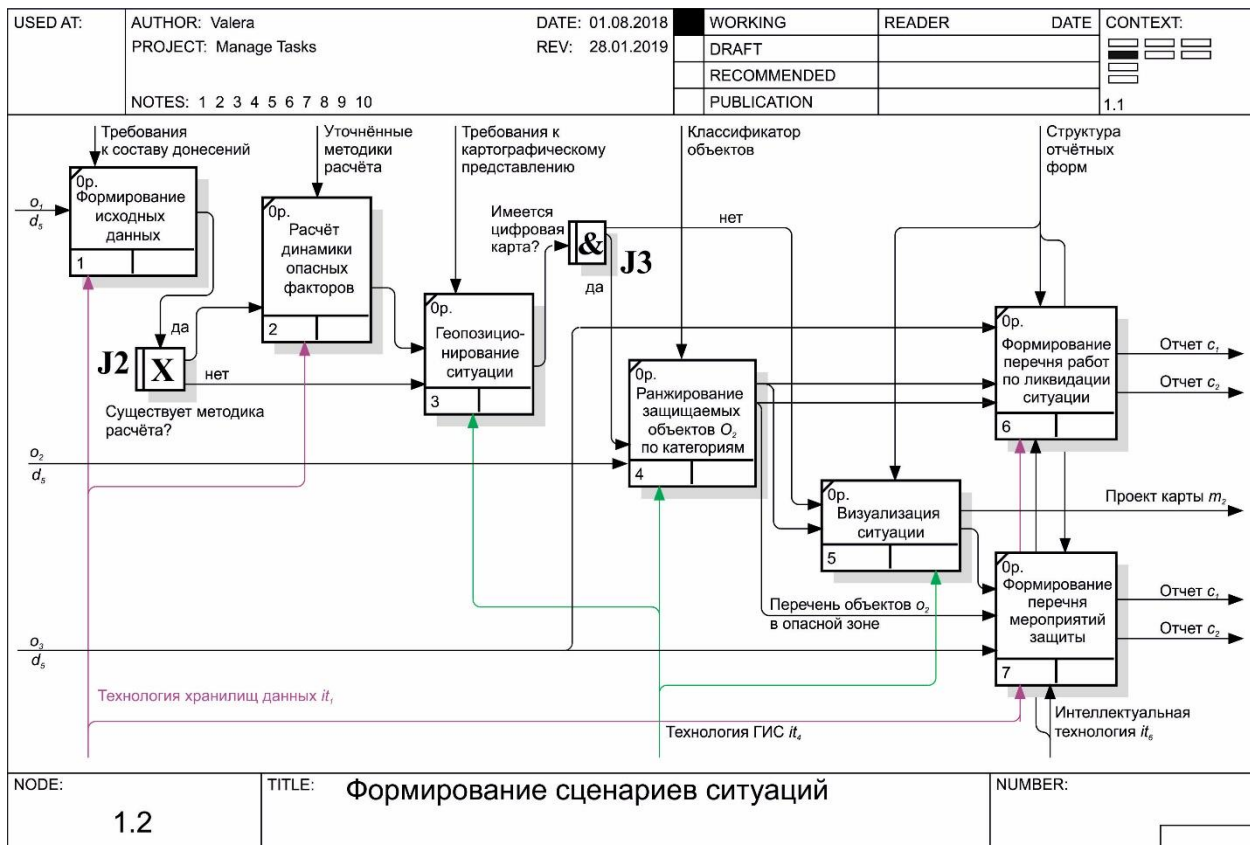


Рис. 3. Процесс решения задачи t_{12} – формирование возможных сценариев ЧС

Использование цифровой карты (как правило М1:10 000 и крупнее для опасных ситуаций техногенного характера и М 1:100 000 для природных ЧС) позволяет сформировать перечень защищаемых объектов O_2 , от количества и характеристик которых зависит объём и содержание мероприятий защиты, состав и возможности формируемой группировки сил и средств O_3 .

Прогнозирование обстановки

Реализация процесса решения задачи прогнозирования ситуаций:

$$t_{13} : \{d_1, d_2, d_3, d_5, d_6\} \xrightarrow{(f_{11}, f_{12}, f_{14}, f_{15})} \{m_1, m_3, c_2, a_2\}$$

$(it_1+it_2+it_3), (it_5+it_3+it_4+it_6)$

Прогнозирование заключается в оценке вероятности возникновения и возможных масштабов опасных ситуаций, зависящих от неблагоприятных метеорологических, гидрологических и других факторов, и строится на основе доступных краткосрочных прогнозов сторонних организаций (рис. 4).

В качестве источника прогностической информации используются данные краткосрочного прогноза погоды (до 10 суток), обновляемые один раз в два–шесть часов из внешних интернет-ресурсов (GRIB – Росгидромет, NASA, Ecmwf, OpenWeatherMap и др.), прогнозы уровней воды на водомерных постах (данные Росгидромета), а также характеристики территорий, представленные в виде формализованных паспортов безопасности, атласов рисков, статистических баз данных [5–7].

Для видов ЧС, не зависящих от погодных условий, используется оценивание рисков задач t_{13} , основанное на статистических методах.

Разработана обобщенная системная архитектура информационной поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, позволяющая

создавать мультизадачные проблемно ориентированные программные комплексы территориального управления.

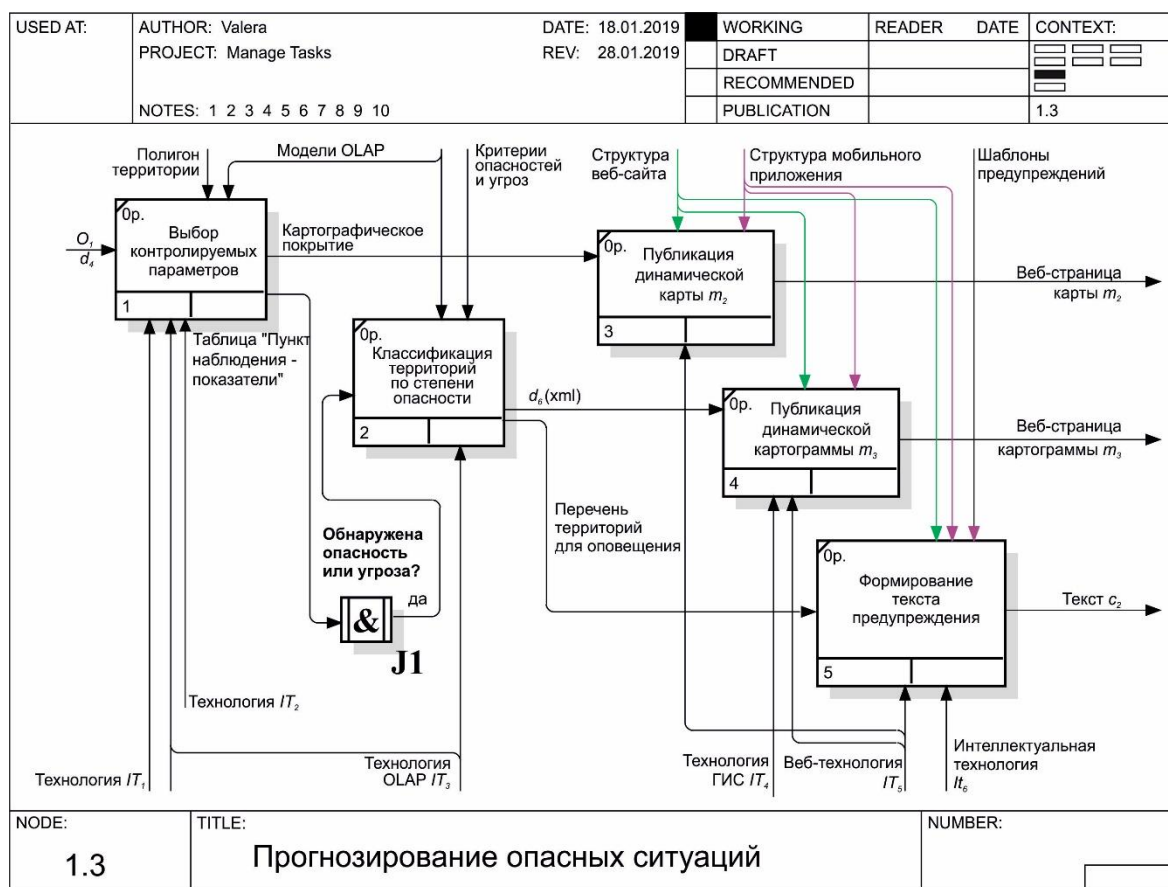


Рис. 4. Процесс решения задачи t_{13} – прогнозирование обстановки на территории региона

В отличие от известных подходов к проектированию информационно-управляющих систем в сфере природно-техногенной безопасности системная архитектура позволяет определить функционал синтезируемой информационно-аналитической системы с использованием элементов системной модели для разных режимов функционирования и разных уровней управления природно-техногенной безопасностью территорий, обосновать выбор программных компонентов и рациональных способов комплексного решения задач управления.

На основе рассмотренных элементов модели, представлений процессов и принципов реализации управленческих задач разработана обобщенная системная архитектура информационной поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, позволяющая создавать мультизадачные проблемно ориентированные программные комплексы территориального управления.

Системная архитектура определяет функционал синтезируемой информационно-аналитической системы на основе элементов системной модели M для разных режимов функционирования G и разных уровней управления L природно-техногенной безопасностью территорий, обосновывает выбор программных компонентов для рациональных способов комплексного решения задач управления.

Обобщенная системная архитектура описывает следующие компоненты: источники данных, блок консолидации информационных ресурсов, подсистемы и сервисы обработки данных, человеко-машинный интерфейс.

Обобщенная системная архитектура (рис. 5) описывает региональный уровень управления l_1 .

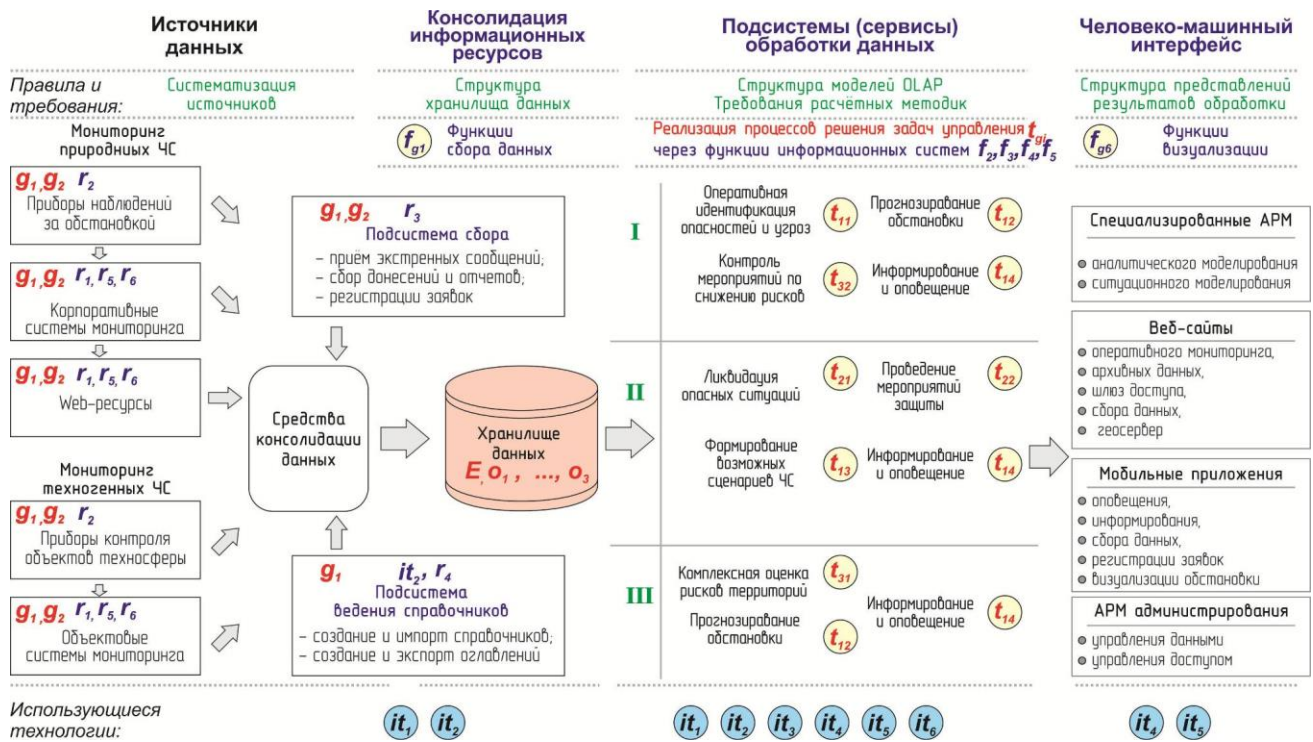


Рис. 5. Архитектура региональной информационно-аналитической системы (АРМ – автоматизированное рабочее место)

Таким образом, обобщенная системная архитектура построена на основе системной модели поддержки управления природно-техногенной безопасностью региона. Процесс построения системной архитектуры представляет собой декомпозицию задач управления с детализацией и трансформацией информационных ресурсов. Архитектура конкретизирует системную модель в виде описаний источников данных, блока консолидации информационных ресурсов, подсистем и сервисов обработки данных, человеко-машинных интерфейсов. Источники данных и процессы консолидации описываются в соответствии с классификацией информационных ресурсов и информационных технологий, введенных в системной модели. 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. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства Рос. Федерации от 5 нояб. 1995 г. № 1113 (в ред. от 8 авг. 2003 г.). Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
2. Раннее предупреждение о чрезвычайных ситуациях / М.И. Фалеев [и др.]. М.: МЧС России, 2015. 232 с.
3. Черных А.К., Малыгин И.Г., Клыков П.Н. Выбор показателей для оценки реализации целевых программ создания информационных систем органов государственного управления в чрезвычайных ситуациях // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2019. № 2. С. 78–86.
4. Комплексная модель информационного обеспечения автоматизированного управления силами и средствами МЧС России / И.Г. Малыгин [и др.]: монография. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017. 161 с.

5. Martinovich N.V., Mel'Nik A.A., Kalach A.V., Akulov A.Yu. Functional model of activity of the fire and rescue unit // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. 1479(1). 012007.

6. Ничепорчук В.В., Ноженкова Л.Ф. Информационные системы природно-техногенной безопасности Красноярского края // *Вычислительные технологии*. Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2003. Т. 8. С. 70–79.

7. Ничепорчук В.В. Метод использования критериев опасностей для идентификации рискоопасных ситуаций // *Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов: сб. трудов Всерос. конф.* Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2019. С. 427–433.

References

1. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительcтва Рос. Федерации от 5 нояб. 1995 г. № 1113 (в ред. от 8 авг. 2003 г.). Доступ из справ.-правового портала «Garant».

2. Раннее предупреждение о чрезвычайных ситуациях / М.И. Фалеев [и др.]. М.: МЧС России, 2015. 232 с.

3. Chernyh A.K., Malygin I.G., Klykov P.N. Vybor pokazatelej dlya ocenki realizacii celevyh programm sozdaniya informacionnyh sistem organov gosudarstvennogo upravleniya v chrezvychajnyh situacijah // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2019. № 2. S. 78–86.

4. Kompleksnaya model' informacionnogo obespecheniya avtomatizirovannogo upravleniya silami i sredstvami MCHS Rossii / I.G. Malygin [i dr.]: monografiya. SPb.:S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2017. 161 s.

5. Martinovich N.V., Mel'Nik A.A., Kalach A.V., Akulov A.Yu. Functional model of activity of the fire and rescue unit // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. 1479(1). 012007.

6. Nicheporchuk V.V., Nozhenkova L.F. Informacionnye sistemy prirodno-tekhnoгенной безопасности Красноярского края // *Vychislitel'nye tekhnologii*. Novosibirsk: IVT SO RAN, 2003. Т. 8. S. 70–79.

7. Nicheporchuk V.V. Metod ispol'zovaniya kriteriev opasnostej dlya identifikacii riskoопасnyh situacij // *Obrabotka prostranstvennyh dannyh v zadachah monitoringa prirodnyh i antropogennyh processov: sb. trudov Vseros. konf.* Novosibirsk: IVT SO RAN, 2019. S. 427–433.

УДК 004.055

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ГАРМОНИЧНОСТИ ЦВЕТОВОЙ СХЕМЫ ГРАФИЧЕСКИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ

С.Н. Терёхин, доктор технических наук, профессор;

Д.Ю. Минкин, доктор технических наук, профессор;

А.В. Вострых.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Существующие методы оценки графических пользовательских интерфейсов носят по большей части субъективный характер, основанный на мнениях экспертов или проводимых тестирований, что не позволяет на научном уровне предоставить обоснованные результаты о степени качества интерфейсов. В статье разработан алгоритм оценки цветовой схемы интерфейсов, с помощью которого представляется возможным проведение оценки на предмет эстетичности и гармоничности цветовых решений интерфейсов специализированных информационных систем, обеспечивающих деятельность подразделений МЧС России.

Ключевые слова: графический пользовательский интерфейс, эффект стереохроматизма, информационная система, программный продукт, цветовая схема

ALGORITHM FOR ASSESSING THE HARMONY OF THE COLOR SCHEME OF GRAPHICAL USER INTERFACES FOR INFORMATION SUPPORT OF THE ACTIVITIES OF EMERCOM OF RUSSIA

S.N. Terekhin; D.Yu. Minkin; A.V. Vostrykh.

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

The existing methods of evaluating graphical user interfaces are mostly subjective, based on the opinions of experts or conducted tests, which does not allow us to provide scientifically sound results about the degree of quality of the interfaces. In this article, an algorithm for evaluating the color scheme of interfaces is developed, with the help of which it is possible to evaluate the aesthetics and harmony of the color solutions of the interfaces of specialized information systems that support the activities of the departments of the Ministry of Emergency situations of Russia.

Keywords: graphical user interface, stereochromatic effect, information system, software product, color scheme

Сегодня развитие цифровых технологий достигло небывалого роста [1–4]. С каждым днём число новинок информационных систем (ИС) постоянно растёт, стремясь удовлетворить всевозможные информационные потребности пользователей различных целевых аудиторий. С этими изменениями, стремясь идти в ногу со временем, ИС постоянно усложняются как во «внутренней» части реализации программного кода, так и в визуальной составляющей [1]. Визуальная часть ИС представляется пользователям в виде графических пользовательских интерфейсов (ГПИ), основной задачей которых является обеспечение

качественной понятийной связи между когнитивной моделью целевой аудитории и моделью реализации программного кода [2–4]. Другими словами, ГПИ должен способствовать минимизации усилий пользователей по взаимодействию с программным продуктом (ПП) без необходимости углубленного изучения внутренних механизмов и процессов исполнения программного кода. Качественный ГПИ призван повысить эффективность работы пользователей по таким параметрам, как скорость работы в программной среде, скорость и лёгкость обучения, субъективная удовлетворённость от использования ПП и степень сохранения навыков оперирования, а также снизить количество возможных ошибок как со стороны пользователя, так и с программы [1, 5].

Данные показатели особенно важны в работе сотрудников МЧС России. Находясь на подотчетной территории в условиях постоянного напряжения и высокой ответственности за жизнь и здоровье населения операторы ИС испытывают высокие, а подчас и экстремальные нагрузки. Повышение эффективности ИС, используемых в работе сотрудниками, позволит снизить степень нагрузки и исключить возможность появления ошибок в работе операторов системы МЧС России.

Многочисленные исследования и личный опыт авторов статьи показали, что в настоящее время большинство ГПИ информационных систем, в том числе и специализированного профиля, обладают низкой эффективностью, одной из причин которой является отсутствие возможности проводить формализованную оценку интерфейсов [1–8]. Существующие методики по большей части носят субъективный характер, основанный на мнениях отдельных экспертов или проводимых тестирований на потенциальных пользователях [1–4, 6]. Данные подходы не дают однозначных решений и не способны на научном уровне предоставить обоснованные результаты о степени качества ГПИ. Также данные подходы не позволяют сравнивать ГПИ схожих по функционалу ИС между собой, что не даёт возможности рационального выбора наиболее подходящей системы. Таким образом, разработка формализованного алгоритма оценки эффективности ГПИ является актуальной задачей, требующей формализованного решения.

Так как интерфейсы в силу своей сущности «посредника» между пользователем и ИС являются многогранными и сложносоставными элементами ПП, методика оценки ГПИ также будет состоять из нескольких направлений, охватывающих в сумме все аспекты. Из проведённых многочисленных исследований были сделаны выводы о том, что большая часть информации о внешнем мире к человеку поступает через визуальный канал восприятия [5], тем самым одним из направлений оценки ГПИ должна стать оценка визуальной составляющей интерфейсов.

В настоящей статье разработан алгоритм оценки гармоничности цветовой схемы ГПИ, с помощью которого представляется возможным оценить интерфейсы как на предмет эстетичности, так и сравнить гармоничность цветовых решений ГПИ разных ПП.

В основе алгоритма лежат формулы и константы, полученные опытным путём в дисциплинах эргономики и инженерной психологии [5, 9]:

– область ясного видения пользователей, составляющая 240px на 180px. В пределах данной прямоугольной области большинство пользователей четко различают объекты с минимальными затратами оперативной памяти и безошибочно идентифицируют элементы ГПИ;

– общее количество цветов в интерфейсе не должно превышать четырех–пяти. Превышение данного параметра приводит к возрастанию когнитивной и визуальной нагрузки, что ведёт к увеличению числа ошибок в работе пользователей;

– соответствие цвета с ассоциацией функциональности;

– статистические данные гендерных предпочтений цветов;

– элементы интерфейса, а также сама структура ГПИ должна располагаться равномерно по рабочему пространству в определённых пропорциях. Например, использование правила «Золотого сечения», отношения большего по размерам элемента интерфейса к меньшему равняется 1,62.

Также необходимо учитывать наличие в ГПИ «эффекта стереохроматизма», способствующего возрастанию когнитивной и визуальной нагрузки, вследствие использования сочетаний сильно контрастирующих цветов в интерфейсах, которые негативно влияют на восприятие информации человеком.

Анализ цветовой схемы ГПИ предлагается осуществлять с помощью цветовой модели HSB [10] (от англ. hue-saturation-brightness) тон, насыщенность, яркость. Причиной выбора для анализа ГПИ именно цветовой модели HSB из не менее популярных, таких как RGB и CMYK, стали следующие преимущества [10]:

- HSB является расширенной версией RGB;
- HSB ближе к человеческому восприятию цвета, чем RGB и CMYK, которые определяют цвет как комбинацию основных цветов (красного, зелёного и синего или жёлтого, пурпурного, бирюзового и чёрного), в то время как компоненты цвета в HSB отображают информацию о цвете в более привычной человеку форме;
- аппаратная независимость. Задание значений цветового тона, насыщенности и яркости позволяют однозначно определить цвет без необходимости учета параметров устройства вывода;
- более простой и интуитивно понятный механизм управления цветом. Цветовой тон, насыщенность и яркость представляют собой независимые характеристики цвета. Например, чистый красный цвет расположен на цветовом круге под углом 0° . Если необходимо получить оранжевый цвет, то следует увеличить угол, определяющий цветовой тон. Для получения более тусклого оттенка необходимо снизить насыщенность, а для придания большей яркости соответственно увеличить значение яркости. Получение таких эффектов с помощью RGB-модели практически невозможно, поскольку значения ее цветовых компонентов очень сильно зависят друг от друга.

Рассмотрим механизм получения цветов в модели HSB.

Тон (от англ. hue) в цветовой модели определяется в градусах от 0 до 360 (рис. 1).

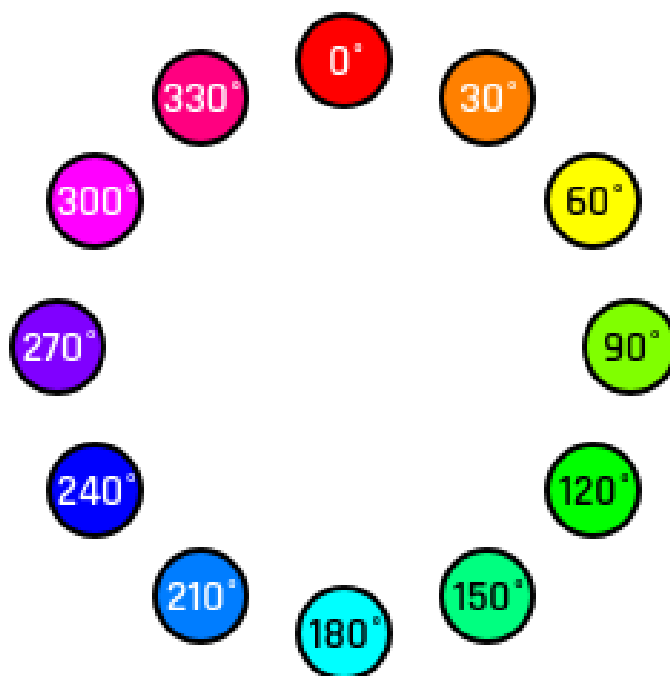


Рис. 1. Определение тона в цветовой модели HSB

Опорными точками в модели являются красный – 0°, зелёный – 120°, синий – 240° цвета. В цветовом круге они равноудалены.

Насыщенность (от англ. saturation) в цветовой модели HSB представляется числовым диапазоном от 0 и 100 %, где 0 % – это светло-серый оттенок цвета, 100 % – предел красочности выбранного тона (рис. 2).

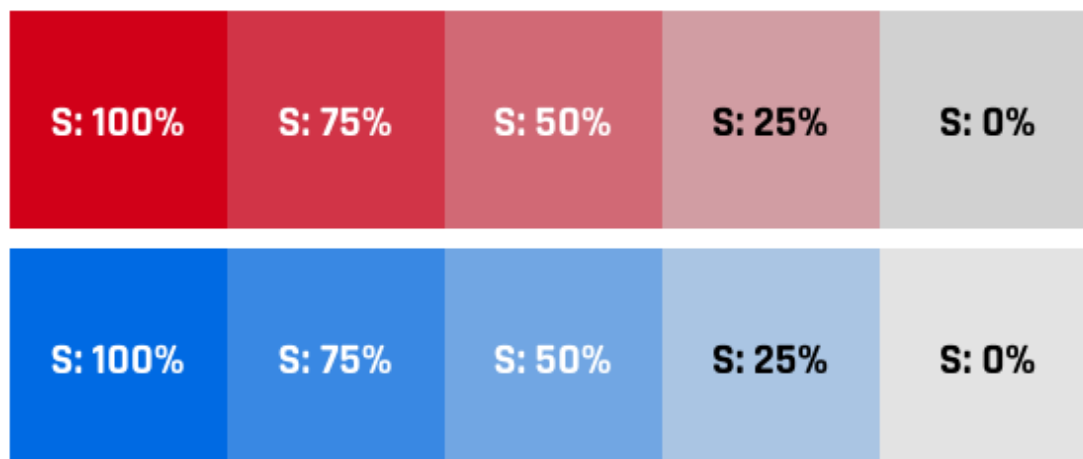


Рис. 2. Насыщенность в цветовой модели HSB

Яркость (от англ. brightness), как и насыщенность в модели представляется процентным соотношением от 0 до 100 %. При яркости 0 % – любой тон становится чёрным, вне зависимости от насыщенности, при яркости 100 % – тон становится белым только при условии, что насыщенность также равна 0 %. В противном случае, 100 % яркость – это очень яркий цвет (рис. 3).

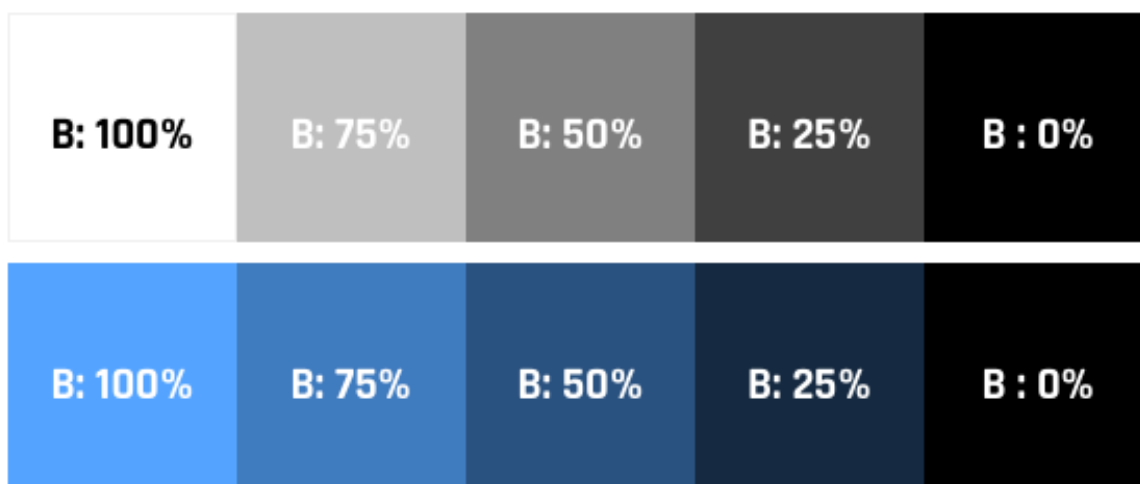


Рис. 3. Яркость в цветовой модели HSB

Перед описанием алгоритма необходимо отметить некоторые данные, полученные экспериментальным путём, используемые для более точной оценки и результатов. К таким данным относятся гендерное предпочтение цветов и соответствие цвета элемента с его ассоциацией функциональности (табл.).

Анализ цветовой информации ГПИ и соотношение её с данными статистических показателей целевой аудитории пользователей (модель пользователя) позволит не ошибиться

при выборе доминирующего цвета, акцентного цвета и цветовой схемы, повысив тем самым субъективную удовлетворённость, которая непосредственно влияет на такие характеристики, как скорость работы и количество ошибок, а также внутреннее психологическое равновесие и удовлетворённость трудом.

Таблица. Гендерное предпочтение цветов и соответствие цвета элемента с его ассоциацией функциональности

Цвет	Предпочтение мужского пола		Предпочтение женского пола		Возможность использования в ГПИ	Ассоциации с функциональностью
	+ %	- %	+ %	- %		
Красный	7 %	2 %	9 %	1 %	0,13	Опасность, ошибка
Оранжевый	5 %	22 %	4 %	33 %	-0,46	Призыв к действию
Желтый	1 %	13 %	3 %	13 %	-0,22	Предупреждение
Зелёный	13 %	3 %	14 %	4 %	0,2	Безопасность
Синий	50 %	1 %	35 %	1 %	0,83	Обязательные условия
Фиолетовый	1 %	22 %	23 %	5 %	-0,03	Нейтральное событие
Чёрный	15 %	1 %	6 %	1 %	0,19	Нейтральное событие
Коричневый	2 %	27 %	3 %	20 %	-0,42	Нейтральное событие
Серый	3 %	4 %	1%	17 %	-0,17	Нейтральное событие
Белый	2 %	4 %	1 %	3 %	-0,04	Нейтральное событие

Также необходимо учитывать ассоциативное восприятие цвета. Цвет должен соответствовать принятым в целевой аудитории стереотипам. Так, например, красный означает сигнал опасности, синий и его тёмные оттенки подходят для реализации фона и рабочей области ГПИ. Желтый цвет используется в предупреждающих знаках, так как цвет стимулирует возбуждение центральной части мозга и повышает эмоциональность. Зеленый подходит для оформления, он ассоциируется с природой и окружающей средой, рекомендуется его использовать, чтобы вызвать у пользователей ассоциацию с чистотой и легкостью. Самыми распространенными цветами для призыва к действию являются: красный, зеленый, оранжевый, желтый. Более темные цвета, как черный, коричневый или фиолетовый имеют низкие показатели активности взаимодействия с пользователями.

При выборе цветовой схемы и акцентных цветов необходимо помнить о психологии цвета, которая тесно связана с памятью и опытом. Таким образом, выбор цветовой схемы ГПИ должен основываться на общепринятых функциональных предназначениях цветов, а не из субъективных соображений красоты и эстетики.

Немаловажным является вопрос соблюдения пропорций в ГПИ, от которых напрямую зависит визуальная привлекательность интерфейса. Использование принципа «Золотого сечения» или числового значения 1,62. Суть этого числа в том, что весь отрезок относится к большей его части так, как большая часть относится к меньшей. Например, общая ширина окна информационной системы 900 px, делим это значение на 1,62, получаем 555 px – ширину рабочей области.

Перед расположением элементов интерфейса их необходимо сгруппировать по значимости и функциональному назначению, определив более и менее важные. Отступы между элементами интерфейса должны быть равны или кратны друг другу.

Теперь перейдём к пошаговому рассмотрению разработанного алгоритма:

Шаг 1. Поиск и инициализация оттенков по всей области анализируемого интерфейса.

Шаг 2. Вычисление площади каждого найденного оттенка S_n .

Шаг 3. Вычисление коэффициента гармоничности оттенка:

$$H_{s,w_n} = S_n * W_{st,b_n},$$

где S_n – площадь, занимаемая оттенком в интерфейсе; W_{st,b_n} – коэффициента гармоничности.

Шаг 4. Вычисление гармоничности цветовой схемы по всей площади ГПИ:

$$J = H_{s,w_1} + H_{s,w_2} + \dots + H_{s,w_n} = (S_1 * W_{st,b_1}) + (S_2 * W_{st,b_2}) + \dots + (S_n * W_{st,b_n}).$$

Данное выражение может быть использовано при промежуточной оценке или при сравнении интерфейсов ИС между собой. Чем больше полученное значение, тем удачнее выбрана цветовая схема у анализируемого ГПИ.

Шаг 5. Анализ ГПИ на предмет «эффекта стереохроматизма». Все полученные оттенки аккумулируются в 10 основных «цветов»: жёлтый, оранжевый, красный, фиолетовый, синий, голубой, зелёный, пурпурный, белый и чёрный.

Шаг 6. Вычисление общего количества цветов ГПИ и сравнение этой величины с оптимальной:

$$\begin{cases} \text{if } q_c \leq 5 | k_c = 1 \\ \text{if } 5 < q_c \leq 8 | k_c = 0.75, \\ \text{if } 8 < q_c | k_c = 0.5 \end{cases}$$

где q_c – общее количество цветов в ГПИ; k_c – коэффициент оптимальности цветовой нагрузки.

Шаг 7. Сегментация всей области интерфейса на прямоугольники размером ясного видения пользователей.

Шаг 8. Анализ каждого из полученных сегментов на наличие «эффекта стереохроматизма». Данный шаг состоит из нескольких подшагов:

8.1. Определение объектов ГПИ и их цветов внутри анализируемого сегмента;

8.2. Определение площади объектов и их положения относительно друг друга;

8.3. Анализ на присутствие «эффекта стереохроматизма» и подсчёт коэффициента c_n .

При определении вложенности объектов происходят вычисления, коэффициента c :

$$\begin{cases} \text{if}(S_o \wedge S_o \in C_s\{c\}) \wedge (S_o < S_f) \wedge (3\% < S_o \leq 90\% \in S_f) \Rightarrow 0.45 \leq c_n \leq 0,95 \\ \text{if}(S_o \wedge S_o \in C_s\{c\}) \wedge (S_o < S_f) \wedge (90\% < S_o \leq 99\% \in S_f) \Rightarrow c_n = 1 \\ \text{if}(S_o \wedge S_o \in C_s\{c\}) \wedge (S_o < S_f) \wedge (1\% < S_o \leq 3\% \in S_f) \Rightarrow c_n = 1 \end{cases} .$$

Шаг 9. Вычисление общего значения воздействия «эффекта стереохроматизма» C по всей области ГПИ:

$$C = c_1 * c_2 * \dots * c_n .$$

Чем ближе значение C к единице, тем значение «эффекта стереохроматизма» ниже, и тем самым ГПИ более приятен для восприятия пользователем.

Шаг 10. Вычисление общей оценки гармоничности цветовой схемы ГПИ:

$$M_{all} = J * C .$$

Чем ближе полученный результат общей гармоничности к единице, тем лучше подобрана цветовая схема ГПИ.

Шаг 11. Оценка интерфейса на соблюдение пропорций по правилу «Золотого сечения». Вычисление и сравнение площадей основных и дочерних элементов.

Шаг 12. Проверка отношения большего по размерам элемента интерфейса к меньшему на соответствие значению 1,62.

Шаг 13. Сравнение всех полученных ранее значений с характеристиками моделей пользователей.

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет проводить оценку интерфейсов как общераспространённых ИС, так и специализированных, например, ИС, спроектированных под нужды МЧС России, на степень гармоничности цветовой схемы и её соответствие характеристикам, целям и мотивам пользователей целевой аудитории.

Полученные в результате вычислений численные оценки и параметрические карты в виде матриц позволяют сравнивать интерфейсы различных ИС между собой на эффективность и привлекательность цветовой схемы.

Также полученные промежуточные значения вычислений могут быть использованы для выявления проблематичных участков интерфейсов по отдельным направлениям:

- наличие «эффекта стереохроматизма»;
- степень гармоничности цветовой схемы;
- гармоничность пропорций интерфейса;
- степень соответствия цветовых решений общепринятым ассоциациям.

Реализация данного алгоритма в программном приложении позволит проводить автоматизированную оценку ГПИ и сократить время и когнитивные ресурсы специалистов на проведение вычислений.

Литература

1. Головач В.В. Дизайн пользовательского интерфейса. Usethics, 2005–2008. 97 с.
2. Купер А., Рейман Р., Кронин Д. Основы проектирования взаимодействия. СПб.: Символ, 2010. 688 с.
3. Купер А. Психбольница в руках пациентов или почему высокие технологии сводят нас с ума и как восстановить душевное равновесие: пер. с англ. СПб.: Символ-Плюс, 2004. 336 с.
4. Джеф Р. Интерфейс Новые направления в проектировании компьютерных систем. СПб.–М.: Символ, 2007. 257 с.
5. Уэйншенк С. 100 главных принципов дизайна. Как удержать внимание. СПб.: «Питер», 2011. 272 с.
6. Вострых А.В. Сравнительный анализ методов оценки человеко-машинных интерфейсов // Актуальные проблемы инфо-телекоммуникаций в науке и образовании. 2019. С. 179–184.
7. Ахунова Д.Г., Вострых А.В. Преимущества перехода на целеориентированное проектирование интерфейсов для мобильных пользователей информационных систем // РОСИНФОКОМ-2019. С. 5–9.
8. Буйневич М.В., Максимов А.В., Вострых А.В. Анализ результатов аудита сетевых информационных ресурсов МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 1. С. 101–110.
9. Алефиренко В.М., Шамгин Ю.В. Инженерная психология. Практикум. Минск, 2005. 37 с.
10. Иофис Е.А. Синтез цвета // Фотокинетика: Энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1981. 447 с.

References

1. Golovach V.V. Dizajn pol'zovatel'skogo interfejsa. Usethics, 2005–2008. 97 с.
2. Kuper A., Rejman R., Kronin D. Osnovy proektirovaniya vzaimodejstviya. SPb.: Simvol, 2010. 688 с.
3. Kuper A. Psihbol'nica v rukah pacientov ili pochemu vysokie tekhnologii svodyat nas s uma i kak vosstanovit' dushevnoe ravnovesie: per. s angl. SPb.: Simvol-Plyus, 2004. 336 с.
4. Dzhef R. Interfejs Novye napravleniya v proektirovanii komp'yuternyh sistem. SPb.–M.: Simvol, 2007. 257 с.
5. Uejnschenk S. 100 glavnyh principov dizajna. Kak uderzhat' vnimanie. SPb.: «Piter», 2011. 272 с.

6. Vostryh A.V. Sravnitel'nyj analiz metodov ocenki cheloveko-mashinnyh interfejsov // Aktual'nye problemy info-telekommunikacij v nauke i obrazovanii. 2019. S. 179–184.
7. Ahunova D.G., Vostryh A.V. Preimushchestva perekhoda na celeorintirovannoe proektirovanie interfejsov dlya mobil'nyh pol'zovatelej informacionnyh sistem // ROSINFOKOM-2019. S. 5–9.
8. Bujnevich M.V., Maksimov A.V., Vostryh A.V. Analiz rezul'tatov audita setevyh informacionnyh resursov MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 1. S. 101–110.
9. Alefirenko V.M., Shamgin Yu.V. Inzhenernaya psihologiya. Praktikum. Minsk, 2005. 37 с.
10. Iofis E.A. Sintez cveta // Fotokinotekhnika: Enciklopediya. M.: Sovetskaya enciklopediya, 1981. 447 s.

УДК 004.05+004.032.2

ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ЛОКАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПОЛЛЮТАНТОВ АВТОТРАНСПОРТА С ЭЛЕМЕНТАМИ ЦИФРОВИЗАЦИИ

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

Предложен оригинальный информационный процесс численного мониторинга эмиссии поллютантов автотранспорта на пересечении оживленных городских автомагистралей с контролем интенсивности потока цифровой камерой. Экспериментально-расчетным прогнозным исследованием по модели рассеяния поллютантов в зоне перекрестка при аномально неблагоприятных метеорологических факторах (полный штиль в сочетании с приземной инверсией температуры) показано, что превышение ПДК_{МР} концентрации CO может достигать значения в 1,9 раза, NO₂ – в 12,2 раза, CH – в 1,7 раза, сажи (частиц PM_{2,5}) – в 5,4 раза.

Ключевые слова: информационный процесс, цифровизация, автотранспорт, перекресток, поллютанты, модель рассеяния

ORGANIZATION OF THE INFORMATION PROCESS OF LOCAL CONTROL OF MOTOR TRANSPORT POLLUTANTS WITH DIGITALIZATION ELEMENTS

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

An original information process is proposed for the numerical monitoring of the emission of pollutants from vehicles at the intersection of busy city highways with the control of the flow rate by a digital camera. Experimental and computational predictive research, according to the model of pollutants scattering in the intersection zone under abnormally unfavorable meteorological factors (complete calm combined with surface temperature inversion), showed that the excess of the MAC_{МА} concentration of CO can reach 1,9 times, NO₂ – 12,2 times, CH – 1,7 times, soot (PM_{2,5} particles) – 5,4 times.

Keywords: information process, digitalization, road transport, crossroads, pollutants, scattering model

Введение. Состояние проблемы

Применение в исследовательских целях цифровых камер (рис. 1) и многофункциональных систем [1] контроля движущихся в городском потоке транспортных средств (АТС) в интеграции с электронными процессорными инструментами искусственного интеллекта [1, 2] в едином информационном процессе мониторинга грузовых и пассажирских перевозок [3], дорожной и экологической безопасности [4] завоевывает все большее признание в информационных системах городского транспортного планирования и моделирования [5].

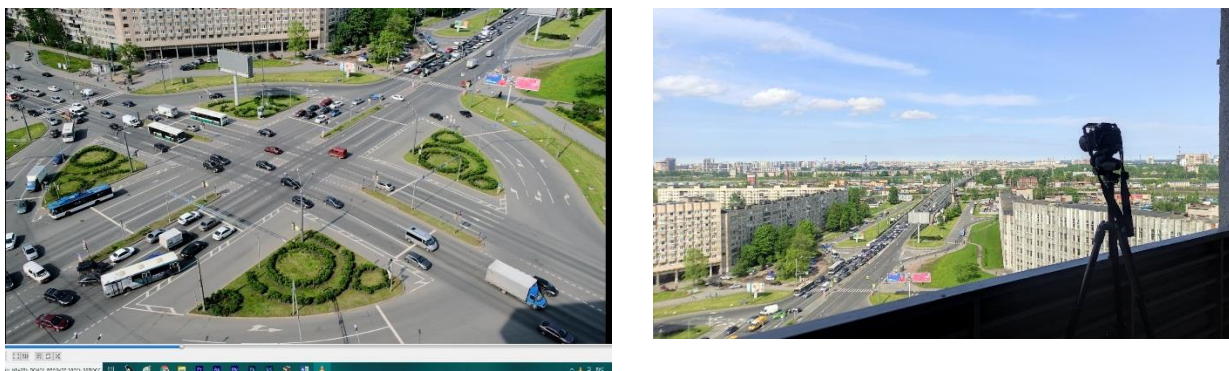


Рис. 1. Фильмирование движения АТС цифровой камерой на пересечении ул. Софийская и пр. Слава в Санкт-Петербурге, 25 июня 2021 г., 16.00–16.20

Вопросы обеспечения устойчивости жизнедеятельности в связи с наблюдаемыми проблемами глобальной энергетики, изменения климата и ухудшения здоровья городского населения должны решаться на междисциплинарной основе [6], прежде всего, путем экологической модернизации городской транспортной инфраструктуры и мониторинга ее состояния инструментально-расчетными методами [4, 7].

В статье предложен оригинальный информационный процесс численного мониторинга эмиссии поллютантов автотранспорта с элементами цифровизации информации об интенсивности транспортных потоков, апробированный в виртуальном исследовательском прогнозе ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха в районе пересечения оживленных городских автомагистралей Санкт-Петербурга для вероятной чрезвычайной ситуации (ЧС) сочетания аномально-неблагоприятных метеорологических (штиль, приземная температурная инверсия) и транспортных (часы пик) факторов [4].

Методология информационного процесса: физические модели и расчетные уравнения

Силы экстренного реагирования МЧС России обязаны информировать население об аномальных метеорологических явлениях и порождаемых ими ЧС сверх нормативного загрязнения городской воздушной среды поллютантами автомобилей в периоды высокой транспортной нагрузки на улично-дорожной сети (УДС) [4]. Для осуществления превентивных мероприятий, предупреждающих и ослабляющих опасные для населения ЧС, необходима организация информационного процесса их прогнозирования.

В информационном процессе прогнозирования санитарно-гигиенической опасности таких специфичных ЧС предлагается использовать отечественный информационный подход, основанный на разработанной с участием автора и внедренной в Санкт-Петербурге в 2019 г. методике [8], позволяющей цифровую информацию о структуре и интенсивности транспортных потоков преобразовывать расчетным путем в информацию ожидаемого превышения расчетных значений концентраций поллютантов, соответствующих им величин ПДК_{МР} (время экспозиции 20 мин) на конкретном элементе городской УДС [4].

Модель основана на учете реального характера эксплуатации АТС в условиях городского движения на элементе УДС, включающем перекресток.

Он характеризуется тем, что условно первая часть АТС движется по разрешающему сигналу светофора, непрерывно разгоняясь и притормаживая, преодолевая исследуемый элемент УДС с некоторой средней скоростью, соответствующей сложившимся дорожным условиям. Условно вторая часть АТС, преодолевая тот же исследуемый элемент УДС, эксплуатируется согласно с методикой [8] на трех режимах:

- затормаживания по желтому сигналу светофора до полной остановки;
- ожидания разрешающего сигнала светофора (или ожидания проезда АТС, имеющих преимущества на движение). При этом двигатель внутреннего сгорания (ДВС) работает на холостых ходах без внешней нагрузки;

– разгона при покидании АТС перекрестка.

Массовую скорость поступления за 20-минутный период i -го поллютанта от потоков АТС, условно относимых к первой части $M_{L_i}^1$, г/с, в исследуемый воздушный бассейн, ограниченный длиной L , км [8] и стилизованный геометрической формой параллелепипеда (длиной $l = \frac{L}{1000}$, м; шириной b , м, определяемой расстоянием между прилегающими к магистрали зданиями; высотой h , м, определяемой высотой прилегающих к магистрали зданий), вычисляется согласно методике [8] по выражению:

$$M_{L_i}^1 = \frac{1}{1200} \sum_1^k M_{k,i}^L \cdot G_k \cdot r_{V_{k,i}},$$

где $M_{k,i}^L$ – коэффициент эмиссии i -го поллютанта k категории, г/км, берется из методики [8]; k – число категорий автомобилей: I – легковые автомобили; II – микроавтобусы и автофургоны с массой до 3,5 т; III – грузовые массой от 3,5 до 12 т; IV – грузовые массой свыше 12 т; V – автобусы массой свыше 3,5 т; G_k – реальная максимальная интенсивность движения, то есть число АТС каждой из k категорий, преодолевающих элемент УДС, через некое модельно фиксированное (условное) сечение в оговоренный учетный интервал реального времени (по условию – соответствует часам «пик» в течение суток) по всем полосам движения; $r_{V_{k,i}}$ – корректирующий коэффициент, который учитывает среднюю скорость передвижения потока АТС $V_{k,i}$ (км/ч) в выбранном направлении; определяется по методике [8].

Массовая скорость поступления i -го поллютанта за тот же 20-минутный период в тот же исследуемый воздушный бассейн от АТС, условно относимых ко второй части $M_{\Pi_i}^2$, г/сек., вычисляется согласно методике [8] по выражению:

$$M_{\Pi_i}^2 = \frac{P}{60} \sum_1^{N_{\Pi}} \sum_1^{N_{\text{гр}}} (M'_{\Pi_{i,k}} \cdot G_{k,n}),$$

где P (мин) – интервал действия сигналов светофоров, запрещающих движение АТС (в том числе желтый сигнал); N_{Π} – количество циклов включения действия сигналов светофоров, запрещающих движение АТС за 20-минутный временной период; $N_{\text{гр}}$ – число групп АТС, относимых ко второй части; $M'_{\Pi_{i,k}}$ (г/мин) – коэффициент эмиссии i -го поллютанта k категории АТС, относимых ко второй части АТС, согласно методике [8]; $G_{k,n}$ – количество АТС, относимых ко второй части и пребывающих в области перекрестка к завершению n -го цикла, запрещающего движение сигнала светофора.

Значения $M'_{\Pi_{i,k}}$ берутся из методики [8]. Они учитывают режимы эксплуатации на перекрестке двигателей АТС, относимых ко второй части АТС, а именно – торможение при подъезде к перекрестку при включении запрещающего движение сигнала светофора; холостые хода – при нахождении АТС в «очереди» перед светофором; разгон – при убытии АТС с перекрестка после включения разрешающего движение сигнала светофора.

Очевидно, что суммарная интенсивность поступления i -го поллютанта в исследуемый воздушный бассейн на перекрестке за 20-минутный период от АТС, условно относимых к первой и второй частям транспортных потоков одновременно, должна вычисляться, согласно методике [8], по выражению:

$$M_i = M_{L_i}^1 + M_{\Pi_i}^2.$$

Результаты апробации информационного процесса мониторинга чрезвычайно опасного загрязнения атмосферы поллютантами на пересечении оживленных автомагистралей в часы пик

В качестве физического объекта апробации информационного процесса было взято, репрезентативное к тенденциям современного инфраструктурного обустройства систем мониторинга движения АТС на перекрестках крупнейших городов мира [1], пересечение автомагистралей пр. Славы и ул. Софийская (рис. 2) Санкт-Петербурга (Россия). Фото объекта натурных обследований перекрестка показано на рис. 3.

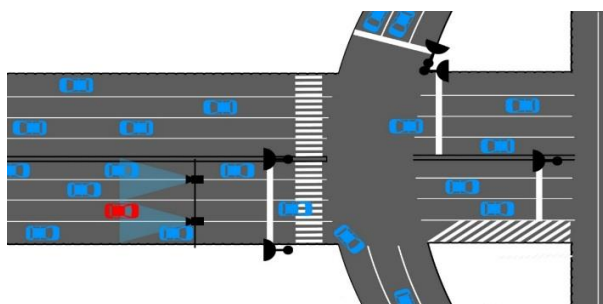


Рис. 2. Схематическое изображение размещения элементов цифровой видео фиксации (отмечены черным цветом) структуры и интенсивности движения АТС на перекрестке пр. Славы и ул. Софийской (в направлении к Южному шоссе)

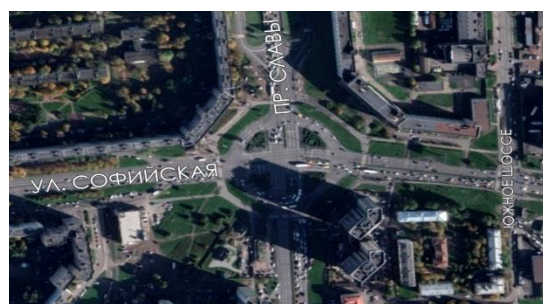


Рис. 3. Фото объекта натурных обследований (ул. Софийская; этажность прилегающих зданий – 3–16 этажей; ширина проезжей части (м) – 12; количество полос движения в каждом направлении – 4)

Параметры структуры и интенсивности движения для ранее указанных категорий АТС определялись обработкой результатов натурных обследований (фильмирования) цифровой камерой (рис. 1) по методике [8]. Результаты натурных обследований структуры и интенсивности движущихся АТС представлены в полевом журнале, оформленном по методике [8] (табл. 1).

Таблица 1. Структура и интенсивность движения АТС на пересечении ул. Софийской и пр. Славы (Санкт-Петербург, 25 июня 2021 г., 16.00–16.20)

Дата	Время	Число автомобилей по категориям							средняя скорость движения потока, км/ч		
		легко-вые	микроавтобусы и автофургоны до 3,5 т	грузовые от 3,5 до 12 т	грузовые свыше 12 т	автобусы свыше 3,5 т	легко-вые	грузо-вые	авто-бусы		
							легко-вые	грузо-вые	авто-бусы		
25.05.21	16.00-16.20	503	88	16	13	9	60	40	40		

Расчеты загрязнения воздушной среды в исследуемом воздушном бассейне на перекрестке за 20-минутный период от АТС выполнялись в соответствии с методикой [8] для следующих поллютантов, поступающих в атмосферу с отработавшими газами двигателей АТС:

- оксид углерода (CO), код 0337;
- сумма оксидов азота NOx (в пересчете на диоксид азота), код 0301;
- углеводороды (CH);
- сажа, код 0328;
- диоксид серы (SO₂), код 0330;

- формальдегид (CH₂O), код 1325;
- бенз(а)пирен (C₂₀H₁₂), код 0703.

С целью учёта метаболизма оксида азота в атмосфере и большей опасности диоксида азота, в сравнении с другими окислами азота отработавших газов, сумма окислов азота пересчитывалась на диоксид азота. В расчетах для бензиновых легковых автомобилей, автофургонов и микроавтобусов (группы I, II) применялась ПДК_{МР} по бензину (код 2704); для грузовых автомобилей и автобусов (группы III, IV, V) – ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) по керосину (код 2732) [8].

Расчитанные по разработанной методике значения интенсивности выбросов поллютантов M_i АТС на обследуемом перекрестке за 20-минутный период наблюдений представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты расчета массовой скорости поступления поллютантов от АТС в атмосферу за 20-минутный период наблюдений

Интенсивность выброса поллютантов M_i , г/сек.						
СО	NO _x (в пересчете на NO ₂)	СН	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Бенз(а)пирен
0,999	0,509	0,174	0,084	$0,223 \cdot 10^{-2}$	$0,942 \cdot 10^{-3}$	$0,656 \cdot 10^{-6}$

Как ранее было отмечено, виртуальный прогноз ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха проводится в пределах исследуемого локального воздушного бассейна в форме параллелепипеда, гипотетически «встраиваемого» в границы, прилегающих к ул. Софийской зданий с размерами: длина $l = 250$ м, ширина $b = 50$ м, $l = 250$ м, $h = 10$ м.

Допускаем, что в условиях вероятной для региона Санкт-Петербурга [4] локальной аномально-неблагоприятной метеорологической ситуации (АНМС – сочетание полного отсутствия ветровой нагрузки и приземной инверсии температуры) – процесс накопления массы поллютантов в границах исследуемого локального воздушного бассейна будет происходить в течение 20 мин. (то есть, в интервале времени, соответствующем времени проведения натурного эксперимента); а в последующие 20 мин – масса поллютантов, будет сохраняться неизменной за счет компенсации притока поллютантов их оттоком конвективной диффузией за пределы исследуемого воздушного бассейна. Иными словами, допускаем процесс миграции поллютантов в районе перекрестка в период АНМУ квазистационарным, установившимся во времени.

Для таких специфических (чрезвычайных) условий (АНМУ) становится возможным рассчитать ожидаемые значения аномальных концентраций поллютантов методами, изложенными в нормативном документе [7]. Результаты расчетов значений ожидаемых концентраций поллютантов в сравнении со значениями предельно допустимых максимальных разовых концентраций (в долях ПДК_{МР}) или со значениями ориентировочно безопасного уровня воздействия (в долях ОБУВ), приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты расчета вероятно ожидаемых при АНМУ значений концентраций поллютантов и их превышения предельно допустимых величин

Параметр	Расчетные значения концентраций (C) и превышения норм						
	СО	NO _x (в пересчете на NO ₂)	СН	Сажа (PM _{2,5})	SO ₂	Формальдегид	Бенз(а)пирен
C_i , мг/м ³	9,590	4,886	1,670	0,806	0,021	$0,904 \cdot 10^{-2}$	$6,298 \cdot 10^{-6}$
ПДК _{МР} (ОБУВ), мг/м ³	5	0,4	1	0,15	0,5	0,035	$0,15 \cdot 10^{-3}$
$\frac{C_i}{\text{ОБУВ}}$, раз	1,9	12,2	1,7	5,4	0,042	0,3	0,041

Вывод. Анализ данных табл. 3 показывает, что наибольших превышений норм на концентрации поллютантов в окрестности автомагистралей при АНМУ в часы пик транспортного движения в Санкт-Петербурге следует ожидать по NO_x (до 12,2 раза); затем, по убыванию: сажа – $\text{PM}_{2,5}$ (до 5,4 раза); CO (до 1,9 раза); летучие CH (до 1,7 раза); формальдегид (до 0,3 раза); SO_2 (до 0,042 раза); бенз(а)пирен (до 0,041 раза).

Закключение. Предложенный информационный процесс численного прогнозирования эмиссии поллютантов автотранспорта на пересечениях оживленных городских автомагистралей с контролем структуры и интенсивности транспортного потока цифровой камерой рекомендуется к использованию в качестве рабочего интеллектуального продукта («инструмента») для действующей системы мониторинга ЧС, требующей превентивных мер аварийного реагирования.

Литература

1. VOCORD Интеллектуальные транспортные системы. URL: <https://www.vocord.ru/products/vocord-traffic/> (дата обращения: 25.05.2021).
2. Liu L., Ouyang W., Wang X. [et al.]. Deep Learning for Generic Object Detection: A Survey. *Int J Comput Vis* 128, 261–318 (2020). URL: <https://doi.org/10.1007/s11263-019-01247-4> (дата обращения: 25.05.2021).
3. Christos Katrakazas, Mohammed Quddus, Wen-Hua Chen, Lipika Deka Real-time motion planning methods for autonomous on-road driving: State-of-the-art and future research directions // *Transportation Research Part C* 60 (2015) 416–442. doi: 10.1016/j.trc.2015.09.011.
4. Lozhkin V., Gavkalyk B., Lozhkina O., Evtukov S., Ginzburg G. Monitoring of extreme air pollution on ring roads with $\text{PM}_{2,5}$ soot particles considering their chemical composition (case study of Saint Petersburg) // *Transportation Research Procedia*. 2020. V. 50. Pp. 381–388.
5. Транспортное планирование и моделирование: сб. трудов V Междунар. науч.-практ. онлайн-конф. 16–17 апреля 2020 г. СПб.: Изд.-полиграф. компания «Коста», 2020. 184 с.
6. Arpad Horvath Convergence, accelerated: introducing Environmental Research: Infrastructure and Sustainability // *Environ. Res.: Infrastruct. Sustain.* 1 (2021).
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: 24.08.2021).
8. Методика определения выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от автотранспортных потоков, движущихся по автомагистралям Санкт-Петербурга (утв. распоряжением Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности от 29 янв. 2019 г. № 33-п). URL: <https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2018/08/29...pdf> (дата обращения: 24.08.2021).

References

1. VOCORD Intellectual'nye transportnye sistemy. URL: <https://www.vocord.ru/products/vocord-traffic/> (data obrashcheniya: 25.05.2021).
2. Liu L., Ouyang W., Wang X. [et al.]. Deep Learning for Generic Object Detection: A Survey. *Int J Comput Vis* 128, 261–318 (2020). URL: <https://doi.org/10.1007/s11263-019-01247-4> (data obrashcheniya: 25.05.2021).
3. Christos Katrakazas, Mohammed Quddus, Wen-Hua Chen, Lipika Deka Real-time motion planning methods for autonomous on-road driving: State-of-the-art and future research directions // *Transportation Research Part C* 60 (2015) 416–442. doi: 10.1016/j.trc.2015.09.011.
4. Lozhkin V., Gavkalyk B., Lozhkina O., Evtukov S., Ginzburg G. Monitoring of extreme air pollution on ring roads with $\text{PM}_{2,5}$ soot particles considering their chemical composition (case study of Saint Petersburg) // *Transportation Research Procedia*. 2020. V. 50. Pp. 381–388.

5. Transportnoe planirovanie i modelirovanie: sb. trudov V Mezhdunar. nauch.-prakt. onlajn-konf. 16–17 aprelya 2020 g. SPb.: Izd.-poligraf. kompaniya «Kosta», 2020. 184 s.
6. Arpad Horvath Convergence, accelerated: introducing Environmental Research: Infrastructure and Sustainability // Environ. Res.: Infrastruct. Sustain. 1 (2021).
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: 24.08.2021).
8. Metodika opredeleniya vybrosov vrednyh (zagryaznyayushchih) veshchestv v atmosferyj vozduh ot avtotransportnyh potokov, dvizhushchihsya po avtomagistralyam Sankt-Peterburga (utv. rasporyazheniem Komiteta po prirodopol'zovaniyu, ohrane okruzhayushchej sredy i obespecheniyu ekologicheskoy bezopasnosti ot 29 yanv. 2019 g. № 33-r). URL: <https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2018/08/29...pdf> (data obrashcheniya: 24.08.2021).

УДК 355/359

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

**В.В. Наумов, кандидат военных наук, профессор.
Военная академия материально-технического обеспечения
им. генерала армии А.В. Хрулева.
Е.А. Захарова.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматривается методический подход, основанный на применении моделирования, закона необходимого разнообразия и метода расстановки приоритетов, обеспечивающий проведение оценки эффективности информационно-аналитической деятельности и определение качества принимаемых решений путем качественного отбора оперативного состава, предназначенного для работы в информационно-аналитических органах управления.

Ключевые слова: орган управления, информационно-аналитическая деятельность, информационно-аналитическая задача, информационно-аналитическая система специального назначения, система поддержки и принятия решений

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF INFORMATION AND ANALYTICAL ACTIVITIES OF MANAGEMENT AGENCIES

V.V. Naumov. Military academy of logistics named after general of the army A.V. Khrulev.
E.A. Zakharova. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article examines the methodological approach based on the use of modeling along with the law of requisite variety and the prioritization method to evaluate the information and analytical activities effectiveness and to estimate the decisions made with the help of qualitative selection by operational personnel working in information and analytical management agencies.

Keywords: management agency, information and analytical activity, information and analytical task, information and analytical system for special purposes, decision support and decision-making system

В современных условиях информационно-цифрового противоборства исход фактически определяется не только возможностями сил и средств, но и тем, какая из сторон сумеет подготовить и свести свои силы и средства в систему более высокого уровня и своими упреждающими действиями снизить уровень системной организованности у противоборствующей стороны [1].

При этом анализ результатов ряда исследований в области управления и поиск возможных путей упреждающих действий сил и средств показал возможность достичь необходимого превосходства на основе повышения эффективности, прежде всего, работы органов управления (ОУ) в процессе принятия ими качественных решений.

Практическая сторона предметной области исследования показывает, что качество управления определяется тем, что в современных условиях ни одно решение на использование сил и средств не принимается без его информационно-расчетной и аналитической поддержки. В свою очередь, установлено, что качество своевременно принятого ОУ решения зависит от профессионализма оперативного состава, уровня

компетенций (знаний и умений), способностей решать поставленные перед ним задачи в установленные сроки с применением новейших информационных технологий.

Следовательно, реализация оперативным составом своих функциональных задач невозможна без организации эффективной информационно-аналитической деятельности (ИАД). Под организацией ИАД будем понимать системное единство процессов сбора, обработки и анализа информации, осуществляемых в интересах установления текущего состояния и тенденций изменения субъекта и объекта управления, среды их взаимодействия, а также в интересах синтеза прогностических моделей и прогнозов изменения ситуации в системе, образованной совокупностью субъекта и объекта управления [2].

Информационно-аналитическая деятельность ОУ представляет собой:

- с оперативной точки зрения – совокупность задач, решаемых ОУ с учетом фактической длительности цикла управления;
- с информационной точки зрения – совокупность ресурсов (информационных, аналитических, материальных), используемых ОУ при выполнении информационных процессов, с общими правилами их формирования, формализации и распространения;
- с технологической точки зрения – совокупность согласованно функционирующих средств управления, обеспечивающих межведомственное информационное взаимодействие ОУ и удовлетворение их информационно-аналитических потребностей.

При этом особую значимость в организации эффективной ИАД приобретает вопрос оценки уровня компетенций оперативного состава.

В теории управления методы определения уровня компетенций оперативного состава и их влияние на эффективность управления, в том числе на эффективность ИАД, как показали результаты ряда исследований, требуют дальнейшего развития. Суть в том, что на сегодняшний день не установлено соотношение между качеством подготовки должностных лиц и эффективностью их работы при выполнении функциональных обязанностей в области ИАД.

Возможным выходом из данного положения может быть проведение тестирования должностных лиц. Однако и его нецелесообразно брать за основу, так как это связано, во-первых, с непостоянством оперативного состава подразделений ИАД, во-вторых, должностные лица в ходе функционирования решают конкретные информационно-аналитические задачи (ИАЗ) в экстремальных условиях, в-третьих, данный способ не позволяет осуществлять прогноз и динамику качественной характеристики ОУ. Поэтому в статье был применён подход, при котором предложено рассматривать не конкретное должностное лицо из состава ОУ, осуществляющего ИАД, а абстрактного сотрудника, характеристика которого складывается из усредненных признаков его компетенций (знаний и умений).

Применение авторами данного подхода позволяет осуществить моделирование процесса оценки компетенций оперативного состава и по его результатам разработать рекомендации по отбору наиболее подготовленных специалистов для их назначения на конкретные должности в подразделения ИАД. При этом определение качественного состава подразделений ИАД осуществляется с заданным уровнем их компетенций, что позволяет обосновать мероприятия, способствующие повышению эффективности ИАД и системы их подготовки.

Практика работы информационно-аналитических органов различного ведомственного назначения показывает, что, исходя из решаемых задач, их структура должна состоять из подразделений трех типов – информационного обеспечения, аналитического обеспечения, технического обеспечения. Функционально эти подразделения осуществляют свою совместную деятельность, размещаясь на одном пункте управления, используя в своей работе возможности информационно-аналитической системы специального назначения (ИАС СН) [3].

Следует отметить, что в ходе осуществления совместной деятельности разноведомственных структур при проведении оперативных мероприятий применяется

интегрированная ИАС СН. Эти обстоятельства вызывают необходимость поиска специалистов, способных обеспечить руководство необходимыми аналитическими документами (материалами) для принятия обоснованного решения на применение сил и средств.

Следовательно, подбор показателей, предназначенных для расчета уровня компетенций, требует уточнения в соответствии с предназначением должностного лица в то или иное подразделение информационно-аналитического органа.

Разработанная авторами методика рассматривает количественные показатели оценки уровня компетенций должностных лиц и его влияние на эффективность работы подразделений ИАД посредством расчета обобщенного показателя, формируемого из множества признаков.

Принято во внимание, что показателей (признаков) компетенций оперативного состава, осуществляющего ИАД, может быть множество. При этом компетенция является обобщением ряда показателей (признаков) [4, 5].

Структурная схема взаимосвязей показателей (признаков) компетенций оперативного состава, влияющих на ИАД, показана на рисунке.

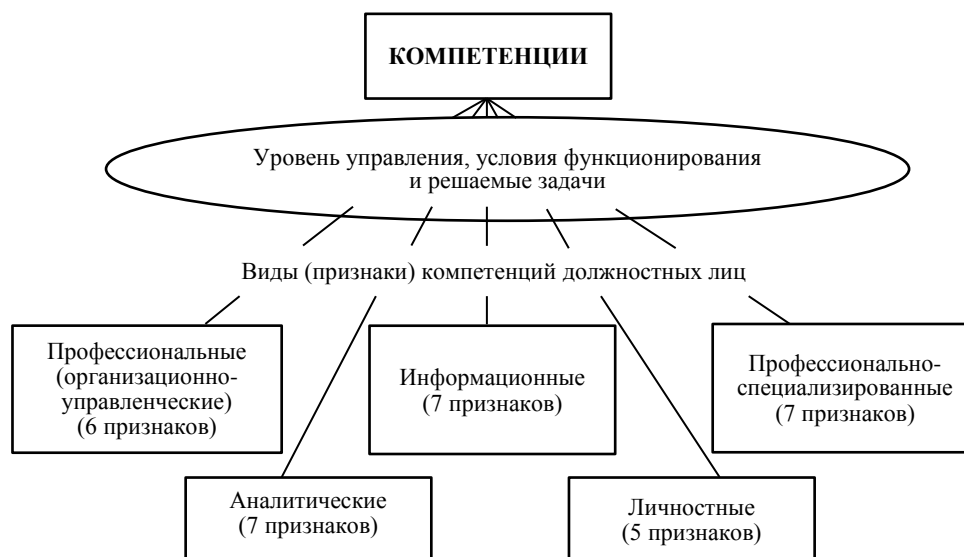


Рис. Структурная схема взаимосвязей показателей (признаков) компетенций оперативного состава, влияющих на эффективность ИАД

В работе предложено оценивание каждого кандидата проводить по пяти видам компетенций (32 признакам) [6–8]:

1. Профессиональные (организационно-управленческие):

- способность решать профессиональные задачи в конкретной должности и оценивать результаты своего труда;
- способность формализовать задачу;
- способность анализировать информацию;
- способность выявлять проблемы управленческой ситуации;
- способность самостоятельного поиска узких мест в системе на основе изучения сводок, донесений, распоряжений старшего начальника (ОУ);
- владение привычными способами (методами) работы и готовность применения новых способов (методов) работы.

2. Информационные:

- способность добывать информацию по различным каналам;
- способность переработки первичных документов и вторичной информации;

- способность осуществлять выбор способов хранения информации, степени её достоверности и полезности для решения ИАЗ;
- способность применять методики оценки, обработки и систематизации сведений, поиска, отбора и анализа фактов;
- способность преобразовывать информацию и представлять её ОУ в необходимой форме и объеме;
- владение динамической информацией в виде обратной связи;
- владение методами применения информационных технологий.

3. Аналитические:

- способность к использованию технологий системы поддержки и принятия решений (СППР), в том числе интеллектуальный анализ данных, моделирование, системы искусственного интеллекта;
- способность разрабатывать и применять алгоритмы для решения ИАЗ и подготовки аналитических материалов;
- способность анализировать состояние объектов (явлений) и обстановки;
- способность прогнозировать возможные проблемы и разрабатывать варианты их разрешения;
- способность к предвидению развития обстановки (ситуации), состояния объектов (явлений);
- способность выявлять тенденции развития ситуации;
- владение информационно-аналитическими технологиями.

4. Профессионально-специализированные:

- способность проводить вычислительные эксперименты;
- способность выполнять эксперименты по проверке корректности;
- способность выполнять эксперименты по проверке эффективности;
- способность выполнять эксперименты по проверке надежности ИАС СН;
- способность разрабатывать информационное обеспечение должностных лиц подразделений ИАД;
- способность организовывать сопряжение средств управления в составе ИАС СН;
- способность планировать разработку информационного обеспечения подразделений ИАД.

5. Личностные:

- самостоятельность и инициативность;
- умение работать в команде;
- ответственность за результат;
- познавательные навыки;
- стремление к самообразованию.

Все кандидаты предварительно оцениваются по общим 11 признакам – профессиональным и личностным, а затем по специфическим семи признакам, в зависимости от того, для какого подразделения должностное лицо предназначено (всего по 18 признакам).

Постановка задачи заключается в определении уровня компетенций должностных лиц, предназначенных для работы в информационно-аналитических органах, а также оценки их влияния на эффективность ИАД и прогноза её динамики.

Данная постановка задачи позволяет показатель компетенции представить в виде обобщенного критерия:

$$k_j^{ob} = \sum_{\substack{i=1 \\ n \in N}}^n \alpha_i k_{ji}, \quad (1)$$

где k_j^{ob} – обобщенный показатель компетенции j -го специалиста; N – множество признаков компетенции, определяющих эталонный показатель; k_{ji} – величина, характеризующая наличие i -го признака у j -го специалиста; α_i – вес i -го признака.

Отношение «взвешенной суммы» признаков компетенции к «взвешенной сумме» признаков компетенции «эталонного» сотрудника и будет являться значением уровня компетенции анализируемого специалиста – $Y_j^{ком}$:

$$Y_j^{ком} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i k_{ij}}{\sum_{i=1}^n \alpha_i k_i}.$$

Задача состоит в определении N , подмножества признаков $n_j \in N$, а также значений α_i .

Определено, что совокупность основных признаков компетенции эталонного сотрудника определяется, исходя из его предназначения. Однако требования данного характера к оперативному составу, осуществляющему ИАД, не определены. В одном случае приведенный перечень может быть излишним, а в другом потребуются введение новых признаков. Для удобства расчета осуществляется упорядочивание признаков с присвоением им порядкового номера i ($i=1, \dots, N$).

При определении n_j , данные можно получить в результате изучения личных дел и из других источников. По итогам изучения формируются матрицы $K = \|k_{ij}\|$, элементы которой означают наличие (отсутствие) признака k_i ($k_i \in N$), у j -го специалиста и равны «1», если k_{ji} ($k_i \in N$), и «0» – в противном случае.

Важной задачей является определение меры «вклада» (веса) признаков в $Y_j^{ком}$. Для этого применим метод расстановки приоритетов [9], позволяющий получить устойчивую матрицу $A = \|a_i\|$.

Формулу (1) запишем в матричной форме:

$$\|k_{ji}\| \times \|a_i\| = \|k_j^{ob}\|.$$

Тогда зависимость для определения величины обобщенного показателя компетенции эталонного специалиста k_j^{ob} примет вид:

$$\|k_i\| \times \|a_i\| = k_j^{ob}. \quad (2)$$

С учетом (2) итоговые расчеты сведутся к вычислениям по формуле:

$$\|Y_j^{ком}\| = \frac{\|k_j^{ob}\|}{k_j^{ob}}. \quad (3)$$

Анализ исследований показал, что существует некоторая средняя величина профессиональных способностей в пределах признаков компетенций, отклонение от которой описывается нормальным законом распределения. Поэтому можно предположить, что случайная величина k_{ji} – показатель компетенции j -го специалиста по i признаку принимает значение от «0» до «1», а эталонного от 0,5 до 1 (то есть его способности выше среднего

уровня), тогда в соответствии с формулой (3) величина $Y_j^{ком}$ является двумерной случайной величиной, распределение которой отлично от нормального.

При этом предложено использовать статистический подход к решению данной задачи на основе моделирования.

Для расчета $Y_j^{ком}$ в одной реализации необходимо:

1) используя специальную процедуру, разыграть для всех ненулевых элементов матрицы $K = \|k_{ji}\|$ численные значения признаков. В результате, получим матрицу $\tilde{K} = \|\tilde{k}_{ji}\|$, а её элементами будут показатели компетенции специалистов по каждому из признаков;

2) перемножить матрицу \tilde{K} на вектор-столбец $A = \|a_{ij}\|$, получим $\tilde{K}^{об} = \|\tilde{k}_j^{об}\|$, где $\tilde{k}_j^{об}$ – величина обобщенного показателя компетенции j -го специалиста в данной реализации;

3) смоделировать значения признаков для эталонного специалиста и получить матрицу $\|\tilde{k}_i\|$;

4) рассчитать обобщенный показатель эталонного специалиста:

$$\tilde{k}_i^{об} = \|\tilde{k}_i\| \times \|a_i\|;$$

5) по отношению (3) определить $Y_j^{ком}$.

В результате испытаний определяются статистические характеристики $Y_j^{ком}$.

При этом значение i -го признака определяется по формуле [10]:

$$\tilde{k}_i = \sigma_i x_i + \bar{k}_i$$

где \bar{k}_i – математическое ожидание i -го признака ($\bar{k}_i = 0,5$ для j -го и $0,75$ для эталонного специалиста); σ_i – среднеквадратическое отклонение показателя по i признаку ($\sigma_i = 0,16$ для j -го и $0,08$ для эталонного специалиста); x_i – возможное значение нормированной нормальной величины:

$$x_i = \sum_{z=1}^{12} R_z - 6.$$

Предложенный подход, основанный на экспертной квалиметрии, удобен в работе по оцениванию уровня компетенции специалистов, что позволяет осуществить качественный отбор наиболее подготовленных, обладающих необходимыми и достаточными знаниями, умениями выполнять работу в области ИАД для последующего обоснования состава подразделений данного ОУ.

Далее перейдем к решению задачи, которая заключается в определении влияния уровня компетенций специалистов на эффективность информационно-аналитической деятельности подразделений и ОУ в целом.

Анализ исследований показал, что существует связь между наличием времени и качеством решения, то есть математическое описание систем с такими свойствами выглядит следующим образом [10]:

$$H(t) = \exp\left(-\frac{\mu}{t}\right),$$

где t – время от получения задачи до принятия решения; μ – постоянная величина, характеризующая качество решения.

Рассмотрим параметр μ .

В соответствии с законом необходимого разнообразия У.Р. Эшби производительность труда в управлении пропорциональна способностям сотрудников. Тогда величину μ можно интерпретировать как непроизводительные затраты времени (в течение одного часа), обусловленные его недостаточной компетенцией и определить по выражению:

$$\mu_i = 1 - Y_j^{ком},$$

В связи с тем, что оперативный состав, как правило, принимает решения в условиях *min* времени, предложено задавать его требуемое качество соотношением:

$$\exp\left(\frac{-\mu_3}{T_{дир}}\right) = \exp\left(\frac{-\mu_j}{q_j T_{дир}}\right), \quad (4)$$

где левая часть – заданное качество решения; μ_3 – потери времени эталонного специалиста в течение одного часа ($\mu_3 \leq 0,1 \dots 0,2$); $T_{дир}$ – директивное время принятия решения; q_j – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты времени j -го исполнителя для выработки решений требуемого качества.

После преобразования (4) формула расчета q_j примет вид:

$$q_j = \frac{\mu_j}{\mu_3}.$$

Расчет фактического времени выработки решения можно произвести с применением формулы:

$$t_j = \frac{\mu_j}{\mu_3} T_{дир}.$$

Кроме того, следует учесть, что специалист постоянно занимается самообучением, участвует в мероприятиях оперативной работы, и при этом рост его профессионализма имеет экспоненциальный характер:

$$t_j = \frac{\mu_j \exp(\tau_j T_{кву})}{\mu_3} T_{дир},$$

где τ_j – время работы j -го должностного лица в должности (опыт оперативной работы, учения); $T_{кву}$ – время приобретения навыков оперативной работы.

Следует учесть, что на время принятия решений влияет и степень слаженности подразделения $T_{слаж}$, что может быть учтено через μ . Для этого воспользуемся предположением об экспоненциальности изменения μ_j в зависимости от опыта работы τ_j . При среднем времени $T_{слаж}$ выражение для определения μ_j будет иметь вид:

$$\mu_j = \mu_j^0 \exp\left(-\frac{\tau_j}{T_{слаж}}\right),$$

где μ_j^0 – величина непроизводительных затрат времени при $\tau_j = 0$.

Итоговая зависимость для расчета времени принятия решения примет вид:

$$t_j = \frac{\mu_j \exp\left(-\frac{\tau_j T_{\text{слож}} + \tau'_j T_{\text{кту}}}{T_{\text{слож}} T_{\text{кту}}}\right)}{\mu_0} T_{\text{дир}}. \quad (5)$$

Формула (5) – модель, применение которой позволяет оценить эффективность информационно-аналитической деятельности ОУ при работе в экстремальных условиях с учетом сложности решаемых задач (изменения величины $T_{\text{дир}}$).

Кроме того, данная модель обеспечивает возможность руководству осуществить качественный отбор специалистов с требуемыми компетенциями.

Однако практика показывает, что отбор специалистов в информационно-аналитические органы связан с рядом трудностей. Это, прежде всего, их нехватка в связи с недостаточностью подготавливаемых вузами специалистов-аналитиков для силовых структур. Если для подразделений информационного и технического обеспечения можно без особого труда найти должностных лиц, способных осуществлять информационную деятельность, эксплуатацию и обслуживание средств автоматизации, то аналитики – это специфическая, узкая специализация, требующая особой подготовки и умения применять свои знания в конкретном ОУ.

То есть налицо наличие противоречия между потребностью в специалистах для информационно-аналитических органов и недостаточностью, а точнее катастрофической нехваткой данных специалистов в связи с проблемами в системе их подготовки. Выход из сложившегося положения и разрешение данного противоречия видится в совершенствовании института переподготовки (повышения квалификации) в ведомственных академиях, университетах, институтах, осуществляющих подготовку по дисциплине «Основы информационно-аналитической работы». Качественная подготовка специалистов-аналитиков позволит обеспечить ОУ сотрудниками с требуемыми компетенциями, способными решать специфические задачи с применением информационно-аналитических систем специального назначения.

Таким образом, разработанная методика имеет теоретическую и практическую ценность. В теоретическом плане она обладает важным значением для развития теории управления в области оценки и повышения качества работы органов управления, осуществляющих ИАД. В практической деятельности ОУ применение методики способствует повышению эффективности системы подготовки специалистов-аналитиков, а также качественному отбору оперативного состава с требуемыми компетенциями, соответствующими условиям их функционирования и обеспечивающих принятие качественных решений на применение сил и средств.

Литература

1. Герасимов В.В. Векторы развития военной стратегии // Красная звезда. 2019. № 24. URL: <http://redstar.ru/vektori-razvitiya-voennoi-strategii> (дата обращения: 23.08.2021).
2. Цельковских А.А., Наумов В.В. Концептуальные подходы организации информационно-аналитической деятельности органов военного управления // Вестник академии военных наук. 2020. 1 (70). 14 с.
3. Наумов В.В. Актуальные вопросы построения комплекса моделей и методов информационно-аналитической поддержки системы управления специального назначения // Наука и АСУ – 2018: сб. тезисов Всерос. науч.-техн. конф. по теоретическим и прикладным проблемам развития и совершенствования АСУ СН. М.: ОАО «НПО «Ангстрем», 2018. 8 с.
4. Белова Е.Н. Управленческая компетенция руководителя: монография. Красноярск: КГУ, 2018. 273 с.

5. Заика М.М. Оценка уровня развития компетенций персонала в корпоративной системе управления знаниями: дис. ... канд. экон. наук. М., 2019.
6. Данилина А.С., Здрестова-Захаренкова С.В., Федорова О.М. Основы профессиональной компетенции: учеб. пособие. Красноярск: СФУ, 2016.
7. Блюмин А.М., Феоктистов Н.А. Мировые информационные ресурсы: учеб. пособие для бакалавров. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд.-торг. корпорация «Дашков и К», 2018. 384 с.
8. Дейнека А.В. Управление персоналом: учеб. М.: Дашков и К, 2017. 292 с.
9. Шушерин В.В., Кортков С.В., Зеткин А.С. Средства и методы управления качеством: учеб. пособие. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2016. 202 с.
10. Бирюкова Л.Г., Бобрик Г.И., Матвеев В.И. Теория вероятности и математическая статистика: учеб. пособие. М.: Инфо-М, 2019. 160 с.

References

1. Gerasimov V.V. Vektory razvitiya voennoj strategii // Krasnaya zvezda. 2019. № 24. URL: <http://redstar.ru/vektori-razvitiya-voennoi-strategii> (data obrashcheniya: 23.08.2021).
2. Celykovskih A.A., Naumov V.V. Konceptual'nye podhody organizacii informacionno-analiticheskoy deyatel'nosti organov voennogo upravleniya // Vestnik akademii voennyh nauk. 2020. 1 (70). 14 s.
3. Naumov V.V. Aktual'nye voprosy postroeniya kompleksa modelej i metodov informacionno-analiticheskoy podderzhki sistemy upravleniya special'nogo naznacheniya // Nauka i ASU – 2018: sb. tezisov Vseros. nauch.-tekhn. konf. po teoreticheskim i prikladnym problemam razvitiya i sovershenstvovaniya ASU SN. M.: OAO «NPO «Angstrem», 2018. 8 s.
4. Belova E.N. Upravlencheskaya kompetenciya rukovoditelya: monografiya. Krasnoyarsk: KGU, 2018. 273 s.
5. Zaika M.M. Ocenka urovnya razvitiya kompetencij personala v korporativnoj sisteme upravleniya znaniyami: dis. ... kand. ekon. nauk. M., 2019.
6. Danilina A.S., Zdrestova-Zaharenkova S.V., Fedorova O.M. Osnovy professional'noj kompetencii: ucheb. posobie. Krasnoyarsk: SFU, 2016.
7. Blyumin A.M., Feoktistov N.A. Mirovye informacionnye resursy: ucheb. posobie dlya bakalavrov. 3-e izd., pererab. i dop. M.: Izd.-torg. korporaciya «Dashkov i K», 2018. 384 s.
8. Dejneka A.V. Upravlenie personalom: ucheb. M.: Dashkov i K, 2017. 292 s.
9. Shusherin V.V., Kortov S.V., Zetkin A.S. Sredstva i metody upravleniya kachestvom: ucheb. posobie. Ekaterinburg: GOU VPO UGTU – UPI, 2016. 202 s.
10. Biryukova L.G., Bobrik G.I., Matveev V.I. Teoriya veroyatnosti i matematicheskaya statistika: ucheb. posobie. M.: Info-M, 2019. 160 s.

УДК 630*43

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ПАТРУЛИРОВАНИЯ ДЕЙСТВУЮЩИХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ЗАДАННОМ РАЙОНЕ

**В.Б. Вилков, кандидат физико-математических наук.
Военная академия материально-технического обеспечения
им. генерала армии А.В. Хрулева.**

Е.Е. Горшкова;

А.К. Черных, доктор технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматривается задача нахождения оптимального по затратам времени маршрута патрулирования действующих лесных пожаров в заданном районе с целью оперативной подготовки данных, необходимых для принятия обоснованного решения при организации тушения лесных пожаров. Предлагается метод её решения, использующий теорию нечетких множеств, нечеткую логику (идеи Заде – Беллмана), постановку и методы решения задачи коммивояжера. Приведён пример, иллюстрирующий применение предложенного алгоритма для решения рассматриваемой задачи.

Ключевые слова: лесной пожар, охрана лесов от пожаров, авиационная разведка пожаров, нечеткое множество, нечеткая логика, нечеткая задача математического программирования, задача коммивояжера

SOLVING THE PROBLEM OF FINDING THE OPTIMAL ROUTE FOR PATROLLING ACTIVE FOREST FIRES IN A GIVEN AREA

V.B. Vilkov. Military academy of logistics named after army general A.V. Khrulev.

E.E. Gorschkova; A.K. Chernykh.

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

The article deals with the problem of finding the optimal time - consuming route for patrolling active forest fires in a given area, in order to quickly prepare the data necessary for making an informed decision when organizing forest fire extinguishing. A method for solving it is proposed that uses the theory of fuzzy sets, fuzzy logic (ideas of Zadeh – Bellman), the formulation and methods for solving the traveling salesman problem. An example is given to illustrate the application of the proposed algorithm to solve the problem under consideration.

Keywords: forest fire, forest fire protection, aviation fire reconnaissance, fuzzy set, fuzzy logic, fuzzy mathematical programming problem, traveling salesman problem

В Федеральном законе от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ (в ред. от 22 декабря 2020 г.) «О пожарной безопасности» дано понятие лесного пожара как вида ландшафтного (природного) пожара, распространившегося по лесу. Тушение лесного пожара с использованием авиации направлено на снижение горения на кромке лесного пожара для обеспечения условий тушения на земле подразделениям пожарной охраны. Тушение лесных пожаров с использованием авиации происходит в обязательном взаимодействии руководителя наземных пожарных формирований с экипажем самолета или вертолета.

В процессе охраны лесов от пожаров, для последующего принятия обоснованного решения на распределение имеющихся сил и средств по очагам возгорания, осуществляется ежесуточный облёт имеющихся очагов пожаров с целью передачи должностным лицам,

осуществляющим выработку решения при организации тушения пожара, необходимых данных и оказания помощи личному составу, участвующему в тушении пожара. При организации патрулирования возникает задача выбора маршрута облёта очагов пожаров, при этом руководитель тушения пожара, естественно, стремится к уменьшению суммарных затрат времени на указанное патрулирование. Если известны точные затраты времени на перелёт до очередного очага пожара и на его контрольный облёт (разведку) с целью определения размера пожара, его интенсивности и т.д., то при не очень большом числе пожаров задача может быть успешно решена как задача коммивояжера [1–3]. Однако на практике точные значения указанных затрат, как правило, неизвестны. Они заданы нечетко, носят нечеткий, расплывчатый характер. В рассматриваемой работе значения этих затрат задаются с помощью нечетких чисел [4–14].

Сформулируем вербальную постановку рассматриваемой задачи.

Имеется множество $V = \{v_0, v_1, v_2, \dots, v_n\}$ – множество рассматриваемых пунктов (v_0 – взлетно-посадочная площадка, остальные пункты – пункты возгорания). Обозначим через t_{ij} , $i, j = 1, 2, \dots, n$ затраты времени на перелёт из пункта v_i в пункт v_j , включая затраты времени на контрольный облёт пожара в пункте v_j .

Требуется найти маршрут облёта всех точек возгорания, начинающийся и заканчивающийся в пункте v_0 , проходящий в точности по одному разу через каждый промежуточный пункт, и степень уверенности в значении временных затрат маршрута, эффективность которого будет максимальной.

Так как исходим из того, что затраты времени на различные перелёты носят нечеткий характер, то для их задания потребуются элементы теории нечетких множеств и нечеткой логики, основоположником которой является Л. Заде [6].

Поскольку любая система управления, используемая в МЧС России, может быть аппроксимирована системой, реализованной на основе теории нечетких множеств и нечеткой логики, то предлагаемый подход к решению задачи нахождения оптимального по затратам времени маршрута патрулирования действующих лесных пожаров, по мнению авторов, является актуальным.

Приведем необходимые для дальнейшего изложения понятия [10, 11, 14]. Нечетким множеством \hat{A} на универсальном множестве U называется совокупность пар $(\mu_{\hat{A}}(u), u)$, где $\mu_{\hat{A}}(u)$ – функция принадлежности (степень принадлежности, степень уверенности, надёжность), которая указывает степень принадлежности произвольного элемента универсального множества к нечеткому множеству \hat{A} .

Следуя работам [7, 12], определим необходимые понятия нечеткой логики.

Будем обозначать нечеткие переменные высказывания вида « u является элементом нечеткого множества \tilde{A} » через \tilde{A} , а функцию принадлежности, задающую истинностные значения этого переменного высказывания, через $\mu_{\tilde{A}}(u)$, $u \in U$.

Пусть функция принадлежности, задающая истинностное значение логического высказывания \tilde{A} – $\mu_{\tilde{A}}(u)$, $u \in U$, а логического высказывания \tilde{B} – $\mu_{\tilde{B}}(u)$, $u \in U$.

Тогда нечеткие логические операции И (\wedge) и ИЛИ (\vee) по аналогии с теоретико-множественными операциями объединения и пересечения выполняются по правилам:

$$\mu_{\tilde{A} \wedge \tilde{B}}(u) = \min \{ \mu_{\tilde{A}}(u), \mu_{\tilde{B}}(u) \}; \quad (1)$$

$$\mu_{\tilde{A} \vee \tilde{B}}(u) = \max \{ \mu_{\tilde{A}}(u), \mu_{\tilde{B}}(u) \}.$$

Если универсальное множество представлено числовой осью, то нечеткое множество называют нечеткой величиной. Если при этом функция принадлежности нечеткой величины непрерывна и выпукла, то нечеткую величину называют нечетким числом. Часто при решении практических задач используются треугольные нечеткие числа, являющиеся, по существу, линейным приближением нечетких чисел более сложного вида. В дальнейшем будем использовать такого типа линейные приближения.

Треугольным нечетким числом \hat{A} называется тройка $\langle a; b; c \rangle$, $a \leq b \leq c$ действительных чисел, через которые его функция принадлежности $\mu_{\hat{A}}(u)$ в случае, когда $a < b < c$, определяется следующим образом:

$$\mu_{\hat{A}}(u) = \begin{cases} \frac{u-a}{b-a}, & \text{если } u \in [a, b], \\ \frac{u-c}{b-c}, & \text{если } u \in [b, c], \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (2)$$

При этом число b определяют как моду или как четкое значение тройки $\langle a; b; c \rangle$ – нечеткого треугольного числа. Числа a и c характеризуют степень размытости (нечеткости) четкого числа.

Приведем известную постановку задачи коммивояжера [1–3].

Имеется сеть дорог, соединяющая несколько пунктов. Требуется найти маршрут, начинающийся и заканчивающийся в одном и том же пункте, проходящий по одному разу через каждый из этих пунктов и требующий минимальных суммарных затрат на проезд по нему. Под суммарными затратами при движении по маршруту можно понимать его длину, время движения по нему, расход горючего и т.п. Известны затраты f_{ij} на переезд из пункта i в пункт j , $i, j = 1, 2, \dots, n$. Если дороги, соединяющей пункты i и j , нет, то будем считать, что $f_{ij} = M$, где M – достаточно большое число, большое настолько, что

использование переезда из i в j заведомо не выгодно, например, $M > \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n f_{ij}$.

В данном случае сеть дорог – это совокупность разрешенных для полета направлений, соединяющих пункты из множества $V = \{v_0, v_1, v_2, \dots, v_n\}$, а t_{ij} , как уже ранее отмечалось, затраты времени на перелёт из пункта v_i в пункт v_j плюс затраты времени на контрольный облёт пожара в пункте v_j .

Тогда математической моделью задачи коммивояжера является следующая задача математического программирования:

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n t_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \\ x_{ij} \in \{0; 1\}, \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j = 0, 1, 2, \dots, n, \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i = 0, 1, 2, \dots, n. \end{cases} \quad (3)$$

Заметим, что $x_{ij} = 1$, если рассматриваемый маршрут содержит направление, соединяющее пункты i и j , и $x_{ij} = 0$ в противном случае. Таким образом, каждому маршруту, удовлетворяющему перечисленным ранее условиям, соответствует своя матрица X и, наоборот, матрице, элементы которой удовлетворяют условиям задачи (3), соответствует свой маршрут. Поэтому под допустимым планом (решением) в задаче (3) часто будем понимать (и обозначать) матрицу:

$$X = \begin{pmatrix} x_{00} & x_{01} & \cdots & x_{0n} \\ x_{10} & x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n0} & x_{n1} & \cdots & x_{nn} \end{pmatrix},$$

имея в виду, что для ее элементов выполнены условия задачи (3).

Будем исходить из того, что затраты времени t_{ij} , $i, j = 0, 1, 2, \dots, n$ задаются нечеткими треугольными числами $\hat{T}_{ij} = \langle a_{ij}, b_{ij}, c_{ij} \rangle$ с функциями принадлежности $\mu_{ij}^{\hat{T}}(t)$, $t \in [0, T]$ (рис.).

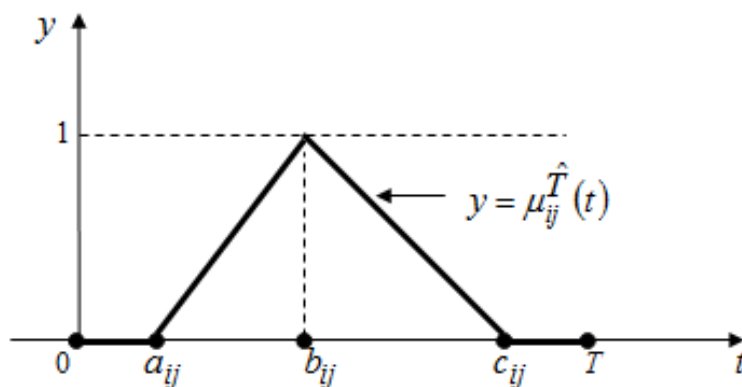


Рис. График функции принадлежности нечеткого числа $\hat{T}_{ij} = \langle a_{ij}, b_{ij}, c_{ij} \rangle$

Здесь T — максимальное время нахождения вертолета в воздухе без дозаправки. Под $\mu_{ij}^{\hat{T}}(t)$ будем понимать степень уверенности в том, что затраты времени на перелёт

из пункта i в пункт j и на контрольный облёт пункта j равны t (степень истинности нечеткого высказывания «затраты времени на перелёт из пункта i в пункт j и на контрольный облёт пункта j равны t »).

Отметим одно важное для дальнейшего свойство нечеткого числа $\hat{A} = \langle a, b, c \rangle$. Пусть α некоторое число из интервала $(0, 1)$. Из определения нечеткого треугольного числа (формула (2) следует, что этому α соответствуют такие числа z_1 и z_2 , что $\mu_{\hat{A}}(z_1) = \mu_{\hat{A}}(z_2)$, и при этом одно из них, пусть для определенности z_1 , лежит в интервале (a, b) , другое (z_2) – в интервале (b, c) .

Пусть затраты времени на направлении от v_i к v_j равны t_{ij} , тогда набор этих значений для всех направлений представим матрицей Z :

$$Z = \left\| t_{ij} \right\|_{i,j=0}^{n,n}.$$

Обозначим:

$$\mu(Z) = \min_{i,j \in \{0,1,\dots,n\}} \mu_{ij}^{\hat{t}}(t_{ij}).$$

Через T^{\max} обозначим оптимальное значение целевой функции задачи (3) в случае, когда затраты времени при движении по каждому из направлений равны b_{ij} , $i, j = 0, 1, \dots, n$. Как уже отмечалось, заданному значению функции принадлежности (кроме значения единица) для t_{ij} соответствуют два значения времени – одно больше b_{ij} , другое меньше. Так как нас интересует минимум затрат времени, то будем использовать меньшее из этих двух значений, не превосходящее b_{ij} . Через T^{\min} обозначим оптимальное значение целевой функции задачи (3) в случае, когда затраты времени при движении по каждому направлению минимальны, то есть равны a_{ij} , $i, j = 0, 1, \dots, n$.

Эффективность плана X будем характеризовать величиной:

$$S^{\alpha}(X) = \min_{Z: \mu(Z)=\alpha} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n x_{ij} t_{ij}.$$

Через $Z(\alpha, X)$ обозначим такую матрицу $\left\| t_{ij}(\alpha, X) \right\|_{i,j=0}^{n,n}$ значений затрат времени на направлениях, что:

$$\min_{Z: \mu(Z)=\alpha} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n x_{ij} t_{ij} = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n x_{ij} t_{ij}(\alpha, X).$$

В качестве показателя $\mu_{\text{эф}}^{Z(\alpha, X)}(X)$ уверенности в том, что план X эффективен (степени истинности нечеткого высказывания «план X эффективен») предлагается использовать нормированное значение показателя $S^{\alpha}(X)$:

$$\mu_{\text{эф}}^{Z(\alpha, X)}(X) = \frac{T^{\max} - S^{\alpha}(X)}{T^{\max} - T^{\min}}.$$

Опираясь на идеи Р. Беллмана и Л. Заде [11, 12], решением задачи коммивояжера с нечеткими временами движения по направлениям будем считать маршрут, для которого степень уверенности $\mu_d(X, Z(\alpha, X))$ в значениях временных затрат на его направлениях ($\mu(Z)$) и его эффективности ($\mu_{эф}^{Z(\alpha, X)}(X)$) максимальна. С учетом сказанного и формулы (1):

$$\mu_d(X, Z(\alpha, X)) = \min \left\{ \mu_{эф}^{Z(\alpha, X)}(X), \mu(Z(\alpha, X)) \right\}.$$

Значение этой функции выражает степень уверенности в том, что матрицей значений затрат времени на направлениях будет матрица $Z(\alpha, X)$ и маршрут, задаваемый матрицей X , эффективен.

Тогда решением задачи (3) с нечеткими временными характеристиками следует считать решение задачи:

$$\begin{cases} \mu_d(X, Z(\alpha, X)) \rightarrow \max, \\ x_{ij} \in \{0; 1\}, \\ \sum_{i=0}^n x_{ij} = 1, j = 0, 1, \dots, n, \\ \sum_{j=0}^n x_{ij} = 1, i = 0, 1, \dots, n. \end{cases} \quad (4)$$

Используя результаты, полученные в работе [14], при рассмотрении задачи о загрузке транспортного средства штучными грузами, решение задачи (4) может быть получено с помощью предложенного далее алгоритма.

Представим вербальное описание алгоритма.

Решаем последовательность задач (3) с разными уровнями значений функции принадлежности временных показателей. Эти уровни берутся с определенным шагом h , зависящим от требуемой точности. При решении задачи на k шаге ($k = 0, 1, 2, \dots, M, hM = 1$) уровни значений указанной функции принадлежности полагаем равными kh и находим такие значения t_{ij} нечетких чисел \hat{T}_{ij} , что $\mu_{\hat{T}_{ij}}(t_{ij}) = kh$.

Решаем с полученными значениями задачу коммивояжера (3), вычисляем значение целевой функции задачи (4). Из полученных на выполненных шагах оптимальных значений целевой функции выбираем максимальное значение, соответствующий оптимальный план предлагается использовать в качестве решения рассматриваемой задачи.

Пример. В районе, находящемся в зоне ответственности данного подразделения авиационной охраны лесов от пожара, находятся три действующих очага пожаров, находящихся в пунктах v_1, v_2, v_3 . Пункт, где расположен аэродром, будем обозначать v_0 . Требуется определить наилучший вариант облёта этих очагов, при этом предполагается, что затраты времени $t_{ij}, i, j = 0, 1, 2, 3$ на перелёт по направлениям из пункта v_i в пункт v_j и на облёт v_j задаются нечеткими числами $\langle a_{ij}, b_{ij}, c_{ij} \rangle$ (табл. 1). Показателем качества маршрута является степень уверенности в том, что он «близок» к маршруту, оптимальному по затратам времени и степени уверенности в значениях временных затрат на используемых направлениях.

Таблица 1. Нечеткие числа $\hat{T}_{ij} = \langle a_{ij}, b_{ij}, c_{ij} \rangle$ (мин)

$v_j \backslash v_i$	v_0	v_1	v_2	v_3
v_0	–	$\langle 20, 23, 35 \rangle$	$\langle 30, 37, 49 \rangle$	$\langle 40, 45, 55 \rangle$
v_1	$\langle 10, 20, 30 \rangle$	–	$\langle 15, 22, 30 \rangle$	$\langle 20, 25, 33 \rangle$
v_2	$\langle 25, 30, 40 \rangle$	$\langle 15, 18, 30 \rangle$	–	$\langle 20, 25, 35 \rangle$
v_3	$\langle 30, 40, 50 \rangle$	$\langle 20, 23, 35 \rangle$	$\langle 25, 27, 32 \rangle$	–

В табл. 2 представлены затраты времени по направлениям при соответствующих значениях их надёжностей.

Таблица 2. Затраты времени t_{ij} при значениях надёжности, равных kh

t_{ij}	kh											
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
t_{01}	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,1	22,4	22,7	23,0	
t_{02}	30,0	30,7	31,4	32,1	32,8	33,5	34,2	34,9	35,6	36,3	37,0	
t_{03}	40,0	40,5	41,0	41,5	42,0	42,5	43,0	43,5	44,0	44,5	45,0	
t_{10}	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	
t_{12}	15,0	15,7	16,4	17,1	17,8	18,5	19,2	19,9	20,6	21,3	22,0	
t_{13}	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	
t_{20}	25,0	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	29,5	30,0	
t_{21}	15,0	15,3	15,6	15,9	16,2	16,5	16,8	17,1	17,4	17,7	18,0	
t_{23}	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0	
t_{30}	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	37,0	38,0	39,0	40,0	
t_{31}	20,0	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8	22,1	22,4	22,7	23,0	
t_{32}	25,0	25,2	25,4	25,6	25,8	26,0	26,2	26,4	26,6	26,8	27,0	

Замечание: заданному значению функции принадлежности (кроме значения единица) для t_{ij} соответствуют два значения времени – одно больше b_{ij} , другое меньше. Так как нас интересует минимум затрат времени, то будем использовать меньшее из этих двух значений.

Результаты реализации предложенного алгоритма представлены в табл. 3.

Графы 3–8 заполняются на основании решения соответствующих задач коммивояжера (с затратами времени из табл. 2).

В графе 9 указываем степень уверенности в том, что маршрут X эффективен, его элементы вычисляются по формуле:

$$\mu_{эф}^{\Xi(\alpha, X)}(X) = \frac{T^{\max} - S^{\alpha}(X)}{T^{\max} - T^{\min}}.$$

Для данного примера $T^{\min} = 80$ (первая строка табл. 3), $T^{\max} = 105$ (11 строка).

Таблица 3. Результаты реализации алгоритма

№ стр.	$\mu(Z(\alpha, X))$	Порядок вершин в оптимальном маршруте X					Затраты времени $S^\alpha(X)$	$\mu_{эф}^{Z(\alpha, X)}(X)$
		3	4	5	6	7		
1	0,0	0	2	3	1	0	80,0	1,00
2	0,1	0	2	3	1	0	82,5	0,90
3	0,2	0	2	3	1	0	85,0	0,80
4	0,3	0	2	3	1	0	87,5	0,70
5	0,4	0	2	3	1	0	90,0	0,60
6	0,5	0	2	3	1	0	92,5	0,50
7	0,6	0	2	3	1	0	95,0	0,40
8	0,7	0	2	3	1	0	97,5	0,30
9	0,8	0	1	3	2	0	102,0	0,12
10	0,9	0	1	3	2	0	103,5	0,06
11	1,0	0	1	3	2	0	105,0	0,00

Для вычисления оптимального значения показателя $\mu_d(X, Z(\alpha, X))$ (значения целевой функции задачи (4) находим строку в табл. 3, в которой меньшее из значений ее второй и девятой граф максимально. Клетки этой строки содержат всю необходимую информацию о решении сформулированной в начале статьи задачи.

Для рассматриваемого примера искомое значение находится в шестой строке табл. 3 и равно 0,5. При этом предлагается использовать маршрут, проходящий через пункты 0, 2, 3, 1, 0.

Таким образом, уверенность в том, что на облёт и контрольный осмотр всех пожаров и возвращение в аэропорт вылета хватит 92,5 мин., составляет 0,5, и при том с такой же уверенностью оказывается, что этот маршрут эффективен.

Таким образом, в рамках принятия решения на тушение лесных пожаров возможно формирование следующих элементов решения, вырабатываемого при организации тушения лесных пожаров.

В заключение отметим, что достоинством метода является то, что он прост в вычислительном отношении и даёт возможность лицу, принимающему решение, на организацию тушения пожаров посмотреть с новой точки зрения, что очень полезно для углубления степени понимания им рассматриваемой ситуации, что, несомненно, позволит упростить процесс выработки решения [15].

Литература

1. Основы математического моделирования / А.З. Кривошеев [и др.]. СПб.: ВАТТ, 1996.
2. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. М.: Мир, 1974.
3. Вагнер Г. Основы исследования операций. М.: Мир, 1972. Т. 2.
4. Vilkov V.B., Shcherbakova O.I., Chernykh A.K., Andreev V.P., Khudyakova T.L., Kazakova S.N. The choice of an optimal methodology for the retraining organization of psychologists based on the use of mathematical methods // Espacios. 2018. Т. 39. № 20. С. 16.
5. Вилков В.Б., Флегонтов А.В., Черных А.К. Математическая модель задачи о распределении в условиях неопределенности // Дифференциальные уравнения и процессы управления. 2018. № 2. С. 180–191.
6. Zadeh L.A. Fuzzy sets. Information and Control. 1965. Vol. 8. P. 338–353.

7. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 2001.
8. Оценка эффективности принятия решений по повышению пожарной безопасности на открытых автостоянках / Ю.Д. Моторыгин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 1. С. 25–31.
9. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982.
10. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети. М.: Бином, 2006.
11. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
12. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981.
13. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / под ред. Д.А. Пospelova. М.: Наука, гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.
14. Флегонтов А.В., Вилков В.Б., Черных А.К. Моделирование задач принятия решений при нечетких исходных данных: монография. СПб., 2020.
15. Крутолапов А.С., Горшкова Е.Е. ИТМ ГО ЧС, мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций пожарной безопасности в документах территориального планирования // Безопасность в чрезвычайных ситуациях: сб. науч. трудов Всерос. науч.-практ. конф. СПб.: СПб гос. политехн. ун-т Петра Великого, 2015.

References

1. Osnovy matematicheskogo modelirovaniya / A.Z. Krivosheev [i dr.]. SPb.: VATT, 1996.
2. Hu T. Celochislennoe programmirovaniye i potoki v setyah. M.: Mir, 1974.
3. Vagner G. Osnovy issledovaniya operacij. M.: Mir, 1972. T. 2.
4. Vilkov V.B., Shcherbakova O.I., Chernykh A.K., Andreev V.P., Khudyakova T.L., Kazakova S.N. The choice of an optimal methodology for the retraining organization of psychologists based on the use of mathematical methods // Espacios. 2018. T. 39. № 20. S. 16.
5. Vilkov V.B., Flegontov A.V., Chernykh A.K. Matematicheskaya model' zadachi o raspredelenii v usloviyah neopredelennosti // Differentsial'nye uravneniya i processy upravleniya. 2018. № 2. S. 180–191.
6. Zadeh L.A. Fuzzy sets. Information and Control. 1965. Vol. 8. P. 338–353.
7. Shtovba S.D. Vvedenie v teoriyu nechetkih mnozhestv i nechetkuyu logiku. Vinnica: UNIVERSUM-Vinnica, 2001.
8. Ocenka effektivnosti prinyatiya reshenij po povysheniyu pozharnoj bezopasnosti na otkrytyh avtostoyankah / Yu.D. Motorygin [i dr.] // Pozharovzryvobezopasnost'. 2017. T. 26. № 1. S. 25–31.
9. Kofman A. Vvedenie v teoriyu nechetkih mnozhestv. M.: Radio i svyaz', 1982.
10. Yah"yaeva G.E. Nechetkie mnozhestva i nejronnye seti. M.: Binom, 2006.
11. Leonenkov A.V. Nechetkoe modelirovaniye v srede MATLAB i fuzzyTECH. SPb.: BHV-Peterburg, 2005.
12. Orlovskij S.A. Problemy prinyatiya reshenij pri nechetkoj iskhodnoj informacii. M.: Nauka. Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoy literatury, 1981.
13. Nechetkie mnozhestva v modelyah upravleniya i iskusstvennogo intellekta / pod red. D.A. Pospelova. M.: Nauka, gl. red. fiz.-mat. lit., 1986.
14. Flegontov A.V., Vilkov V.B., Chernykh A.K. Modelirovaniye zadach prinyatiya reshenij pri nechetkih iskhodnyh dannyh: monografiya. SPb., 2020.
15. Krutolapov A.S., Gorshkova E.E. ITM GO CHS, meropriyatiya po preduprezhdeniyu chrezvychajnyh situacij pozharnoj bezopasnosti v dokumentah territorial'nogo planirovaniya // Bezopasnost' v chrezvychajnyh situacijah: sb. nauch. trudov Vseros. nauch.-prakt. konf. SPb.: SPb gos. politekhn. un-t Petra Velikogo, 2015.

УДК 502.37

ПРИНЦИПЫ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И ЭШЕЛОНИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННОГО ОБЪЕКТА

С.В. Остах, кандидат технических наук.

**Российский государственный университет нефти и газа (НИУ)
им. И.М. Губкина**

Приводятся концептуальные основы и принципы информационно-управленческой интеграции экологического мониторинга и эшелонированной защиты природно-антропогенного объекта. Рассматриваются экологические аспекты применения автоматизированной системы информационно-управленческой интеграции экологического мониторинга и эшелонированной защиты. Рассматривается объектно-ориентированный подход непрерывного мониторинга в составе адаптивной активной системы эшелонированной защиты, включающей в себя совокупность экологических барьеров.

Ключевые слова: автоматизированная система, интеграция, природно-антропогенный объект, экологический мониторинг, эшелонированная защита

PRINCIPLES OF INFORMATION AND MANAGEMENT INTEGRATION OF ENVIRONMENTAL MONITORING AND LAYERED PROTECTION NATURAL AND MAN-MADE OBJECT

S.V. Ostakh. Gubkin Russian state university of oil and gas

The article given the conceptual foundations and principles of information and management integration of environmental monitoring and layered protection of natural and anthropogenic objects. The environmental aspects of the application of the automated system of information and management integration of environmental monitoring and layered protection are considered. The object-oriented approach of continuous monitoring as part of an adaptive active system of layered protection, which includes a set of environmental barriers, is considered.

Keywords: automated system, integration, natural-anthropogenic object, environmental monitoring, layered protection

Создание и внедрение автоматизированных систем обеспечения экологической безопасности (СОЭБ) предусматривает внедрение методов управления с применением различных автоматизированных систем, интегрируемых в информационно-управляющую систему.

Для правильной интерпретации информации, используемой при системном проектировании и интеграции систем экологической безопасности, необходимо обладать соответствующими моделями, позволяющими делать логические выводы и обосновывать предпроектные решения. С использованием модельных представлений о самоорганизации сложных систем [1], теории сложных организационных систем [2], теории рисков [3] с научно обоснованными принципами [4] и критериями информационно-управляющей интеграции [5, 6] определяется согласованный набор построения системной архитектуры СОЭБ. Для этих целей применим комплекс экологически безопасных технологических направлений функционирования природно-антропогенных объектов.

Общая система мониторинга и прогнозирования изменений экологических характеристик рассматриваемой территории должна включать в себя весь комплекс наблюдений в профильно-площадном варианте для выделения аномальных зон [7–10].

В рассматриваемой системе экологического мониторинга и прогнозирования необходимо выделить «регулярные наблюдения – измерение уровня загрязнения – модель динамики окружающей среды – миграции поллютантов».

Для этих целей предлагается использовать автоматизированную систему эшелонированной защиты, в функции которой входит как локализация загрязнения, так и снижение его воздействия на окружающую среду с использованием непроницаемых направляющих барьеров и их варианта с активными фильтрующими наполнителями [11]. Это позволяет реализовывать интегрированные пассивные и активные динамические экологические барьеры (эшелонированные системы) в условиях прогнозируемых технических рисков [12].

Барьерирование предусматривает применение нескольких эффективных уровней защиты (барьеров) и дополнительных планируемых мер, обеспечивающих их целостность.

Разработанными методическими основами предусматривается выбор и обоснование структуры информационно-аналитической системы, позволяющей прогнозировать последствия загрязнения окружающей среды, с использованием геоинформационного ситуационного и прогнозного моделирования [7–12].

Анализ опыта создания и интеграции информационно-управляющих СОЭБ показал необходимость их создания по мере технического вооружения, реконструкции и строительства, создания благоприятных условий жизнедеятельности населения.

Интеграция информационно-управляющих СОЭБ предполагается на принципах функционирования открытых систем и состоит из центрального интеллектуального ядра системы с собственной базой агрегированных данных и территориально распределенных источников информации. Это позволяет предоставлять необходимые данные в сжатом виде, а также возможность получить в автоматизированном режиме дополнительные данные по запросу с различной степенью детализации.

Интегрированная автоматизированная система комплексной защиты окружающей среды может быть спроектирована в виде эшелонированной системы защиты природно-антропогенного объекта.

Под эшелонированной системой защиты природно-антропогенного объекта понимается многоуровневая система организационных и технических решений и адаптации на экологические аспекты в балансе с социально-экономическими потребностями.

Использование системы указанной эшелонированной защиты позволяет выполнять функции системного мониторинга, а также применяться в качестве технологии локализации загрязнения окружающей среды [7–12].

Эффективность информационно-управленческой интеграции экологического мониторинга и эшелонированной защиты природно-антропогенных объектов предполагает комбинацию автоматизированных пассивных и активных барьеров, минимизирующих негативное воздействие на окружающую среду [12].

Система информационно-управленческой интеграции экологического мониторинга и эшелонированной защиты представляет собой автоматизированную организационно-техническую систему, обеспечивающую контроль природно-антропогенного объекта с использованием единой технологии сбора, обработки, хранения и использования данных (АИИУС).

АИИУС с модульной архитектурой может быть применима для решения ряда прикладных задач:

- своевременного контроля состояния окружающей среды;
- системного мониторинга защищаемого объекта и прилегающих территорий;

– контроля развития и оценки последствий функционирования технических средств и инженерных систем как источников антропогенного воздействия на окружающие экосистемы.

Система экологического мониторинга для выделения аномальных зон определяется в соответствии с необходимостью комплексирования автоматизированной системы наблюдения, встроенной в активные барьеры, и оперативного прогнозирования загрязнения атмосферы и почв, поверхностных и подземных вод.

Создание и совершенствование АИИУС может базироваться на руководящих принципах:

- принцип «открытости» – возможность выбора исходных данных, построенных на целостных методических положениях;
- принцип «многоаспектности» – представление решаемых задач в различных подсистемах с применением единых стандартов используемых данных;
- «модульно-блочный» принцип – обеспечение модульности комплекса технических средств и открытости интерфейсов;
- принцип «масштабируемости» – отсутствие ограничений на величину природно-антропогенного комплекса и возможность подключения любых подсистем;
- принцип «динамичности» – данные должны непрерывно актуализироваться и полноценно отображаться;
- «практико-ориентированность» – реализация объектно-ориентированного подхода на основе методических разработок, отражающих практический опыт.

Интеграция отдельных подсистем АИИУС должна предусматривать повышение защищенности от внешних воздействий, устойчивость к разрушениям.

Функциональная интеграция является базой реализуемости всей АИИУС. Она должна обеспечивать единство функциональных задач различных подсистем, а также согласованность критериев функционирования, действующих в АИИУС.

Интегрирование взаимосвязанных подсистем АИИУС на единой программно-аппаратурной основе с общей информационной средой, в которой реализация одной из них зависит от результативности другой, позволяет:

- снизить издержки на оснащение производственных систем комплексами технических средств автоматизации;
- оптимизировать интенсивность информационных потоков в АИИУС с использованием единой модели представляемых данных;
- повысить адаптивность и защищенность аппаратно-программного комплекса АИИУС от несанкционированных действий.

Интеграция отдельных подсистем АИИУС должна осуществляться по основным направлениям и соответствующим видам обеспечения (рис. 1): информационному (1) методико-математическому (2), программному (3), организационному (4) и техническому (5).

Методико-математическая интеграция предусматривает создание совокупности численных методов, математических моделей и алгоритмов решения функциональных задач подсистем АИИУС.

Программная интеграция обеспечивает совместное функционирование компьютерных программ, информационных ресурсов производственных систем, автоматизированных информационных систем и баз данных, а также операционных систем вычислительной техники.

Информационная интеграция заключается в междисциплинарном подходе к сбору, хранению и отображению данных и их формализованного описания и документирования.

Информационная интеграция предполагает разграничение доступа и одновременно обеспечение неделимого интерфейса информационного обеспечения.

Организационная интеграция включает разработку и комплексную реализацию организационных и технических мероприятий, регламентирующих внедрение и развитие АИИУС.

Техническая интеграция заключается в интеграции подсистем в единый, аппаратно-программный комплекс АИИУС, работающий в режиме реального времени.

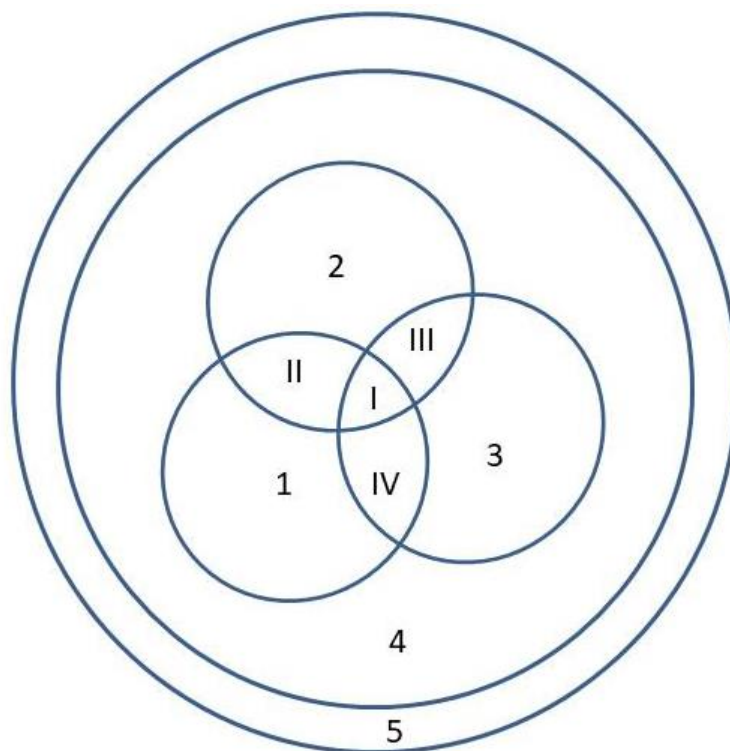


Рис. 1. Виды обеспечения и основные направления интеграции отдельных подсистем АИИУС: виды обеспечения: I – интеллектуальное ядро; II – информационно-методическое; III – программно-математическое; IV – информационно-программное; направления интеграции: 1 – информационное; 2 – математическое; 3 – программное; 4 – организационное; 5 – технологическое)

Символически выразить в наглядной форме построение АИИУС целесообразно с помощью логико-информационной модели (ЛИМ).

ЛИМ включает в себя информационную (база данных), логическую (эвристический алгоритм выбора показателей) и программную (внутренние и внешние комплексы программ) составляющие и связи между ними.

В соответствии с ЛИМ (рис. 2) интеграция АИИУС с производственными системами и жизнеобеспечением городского хозяйства позволяет организовать автоматизированный контроль производственных систем и размещение обрабатываемой информации в распределенных базах данных.

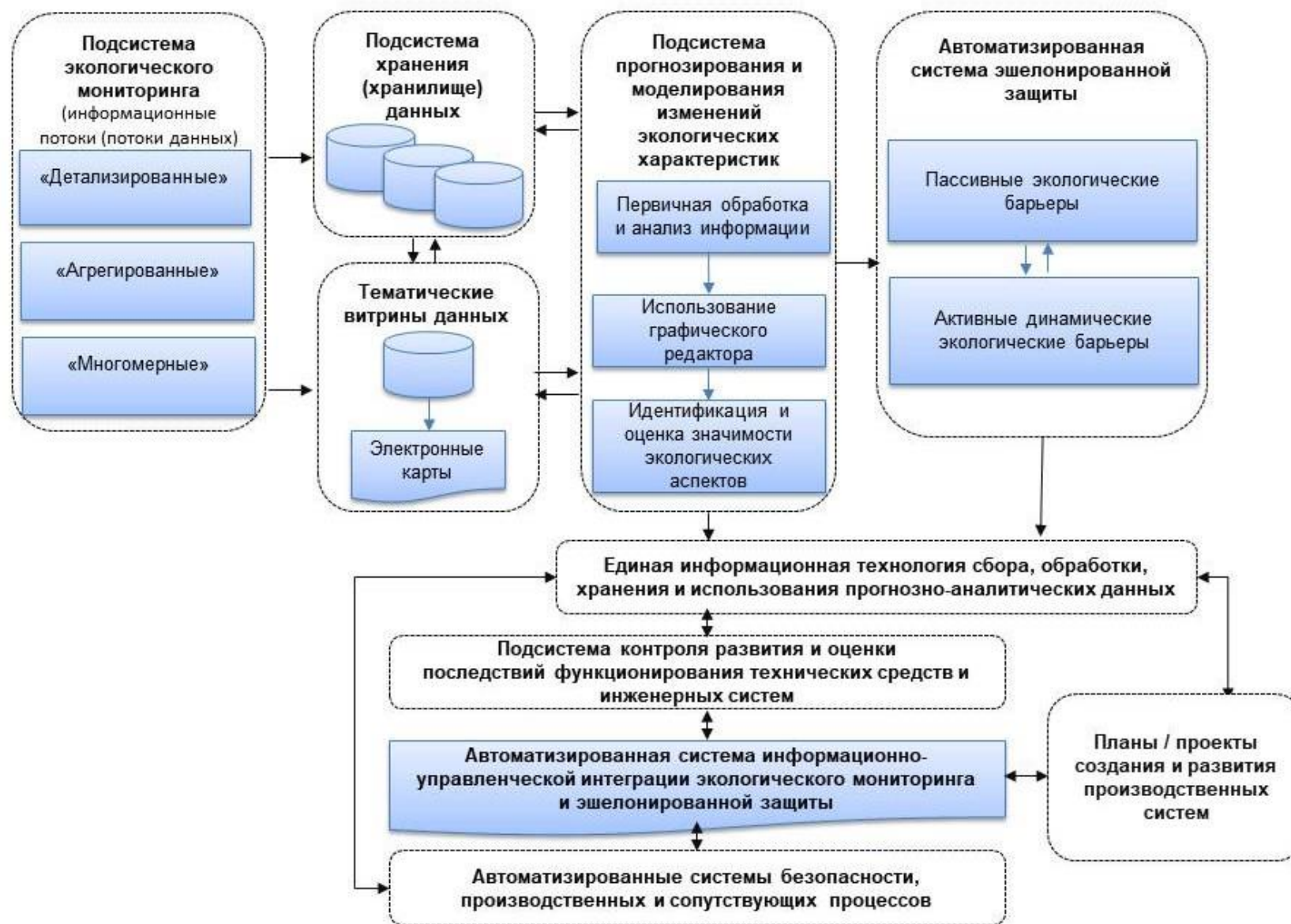


Рис. 2. Логико-информационная модель построения и интеграции АИИУС с автоматизированными системами безопасности и жизнеобеспечения городского хозяйства

АИИУС по своей сути не является автономной, самостоятельно выполняющей свои функции эшелонированной защиты окружающей среды.

АИИУС может строиться на аппаратно-программной базе с единым информационным пространством, с формированием программно-технической платформы.

Таким образом, в результате внедрения и функционирования АИИУС реализуется объектно-ориентированный подход непрерывного мониторинга в составе адаптивной активной системы эшелонированной защиты, включающей в себя совокупность экологических барьеров.

Литература

1. Корчак В.Ю. Программно-целевое планирование и управление созданием сложных технических систем // Компетентность. 2008. № 7. С. 12–19.
2. Беллман Р., Гликсберг И., Гросс О. Математическое моделирование. Процессы в сложных экономических и экологических системах. М.: ИИЛ, 1962. 336 с.
3. Орлов А.И., Федосеев В.Н. Менеджмент в техносфере. М.: Академия, 2003. 384 с.
4. Цгоев Т.Ф. Современные методы управления экологической безопасностью: монография. Владикавказ: Литера, 2013. 359 с.
5. Корнюшко В.Ф., Кузин Р.Е., Равикович В.И. Принципы построения автоматизированных систем радиационного и химического экологического мониторинга // Методы кибернетики в химии и химической технологии: труды Юбилейной междунар. науч. конф. памяти В.В. Кафарова. М.: Изд-во МГХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. С. 203–210.
6. Информационные технологии подготовки управляющих решений в автоматизированных системах экологического мониторинга предприятий химической промышленности / В.К. Загвоздкин [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2008. № 10. С. 3–6.
7. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. 2-е изд., доп. М.: Гидрометеиздат, 1984. 560 с.
8. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенных сферах. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
9. Махутов Н.А., Резников Д.О. Многоуровневая оценка живучести сложных технических систем с учетом масштабно-структурной иерархии процессов накопления повреждений и разрушения // Безопасность в техносфере. 2016. Т. 5. № 3. С. 3–17.
10. Миронова О.С., Остах С.В. Эшелонированная защита уязвимых природных объектов от глубинного нефтяного загрязнения // Экологический вестник России. 2014. № 7. С. 24–29.
11. Остах С.В., Остах О.С., Ольховикова Н.Ю. Концепция создания эшелонированной системы защиты природно-антропогенных комплексов // Экология и промышленность России. 2019. № 3 (23). С. 54–59.
12. Остах С.В., Остах О.С., Ольховикова Н.Ю. Риск-ориентированная система эшелонированной защиты уязвимых природно-антропогенных комплексов // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 6. С. 70–77.

References

1. Korchak V.Yu. Programmno-celevoe planirovanie i upravlenie sozdaniem slozhnyh tekhnicheskikh sistem // Kompetentnost'. 2008. № 7. S. 12–19.
2. Bellman R., Gliksberg I., Gross O. Matematicheskoe modelirovanie. Processy v slozhnyh ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistemah. M.: IIL, 1962. 336 s.
3. Orlov A.I., Fedoseev V.N. Menedzhment v tekhnosfere. M.: Akademiya, 2003. 384 s.
4. Cgoev T.F. Sovremennye metody upravleniya ekologicheskoy bezopasnost'yu: monografiya. Vladikavkaz: Litera, 2013. 359 s.
5. Kornyushko V.F., Kuzin R.E., Ravikovich V.I. Principy postroeniya avtomatizirovannyh sistem radiacionnogo i himicheskogo ekologicheskogo monitoringa // Metody kibernetiki v himii

i himicheskoj tekhnologii: trudy Yubilejnoj mezhdunar. nauch. konf. pamyati V.V. Kafarova. M.: Izd-vo MGHTU im. D.I. Mendeleeva, 2004. S. 203–210.

6. Informacionnye tekhnologii podgotovki upravlyayushchih reshenij v avtomatizirovannyh sistemah ekologicheskogo monitoringa predpriyatij himicheskoj promyshlennosti / V.K. Zagvozdkin [i dr.] // Zashchita okruzhayushchej sredy v neftegazovom komplekse. 2008. № 10. S. 3–6.

7. Izrael' Yu.A. Ekologiya i kontrol' sostoyaniya prirodnoj sredy. 2-e izd. dop. M.: Gidrometeoizdat, 1984. 560 s.

8. Akimov V.A., Lesnyh V.V., Radaev N.N. Osnovy analiza i upravleniya riskom v prirodnoj i tekhnogennyh sferah. M.: Delovoj ekspress, 2004. 352 s.

9. Mahutov N.A., Reznikov D.O. Mnogourovnevaya ocenka zhivuchesti slozhnyh tekhnicheskikh sistem s uchetom masshtabno-strukturnoj ierarhii processov nakopleniya povrezhdenij i razrusheniya // Bezopasnost' v tekhnosfere. 2016. T. 5. № 3. S. 3–17.

10. Mironova O.S., Ostah S.V. Eshelonirovannaya zashchita uyazvimyh prirodnyh ob"ektov ot glubinnogo neftyanogo zagryazneniya // Ekologicheskij vestnik Rossii. 2014. № 7. S. 24–29.

11. Ostah S.V., Ostah O.S., Ol'hovikova N.Yu. Konceptiya sozdaniya eshelonirovannoj sistemy zashchity prirodno-antropogennyh kompleksov // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2019. № 3 (23). S. 54–59.

12. Ostah S.V., Ostah O.S., Ol'hovikova N.Yu. Risk-orientirovannaya sistema eshelonirovannoj zashchity uyazvimyh prirodno-antropogennyh kompleksov // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2019. № 6. S. 70–77.

УДК 614.842.8

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПИСАНИЯ ПОТОКОВ ИНФОРМАЦИИ МЕЖДУ УЧАСТНИКАМИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ МЕТОДОМ КОНТЕКСТНО-СВОБОДНЫХ ГРАММАТИК

М.В. Шевцов.**Академия ГПС МЧС России.****В.А. Онов, кандидат технических наук, доцент.****Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Разработан алгоритм, отображающий потоки информации, протекающие между участниками пожаротушения, на основе построения автомата с магазинной памятью. Формализована последовательность операций при управлении пожарными подразделениями на месте вызова методом недетерминированных стековых автоматов.

Ключевые слова: алгоритм, информационные потоки, руководитель тушения пожара, магазинный автомат

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR DESCRIBING INFORMATION FLOWS BETWEEN FIRE EXTINGUISHING PARTICIPANTS BY THE METHOD OF CONTEXT-FREE GRAMMARS

M.V. Shevtsov. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia.

V.A. Onova. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

An algorithm has been developed that displays the information flows flowing between the participants of fire fighting, based on the construction of an automatic machine with store memory. The sequence of operations in the management of fire departments at the place of call by the method of non-deterministic stack automata is formalized.

Keywords: algorithm, information flow, head of the fire fighting, vending machine

Вопросы проектирования систем управления в различных областях тесно связаны с прикладными математическими формами описания. Учитывая, что теория информации и кибернетика являются теоретическим фундаментом теории управления, при моделировании процессов пожаротушения традиционно используются инструменты построения алгоритмов методами, находящимися на стыке математической логики, информатики и дискретной математики [1].

В данном исследовании авторами определен порядок использования только тех форм и способов, которые максимально строго и четко регламентируют нахождение разрешимости поставленных задач. Для этого как нельзя лучше подходит теория формальных языков, а точнее её частный случай – контекстно-свободная грамматика (контекстно-свободные языки). Большинство языков программирования в настоящее время построены на принципах контекстно-свободных языков (КС-языки), что, безусловно, отображая тенденции ко всеобщей цифровизации в современном мире, подтверждает необходимость формирования основ систем поддержки принятия решений на пожаре указанными способами.

Ценным, с точки зрения своей функциональности, и подходящим по требуемым критериям в конкретный момент времени будем считать раздел КС-языков под названием

«теория автоматов». Наиболее близкой по форме изложения к теории автоматов является теория алгоритмов, так как дискретная информация, передаваемая в определенные временные отрезки, формируется автоматом в заданный алгоритм [2].

Теоретико-математической базой при разработке любого программного обеспечения или высокотехнологичного оборудования представляется теория автоматов, реализующая положения, описывающие формальные языки, в метод синтеза различных языков программирования. Прикладное использование основ данной теории имеет очень важное значение еще и потому, что создание алгоритмов и моделей, построенных по образцу контекстно-свободных грамматик, используется для верификации протоколов и контрольно-распорядительных документов.

Изначально автоматы были предложены в качестве модели функционирования человеческого мозга, что впоследствии можно использовать в более широком смысле для разработок искусственного интеллекта. Кроме того, теория автоматов позволяет определить, возможно ли оперативно и простым способом решить трудновыполнимую задачу и построить на её основе алгоритм или для этого потребуется использование нестандартных методов решения, исключающих традиционный подход.

Опишем принцип действия автомата. Системный подход в разных исследованиях науки и техники проявляется посредством запоминания отдельных элементов системы в конкретный промежуток времени как индивидуальное конечное состояние какого-либо события. В связи с тем, что для функционирования любой системы требуется информация, имеющая важное значение, число конечных состояний её компонентов имеет определенный предел. Данная особенность поведения даёт возможность создания механизма синтеза моделей и алгоритмов систем, посредством которого будет осуществляться реализация потоков минимально необходимой информации в форме простых программных продуктов или схем.

Автоматы различаются между собой в зависимости от типа входных символов и управленческого реагирования при переводе системы из начального состояния в последующее. При детерминированном управлении автомат имеет единственное состояние системы в конкретный момент времени, а при недетерминированном – состояний может быть несколько. Таким образом, недетерминированные автоматы наделены свойствами программирования алгоритмов, являющихся основой для упрощенного и оптимального решения конкретных прикладных задач по управлению ресурсами, в том числе в социально-экономических областях [3].

Управление силами и средствами на пожаре можно представить размещением и сочетанием упорядоченного множества комбинаторных задач, решение которых предполагает рассмотрение различных вариантов действий, способствующих реализации выполнения приоритетной цели управления. Все эти действия должны быть согласованы с формализованными правилами описания, решение которых доступно современными средствами вычислительной техники.

Анализ некоторых прикладных задач и способов их решения допускает возможность эффективного использования определенного класса автоматов под названием «автоматы с магазинной памятью» (МПА) (стековые автоматы). Магазинные автоматы нашли широкое применение в качестве средств описания контекстно-свободных грамматик при изучении синтаксического и лексического анализа теории формальных языков. Вместе с тем подходы, рассматриваемые в теории стековых автоматов, могут быть применены в задачах автоматизации поиска вариантов формализации управленческих процедур на месте вызова пожарно-спасательных подразделений.

Отличительная особенность стековых автоматов состоит в том, что при определении поиска решений из возможных вариантов их вычислительная способность заметно уступает общеизвестным математическим методам, но эффект наглядности данной теории зачастую играет главную роль в целесообразности выбора инструментов построения алгоритмов решений при условной необязательности получения точных численных показателей.

Стековые автоматы представляют собой совокупность устройств по принятию из входной ленты определенных информационных событий и их переносу в магазинную ленту (стек) через управляющее устройство последовательно по принципу использования магазина стрелкового оружия. Автомат распознает и считывает входные элементы информации из ячеек ленты, совершает преобразование состояния управляющего устройства путем передачи полученных входных символов в стек как патрон, который проталкивается вниз после его погружения в магазин автоматического оружия. При этом удалить из магазина возможно только крайний патрон (верхний элемент ячейки стека) [4].

Алгоритм действия стекового автомата характеризуется следующей особенностью выполняемых операций:

1. Входное событие ячейки ленты превращается в команду магазина (реакцию на входное воздействие на систему) только в случаях, исключающих нахождение во входной ленте символа «эпсилон» (ϵ -переход).

2. Система видоизменяется в следующее состояние, не всегда имеющее отличие от первоначального.

3. Символ на вершине стека может быть заменен на единственный или совокупность определенного количества иных символов.

Каждый стек должен иметь не менее двух лент. Первая (входная) лента является совокупностью информационных событий, последовательно считываемых автоматом для изменения состояний управляющего устройства и приведения его в финальное состояние. Вторая лента (стековая) содержит набор символов, с помощью которых автомат реализует определенные действия:

1) либо удаляет содержимое верхней ячейки стека, что влечет за собой перемещение всех символов магазина на одну ячейку вверх;

2) либо стирает верхний символ стека для внесения в магазин набора символов, сопровождающих сдвиг магазина вниз на количество записанных символов.

Исходя из своего настоящего состояния, МПА определяет последующую модернизацию на основе данных входной информации и символа на верхней ячейке стека. Недетерминированный стековый автомат по своей сущности может иметь разные варианты трансформации, каждая из которых охарактеризована обновленным состоянием системы и совокупностью символов, которые заменяют верхний элемент ячейки магазина.

Процесс пожаротушения можно представить в виде МПА, цепь событий в котором определяется набором входных символов, считываемых поочередно с крайней левой ячейки входной ленты.

В каждый конкретный момент времени управляющее устройство – руководитель тушения пожара (РТП) последовательно пропускает через себя входные элементы информации, отражающие обстановку на месте вызова, изменяет своё внутреннее состояние и реагирует посредством собственных команд на содержимое стековой ленты. Для того чтобы команды РТП несли смысловую нагрузку на участников пожаротушения, конечный символ входной строки не должен считываться и перемещаться в магазин, так как данный элемент является конечным событием (рис.).

Характер работы МПА при управлении пожарными подразделениями можно отобразить в форме последовательности операций (тактов работы автомата), каждый шаг которой зависит от входной информации, прочитанной в ленте, внутреннего состояния РТП и символа верхней ячейки магазина.

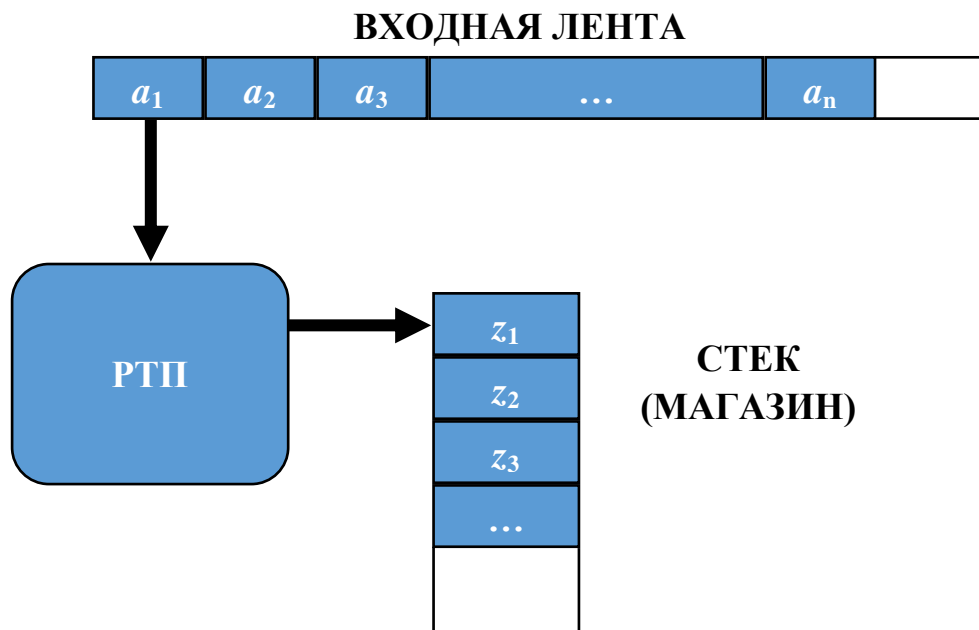


Рис. МПА как алгоритм поддержки принятия решений на пожаре

Авторами рассмотрен только подвид стековых автоматов, реализующих функцию распознавателей. В данном случае недетерминированный магазинный автомат, используемый в руководстве тушением пожара, целесообразно представить в виде следующей модели:

$$M=(Q, \Sigma, V, \delta, q_0, z_0, F),$$

где $Q=\{q_0, q_1, \dots, q_n\}$ – конечное множество внутренних состояний РТП; Σ – конечное множество символов входной ленты (входной алфавит); V – конечное множество символов магазина (стековый алфавит), помогающих РТП реагировать на символы входной ленты; δ – функция преобразования состояний РТП (функция управления), определяемая отображением $\delta: Q \times (\Sigma \cup \{\varepsilon\}) \times V \rightarrow \{S \mid S \text{ – конечное подмножество множества } Q \times V^*\}$; q_0 – начальное состояние РТП, $q_0 \in Q$; z_0 – начальный символ магазина, влияющий на начало работы по управлению процессом пожаротушения, $z_0 \in V$; F – множество финальных состояний РТП, $F \subseteq Q$.

Функция перехода δ характеризуется поведением трех компонентов (q, a, z) , где q – состояние РТП в данный конкретный момент времени; a – считываемый элемент входной информации; z – символ на вершине стека (ресурсы РТП).

Конечное множество символов (q_i, β_i) определяют показатели $\delta(q, a, z)$, где q_i – последующее состояние РТП; β_i – содержимое верхней ячейки стека, записываемое РТП вместо символа z ; i – команда, заполняющая верхнюю ячейку магазина взамен символа z .

В общем случае алгоритм $M=(Q, \Sigma, V, \delta, q_0, z_0, F)$, именуемый «семеркой», можно считать наиболее устойчивым вариантом описания системы управления пожарно-спасательными подразделениями.

Как уже было сказано выше, в некоторых ситуациях содержимым δ может быть символ пустой ячейки ε . В таком случае операция на данном этапе невозможна, так как содержимое входной ячейки не может быть прочитано.

Процедуры реагирования РТП на складывающуюся обстановку и выработки его управленческих решений на месте вызова можно описать последовательностью команд (функцией перехода):

$$\delta(q_i, a, z_i) = \{(q_{i+1}, z_{i+1})\},$$

в которой на конкретном этапе управления оперативно-тактическими действиями на месте вызова РТП, будучи в состоянии q_1 , считывает символ входной ленты a и в верхней строке магазина имеет символ z .

Таким образом, череда состояний РТП $\{q_0, q_1, \dots, q_n\}$ приводит к заключительному состоянию q_f , последовательно переходя от такта работы автомата на этапе выезда пожарного подразделения на тушение пожара до его возвращения к месту постоянной дислокации.

Синтез недетерминированного стекового автомата подразумевает, что порядок извлечения символов, находящихся в магазине, обратен последовательности их занесения в стек. Следовательно, половина входных символов автоматически переносится в стек, а каждый оставшийся элемент строки должен проходить сравнительный анализ с содержимым верхней ячейки магазина до момента окончания символов ячеек входной ленты.

Данный алгоритм математически строго отображает процедуру управления на месте пожаротушения методом контекстно-свободных языков, при котором МПА M , выступая в роли РТП, является формализованной версией поддержки принятия управленческих решений, переводя систему из её начального состояния в финальное посредством преобразования входных потоков информации в набор автоматических команд [5].

Описанный алгоритм также можно рассматривать как шаг к реализации современного подхода в управлении процессом подготовки должностных лиц пожарно-спасательных подразделений методами машинного обучения. Опасность и риск при тушении, необходимость оперативного принятия решений на месте вызова, а также своевременной фиксации и передачи потоков управленческой информации всем участникам, неизменно будут направлять исследователей по пути поиска вариантов автоматизации интеллектуального труда РТП. Технологии машинного обучения на основе математических методов позволят анализировать получаемые данные о пожаре, выявлять закономерности его физико-химических процессов и принимать решения, заранее прогнозируя результат. При этом риск угрозы жизни и здоровья руководящего звена пожарной охраны будет минимизирован.

В данной работе авторами предложен один из вариантов математической алгоритмизации потоков управленческой информации на месте тушения пожара методом магазинных автоматов. Для этого необходимо определить последовательность воздействий входящей информации на РТП и его реакцию на состояние системы с целью выработки определенных команд, реализация которых непосредственным образом повлияет на качество пожаротушения. Принцип преобразований состояний РТП будет отражаться посредством описания функций управления δ на каждом конкретном этапе тушения пожара.

Пример описания алгоритма

За моделируемую основу взят сценарий «среднестатистического» пожара ранга № 1, на тушение которого предусмотрена высылка сил и средств в составе трех отделений на основных пожарных автомобилях. Возгорание происходит в квартире, расположенной на втором этаже трехподъездного пятиэтажного жилого дома.

Далее представлена последовательность оперативно-тактических действий дежурной смены пожарно-спасательной части (ПСЧ) ФПС ГПС МЧС России после поступления сигнала «сбор и выезд по тревоге». Указанный алгоритм будет отображаться набором математических формул, отражающих последовательность команд (функций перехода). Общий вид функции перехода (управления) представляется следующим образом:

$$\delta(q_i, a, z_i) = \{(q_{i+1}, z_{i+1})\}.$$

Данное уравнение описывает процедуру синтеза состояния системы управления на месте вызова, где на определенном этапе руководства процессом пожаротушения РТП,

находясь в состоянии q_1 , считывает символ входной ленты a и в верхней строке магазина имеет символ z :

$$1) \delta_1(q_0, d_1, z_0) = \{(q_1, pz_0)\},$$

где δ_1 – функция управления, характеризующая реакцию системы на поступление сигнала диспетчера «сбор и выезд по тревоге»; q_0 – начальное состояние системы; d_1 – команда диспетчера дежурной смене о выезде к месту вызова; z_0 – начальный символ стека, отображающий степень боеготовности подразделения; q_1 – состояние системы в пути следования к месту пожара; pz_0 – маршрут следования подразделения к месту вызова.

Далее отобразим поведение функции управления в период следования караула ПСЧ к месту вызова:

$$2) \delta_2(q_1, d_2, pz_0) = \{(q_1, d_2)\},$$

где δ_2 – функция управления, характеризующая реакцию РТП на получение от диспетчера разведывательной информации об объекте, на котором произошло возгорание; q_1 – состояние системы в пути следования подразделения на место тушения; d_2 – разведывательная информация, поступающая от диспетчера ПСЧ.

По прибытии к месту вызова РТП дает команду личному составу на проведение разведки:

$$3) \delta_3(q_2, o, d_2) = \{(q_3, k_{разв})\},$$

где δ_3 – функция управления, характеризующая реагирование РТП на получение визуальной информации о пожаре по прибытии к месту вызова; q_2 – состояние РТП по прибытии на место тушения; q_3 – состояние системы после отдания приказа на проведение разведки; $k_{разв}$ – команда РТП на проведение разведки; o – обнаружение очага возгорания.

Рассмотрим вариант развития событий, когда в процессе проведения разведки была установлена угроза взрыва бытового газа:

$$4) \delta_4(q_3, I_{мп}, k_{разв}) = \{(q_4, I_{взр})\},$$

где δ_4 – функция управления, характеризующая реакцию системы на получение информации о возможном взрыве газа; q_4 – состояние РТП после получения информации о возможном взрыве газа; $I_{мп}$ – входная информация об опасности; $I_{взр}$ – информация в магазине, отображающая угрозу взрыва.

В процессе проводимой разведки РТП дает команду на осуществление эвакуационных мероприятий и подачу ствола первой помощи:

$$5) \delta_5(q_4, I_{мп}, I_{взр}) = \{(q_5, k_{эвак})\},$$

где δ_5 – функция управления, характеризующая преобразование системы в период проведения первоочередных мер по спасению людей из горящего здания; $k_{эвак}$ – команда РТП на проведение эвакуационных мероприятий; q_5 – состояние РТП после подачи команды на проведение эвакуации и проверку угрозы взрыва.

В результате проводимой разведки от звена газодымозащитной службы (ГДЗС) поступает информация, подтверждающая утечку бытового газа и угрозу взрыва:

$$6) \delta_6(q_5, I_{мп}, k_{эвак}) = \{(q_6, I_{пов})\},$$

где δ_6 – функция управления, отображающая реакцию системы на получение информации об уточнении угрозы взрыва; $I_{пов}$ – информация от звена ГДЗС о проведении проверки утечки газа и возможности ликвидации угрозы взрыва; q_6 – состояние РТП после получения информации об уточнении проверки угрозы взрыва.

РТП подает команду участникам тушения на ликвидацию угрозы взрыва:

$$7) \delta_7(q_6, I_{мп}, I_{пов}) = \{(q_7, k_{взр})\},$$

где δ_7 – функция управления, отображающая реакцию системы на выполнение команды по ликвидации угрозы взрыва; $k_{взр}$ – команда РТП участникам пожаротушения о ликвидации угрозы взрыва; q_7 – состояние РТП после подачи команды о ликвидации угрозы взрыва.

После устранения угрозы взрыва РТП ставит задачу по введению дополнительных стволов на тушение и защиту смежных помещений:

$$8) \delta_8(q_7, I_{уст}, k_{взр}) = \{(q_8, k_{муш})\},$$

где δ_8 – функция управления, характеризующая преобразование системы при её переходе к классическому варианту ликвидации возгорания; $I_{уст}$ – входящая информация об устранении угрозы взрыва; $k_{муш}$ – команда РТП личному составу о переходе к непосредственному тушению очага возгорания; q_8 – состояние РТП после подачи команды о переходе к непосредственному тушению очага возгорания.

Получение штатной информации от ствольщиков и командиров отделений о протекании процесса пожаротушения:

$$9) \delta_9(q_8, I_{штат}, k_{муш}) = \{(q_8, k_{штат})\},$$

где δ_9 – функция управления, отражающая поведение системы при штатном протекании обстановки на месте вызова; $I_{штат}$ – поступающая относительно спокойная информация о штатном режиме тушения очага; $k_{штат}$ – выдача РТП подразделению штатных вводных распоряжений по недопущению ослабления контроля за очагом возгорания.

В случае возникновения нештатных ситуаций по поддержанию общественного порядка в зоне очага возгорания РТП привлекает сотрудников МВД, Росгвардии или службы охраны объекта для защиты жизни и здоровья сотрудников пожарно-спасательного подразделения, осуществляющего оперативно-тактические действия:

$$10) \delta_{10}(q_8, I_{нар}, k_{муш}) = \{(q_9, k_{охр})\},$$

где δ_{10} – функция управления, характеризующая реакцию РТП на необходимость соблюдения мер по поддержанию общественного порядка на месте вызова; $I_{нар}$ – информация с входной ленты о нарушении общественного порядка; $k_{охр}$ – РТП ставит задачу службам охраны о наведении общественного порядка на месте работы пожарного подразделения; q_9 – состояние РТП после привлечения служб общественного порядка к принятию мер по его наведению.

При возникновении необходимости привлечения коммунальных служб объекта (района, населенного пункта) РТП выдает распоряжение представителям указанных ремонтно-технических подразделений о ликвидации конкретной аварии или выделении необходимой техники и оборудования [6]:

$$11) \delta_{11}(q_9, I_{авар}, k_{охр}) = \{(q_{10}, k_{авар})\},$$

где δ_{11} – функция перехода, отражающая реакцию РТП на необходимость привлечения специалистов жилищно-коммунального хозяйства к ликвидации технической неисправности или аварии; $I_{авар}$ – входящая информация о технической неисправности или аварии на месте вызова; $k_{авар}$ – РТП ставит задачу сотрудникам коммунальных служб о незамедлительном реагировании на возникшую ситуацию по ликвидации технической неисправности или аварии; q_{10} – состояние РТП после привлечения технических служб к ликвидации аварии на месте работы пожарных подразделений.

При выявлении лиц, пострадавших при проведении эвакуации или в процессе тушения пожара, РТП принимает решение о привлечении медицинского персонала к мероприятиям по оказанию первой и неотложной медицинской помощи:

$$12) \delta_{12}(q_{10}, I_{ран}, k_{авар}) = \{(q_{11}, k_{мед})\},$$

где δ_{12} – функция управления, отражающая реакцию РТП на необходимость привлечения сотрудников медицинских учреждений к действиям по оказанию врачебной помощи пострадавшим на пожаре; $I_{ран}$ – входящая информация о выявлении лиц, пострадавших или раненых в процессе пожаротушения; $k_{мед}$ – РТП привлекает работников медицинской службы к проведению мероприятий по оказанию экстренной помощи пострадавшим или раненым на месте тушения пожара; q_{11} – состояние РТП после привлечения медицинского персонала к выполнению действий по оказанию первой и неотложной медицинской помощи.

Рассмотрим случай, когда обстановка на пожаре стала выходить из-под контроля:

$$13) \delta_{13}(q_{11}, I_{пр}, k_{мед}) = \{(q_{12}, k_{бис})\},$$

где δ_{13} – функция управления, характеризующая реагирование управляющей системы на необходимость привлечения дополнительных сил и средств к тушению пожара, повышая ранг до 1-БИС; $k_{бис}$ – РТП связывается с диспетчером для сообщения о повышении ранга пожара до 1-БИС и привлечении дополнительных подразделений к месту работ по тушению;

q_{12} – состояние РТП после связи с диспетчером для запроса по привлечению дополнительных сил и средств к месту вызова.

Опишем реакцию диспетчера на указанный запрос:

$$14) \delta_{14}(q_{12}, d_3, k_{\text{бис}}) = \{(q_{13}, p_{\text{бис}})\},$$

где δ_{14} – функция управления, отображающая реакцию РТП на сообщение диспетчера о высылке к месту вызова дополнительных сил и средств; d_3 – сообщение диспетчера РТП о выезде дополнительных сил к месту пожаротушения; $p_{\text{бис}}$ – следование к месту вызова дополнительных подразделений, запрошенных РТП к тушению пожара по рангу 1-БИС; q_{13} – состояние РТП после ответа диспетчера о высылке к месту вызова дополнительных сил и средств.

После повышения ранга подразделение на месте вызова продолжает выполнять оперативно-тактические действия имеющимися силами:

$$15) \delta_{15}(q_{13}, I_{\text{итат}}, p_{\text{бис}}) = \{(q_8, k_{\text{итат}})\}.$$

По прибытии в место пожаротушения запрошенных пожарно-спасательных подразделений РТП производит перестановку сил с учетом возможностей прибывших тактических единиц и отдает распоряжения о скорейшей локализации пожара:

$$16) \delta_{16}(q_8, I_{\text{приб}}, k_{\text{итат}}) = \{(q_{14}, k_{\text{лок}})\},$$

где δ_{16} – функция управления, характеризующая преобразование управляющей системы по перераспределению обязанностей нештатной службы пожаротушения с учетом сложившейся обстановки на пожаре и имеющихся тактических возможностей [7]; $I_{\text{приб}}$ – информация входной ленты о прибытии пожарно-спасательных подразделений к месту пожаротушения; $k_{\text{лок}}$ – команда РТП на выполнение действий по локализации пожара; q_{14} – состояние РТП после выдачи распоряжения личному составу на скорейшую локализацию очага возгорания.

В результате слаженной работы сотрудникам пожарной охраны удается локализовать очаг пожара, о чём они своевременно докладывают РТП:

$$17) \delta_{17}(q_{14}, I_{\text{лок}}, k_{\text{лок}}) = \{(q_{15}, k_{\text{диск}})\},$$

где δ_{17} – функция управления, описывающая процесс преобразование системы после получения информации о локализации от должностных лиц, участвующих в тушении пожара; $I_{\text{лок}}$ – входная информация от участников пожаротушения о локализации возгорания; $k_{\text{диск}}$ – РТП оперативно сообщает диспетчеру о проведении локализации очага возгорания; q_{15} – состояние РТП после предоставления диспетчеру информации о локализации пожара.

РТП отдает распоряжение подчиненному личному составу о проведении действий по ликвидации пожара:

$$18) \delta_{18}(q_{15}, I_{\text{итат}}, k_{\text{диск}}) = \{(q_{16}, k_{\text{лик}})\},$$

где δ_{18} – функция управления, характеризующая переход системы к процедуре непосредственной ликвидации пожара; $k_{\text{лик}}$ – команда РТП на выполнение действий по ликвидации пожара; q_{16} – состояние РТП после выдачи распоряжения личному составу на скорейшую ликвидацию очага возгорания.

Участники пожаротушения провели мероприятия по успешной ликвидации очага возгорания и доложили РТП о выполнении основной задачи:

$$19) \delta_{19}(q_{16}, I_{\text{лик}}, k_{\text{лик}}) = \{(q_{17}, k_{\text{обсл}})\},$$

где δ_{19} – функция управления, описывающая процесс преобразования системы после получения информации о ликвидации от должностных лиц, участвующих в тушении пожара; $I_{\text{лик}}$ – входящая информация от участников пожаротушения о ликвидации возгорания; $k_{\text{обсл}}$ – РТП даёт указание личному составу о проведении осмотра помещений на предмет выявления возможных тлеющих очагов; q_{17} – состояние РТП после выдачи распоряжения о дополнительном обследовании потушенных помещений.

После доклада должностным лицам об исключении очагов, которые могут повлиять на повторное возгорание, РТП принимает решение об информировании диспетчера о выполнении оперативно-тактических действий по тушению пожара:

$$20) \delta_{20}(q_{17}, I_{\text{отс}}, k_{\text{обсл}}) = \{(q_{18}, k_{\text{длик}})\},$$

где δ_{20} – функция управления, характеризующая реакцию РТП после получения информации об отсутствии очагов повторного возгорания; $I_{омс}$ – входящая информация от участников пожаротушения об осмотре помещений и отсутствии выявленных недотушенных участков; $K_{длик}$ – РТП сообщает диспетчеру об успешной ликвидации очага возгорания; q_{18} – состояние РТП после информирования диспетчера о ликвидации очага пожара.

РТП доводит до подчиненных приказ о приведении техники и пожарно-технического оборудования в надлежащее состояние и возвращении к месту постоянной дислокации:

$$21) \delta_{21}(q_{18}, I_{омс}, k_{длик}) = \{(q_{19}, K_{возв})\},$$

где δ_{21} – правило перехода, описывающее процедуру преобразования системы в период сбора имущества и подготовки к возвращению в ПСЧ; $K_{возв}$ – приказ РТП подчиненным о подготовке к убытию в место дислокации подразделений; q_{19} – состояние РТП после выдачи распоряжения сотрудникам о подготовке к возвращению в ПСЧ.

Процедуру следования к месту постоянной дислокации можно описать следующим образом:

$$22) \delta_{22}(q_{19}, I_{занр}, k_{возв}) = \{(q_{f-1}, p_{f-1})\},$$

где δ_{22} – функция управления, отражающая процедуру следования подразделений в ПСЧ; $I_{занр}$ – получение информации от водителя о дозаправке горюче-смазочными материалами или огнетушащим составом; q_{f-1} – предфинальное состояние РТП после выполнения основной поставленной задачи пожаротушения; p_{f-1} – процесс следования к месту дислокации.

По прибытии в ПСЧ РТП (начальник дежурной смены) составляет акт о пожаре, что также является одним из элементов действий, связанных с процессом пожаротушения. Таким образом, процедура оформления акта о пожаре является завершающей в работе алгоритма и принимает следующий вид:

$$23) \delta_{23}(q_{f-1}, I_{акт}, p_{f-1}) = \{(q_f, A)\},$$

где δ_{23} – завершающая функция перехода, отображающая финальную операцию по подготовке и утверждению акта о пожаре; $I_{акт}$ – подготовка РТП акта о пожаре; A – утверждение акта о пожаре руководством ПСЧ.

Заключение. Описанная выше последовательность математических уравнений формирует алгоритм потоков управленческой информации при тушении пожара 1-го ранга. Данный сценарий является упрощенным вариантом синтеза системы поддержки принятия решений РТП в процессе управления личным составом при выполнении оперативно-тактических задач по тушению очагов возгорания и спасению людей.

При разработке подобных алгоритмов, безусловно, следует учитывать и анализировать следующие показатели:

- внешние условия и факторы, влияющие на процесс пожаротушения;
- необходимость цикличности при выполнении оперативно-тактических действий;
- степень участия каждой единицы личного состава и служб жизнеобеспечения;
- детализация документооборота;
- фиксация этапов тушения и взаимосвязь действий каждого участника;
- эффективность конкретных принимаемых решений;
- оптимизация производственного и управленческого труда коллектива пожарного подразделения;
- возможность управления потоками информации с учетом их полноты, полезности и оперативности.

Литература

1. Кибернетика. Неограниченные возможности и возможные ограничения. М.: Наука, 1981.
2. Белоусов А.И., Ткачев С.Б. Дискретная математика. М.: МГТУ, 2006. 743 с.

3. Хопкрофт Д., Мотвани Р., Ульман Д. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений = Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation. М.: Вильямс, 2002. С. 528.

4. Бери К. (июнь 1975 г.). Двусторонние вложенные стековые автоматы эквивалентны двусторонним стековым автоматам // Журнал компьютерных и системных наук. 10 (3). С. 317–339. Doi:10.1016 / s0022-0000 (75) 80004-3.

5. Денисов А.Н., Данилов М.М. Метод, модель и алгоритмы компьютерной поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров в резервуарном парке // Каталог научных проектов – 2015: проекты молодых учёных и специалистов Академии ГПС МЧС России. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2015. С. 17.

6. Повзик Я.С. Пожарная тактика. М.: ЗАО «Спецтехника», 1999. 414 с.

7. Метод оперативного управления пожарными подразделениями. Проблемы управления безопасностью сложных систем / А.Н. Денисов [и др.] // Труды XVII Междунар. конф. / под ред. Н.И. Архиповой, В.В. Кульбы. М.: РГГУ, 2009. С. 323–327.

References

1. Kibernetika. Neogranichennyye vozmozhnosti i vozmozhnyye ogranicheniya. М.: Nauka, 1981.

2. Belousov A.I., Tkachyov S.B. Diskretnaya matematika. М.: MGTU, 2006. 743 s.

3. Hopcroft D., Motvani R., Ul'man D. Vvedenie v teoriyu avtomatov, yazykov i vychislenij = Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation. М.: Vil'yams, 2002. S. 528.

4. Beri K. (iyun' 1975 g.). Dvustoronnie vlozhennyye stekovyye avtomaty ekvivalentny dvustoronnim stekovym avtomatam // Zhurnal komp'yuternyh i sistemnyh nauk. 10 (3). S. 317–339. Doi:10.1016 / s0022-0000 (75) 80004-3.

5. Denisov A.N., Danilov M.M. Metod, model' i algoritmy komp'yuternoj podderzhki prinyatiya upravlencheskih reshenij pri tushenii pozharov v rezervuarnom parke // Katalog nauchnyh proektov – 2015: proekty molodyh uchyonyh i specialistov Akademii GPS MCHS Rossii. М.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2015. S. 17.

6. Povzik Ya.S. Pozharnaya taktika. М.: ЗАО «Спектехника», 1999. 414 s.

7. Metod operativnogo upravleniya pozharnymi podrazdeleniyami. Problemy upravleniya bezopasnost'yu slozhnyh sistem / A.N. Denisov [i dr.] // Trudy XVII Mezhdunar. konf. / pod red. N.I. Arhipovoj, V.V. Kul'by. М.: RGGU, 2009. S. 323–327.

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 004:621.656:504.064

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РИСКОВ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Л.В. Зубова, кандидат экономических наук;

О.В. Мартыненко, кандидат экономических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Н.Р. Гоцкая, кандидата экономических наук.

Краснодарский университет МВД России

Проблема принятия управленческих решений усугубляется большим количеством выполняемых видов работ на различных стадиях и этапах при технологическом обеспечении разработки и постановки на производство ракетно-космической техники, которые не всегда протекают в условиях определенности. В этой связи авторы предлагают модель рисков системы технологического обеспечения разработки и производства ракетно-космической техники в рамках государственного оборонного заказа. Концептуальная модель рисков предприятий оборонно-промышленного комплекса при разработке ракетно-космической техники в рамках государственного оборонного заказа является инструментом для определения уровня риска, сложности рисков комбинации, реализующегося этапа ее жизненного цикла и первоисточника, образующего при разработке ракетно-космической техники в рамках государственного оборонного заказа.

Ключевые слова: риски, результат, безопасность, эффект, блок, стадия

CONCEPTUAL RISK MODEL OF THE TECHNOLOGICAL SUPPORT SYSTEM FOR THE DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY

L.V. Zubova; O.V. Martynenko.

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

N.R. Gotskaya.

Krasnodar university of the Ministry of internal affairs of the Russian Federation

The problem of making management decisions is compounded by a large number of types of work performed at various stages and stages in the technological support of the development and production of rocket and space technology, which do not always take place in conditions of certainty, often in uncertainty. In this regard, the authors propose a risk model for the system of technological support for the development and production of rocket and space technology within the framework of the state defense order. The conceptual risk model of the defense industry enterprises in the development of the rocket and space technology within the framework of the State Budget is a tool for determining the level of risk, the complexity of the risk combination, the stage of its life cycle that is being implemented and the primary source of the formation in the development of the rocket and space technology within the framework of the State Budget.

Keywords: risks, result, safety, effect, block, stage

Прогнозирование и диагностирование первичных рисков минимизирует вероятность возникновения вторичных рисков:

- рисков снижения качества обоснования начальной цены государственного оборонного заказа (ГОЗ);
- рисков потенциального отсутствия или нехватки ресурсов, отраженных в балансе и неотраженных в балансе (с учетом возможного участия исполнителей в двух и более научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах (НИОКР) одновременно);
- рисков снижения качества ракетно-космической техники (РКТ);
- рисков снижения качества взаимодействия исполнителей при разработке РКТ.

К рискам снижения качества обоснования начальной цены ГОЗ относятся:

- риски перерасхода ресурсов;
- риски неприемлемой стоимости ресурсов;
- риски неприемлемой стоимости работ.

К рискам потенциального отсутствия или нехватки ресурсов, отраженным в балансе относятся:

- риски нехватки оборотных активов товарно-материальных запасов;
- риски нехватки оборотных активов: денежных средств;
- риски нехватки оборотных активов: краткосрочных финансовых вложений;
- риски нехватки оборотных активов: дебиторской задолженности;
- риски нехватки оборотных активов: зданий;
- риски нехватки оборотных активов: сооружений;
- риски нехватки оборотных активов: земли;
- риски нехватки оборотных активов: нематериальных активов, в том числе низкий уровень деловой репутации.

К рискам потенциального отсутствия или нехватки ресурсов, неотраженным в балансе относятся:

- риски нехватки организационных ресурсов: патентов;
- риски нехватки организационных ресурсов: брендов;
- риски нехватки организационных ресурсов: документационных систем;
- риски нехватки организационных ресурсов: прав доступа;
- риски нехватки организационной структуры;
- риски нехватки человеческих ресурсов;
- риски нехватки человеческих ресурсов: знаний;
- риски нехватки человеческих ресурсов: функциональных навыков;
- риски нехватки человеческих отношенческих ресурсов и др.

К рискам процессов обеспечения качества разработки и РКТ и взаимодействия исполнителей относятся: риски производственных процессов, риски инновационных процессов и риски процессов функционального обслуживания производственных и инновационных процессов.

Риски производственных процессов включают в себя:

- риски основных производственных процессов;
- риски вспомогательных процессов производства;
- риски обслуживающих процессов производства.

Риски инновационных процессов включают в себя:

- риски исследовательских процессов;
- риски изобретательских процессов.

Риски процессов функционального обслуживания производственных и инновационных процессов включают в себя:

- риски материально-технического снабжения;
- риски функционального обслуживания производства;
- риски процессов нормирования показателей деятельности предприятий (основным из которых выступает показатель трудоемкости видов работ);

- риски планирования;
- риски учета;
- риски анализа;
- риски регулирования;
- риски финансового обеспечения;
- риски подготовки кадров;
- риски информационного обеспечения и т.д.

Риски взаимодействия исполнителей включают в себя риски процессов взаимодействия между участниками ГОЗ [1].

Отличительной особенностью модели является то, что она включает в себя все основные этапы жизненного цикла разработки РКТ, а также учитывает риски процессов как на уровне взаимодействия участников разработки РКТ в рамках ГОЗ, так и на уровне взаимодействия внутренних процессов предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК) с учетом риска участия в двух и более работах одновременно. Данная модель позволяет разработать комплексную систему показателей прогнозирования начальной цены ГОЗ и мониторинга процессов с сегментацией процессов на рисковые и безрисковые процессы с сегментацией затрат на рисковые (рискоемкость) и безрисковые (процессоемкость) затраты.

Научная новизна модели заключается в том, что в отличие от существующих, она основана на необходимости раздельного решения задач по оцениванию рисков отдельных процессов разработки РКТ с применением комплексного подхода ко всем этапам жизненного цикла разработки и производства РКТ при обязательном выполнении условий задач разработки РКТ в рамках ГОЗ в требуемые сроки. Модель позволяет реализовать принципы системного подхода к управлению рисками разработки РКТ на всех этапах ее разработки.

Теоретическая значимость модели состоит в том, что она дополняет теорию военно-экономического анализа и прогнозирования совокупной стоимости работ с учетом рисков разработки РКТ в рамках ГОЗ, а также экономической безопасности и военной логистики в части, касающейся формирования информационной инфраструктуры, в целях оценивания и мониторинга рисков ГОЗ.

Практическая значимость модели определяется тем, что она позволяет разработать перечень стандартных документов, которые должны предоставляться возможными участниками кооперации головному исполнителю, и на основании которых будет возможна финансовая оценка совокупной стоимости рисков и рискоустойчивости предприятий ОПК при разработке РКТ на этапе определения цены, перед началом разработки РКТ и во время выполнения всех видов работ [2].

Посредством использования концептуальной модели рисков кооперации предприятий ОПК упрощается процедура упорядочивания видов работ и прогнозирования вероятности возникновения и уровня влияния на разработку РКТ рисков, где средние и высокие уровни рисков подлежат немедленному управлению. При появлении непрогнозируемого риска (НР) необходимо определять источник его возникновения, реализующийся этап жизненного цикла НР и эффект от сокращения его продолжительности или ликвидации (при возможности) для принятия решения [3].

Сущность концептуальной модели рисков предприятия ОПК в рамках ГОЗ заключается в том, что она включает в себя риски кооперации предприятий ОПК при разработке РКТ в рамках ГОЗ различных этапов системы технологического обеспечения разработки и производства (ТОРП) РКТ в рамках ГОЗ, представленная как целостная структура, включающая в себя следующие группы рисков:

- риски этапа определения начальной цены контракта;
- риски потенциального отсутствия или нехватки ресурсов, отраженных и неотраженных в балансе;
- риски процессов обеспечения качества РКТ.

Риски могут быть первичными и вторичными. Не учёт первичных рисков вызывает появление вторичных.

К рискам на этапе определения начальной цены контракта во избежание вторичных рисков снижения рискоустойчивости предприятия ОПК производится определение уровня качества произведенного обоснования начальной цены контракта на предмет выявления первичных рисков завышения/занижения цены ГОЗ, связанных с включением в стоимость ГОЗ с неприемлемо высокой (низкой) стоимостью материалов, других активов, с неприемлемо высокой (низкой) трудоемкостью на все виды работ [4].

К рискам потенциального отсутствия или нехватки ресурсов, отраженным в балансе соответственно относятся:

- риски нехватки оборотных активов товарно-материальных запасов;
- риски нехватки оборотных активов: денежных средств;
- риски нехватки оборотных активов: краткосрочных финансовых вложений;
- риски нехватки оборотных активов: дебиторской задолженности;
- риски нехватки оборотных активов: зданий;
- риски нехватки оборотных активов: сооружений;
- риски нехватки оборотных активов: земли;
- риски нехватки оборотных активов: нематериальных активов, в том числе низкий уровень деловой репутации.

Использование стандартных документов позволит сделать такую оценку более оперативной, а также повысить экономическую эффективность разработки РКТ и уровень экономической безопасности предприятий ОПК.

К рискам потенциального отсутствия или нехватки ресурсов, не отраженных в балансе, соответственно относятся:

- риски нехватки организационных ресурсов: патентов;
- риски нехватки организационных ресурсов: брендов;
- риски нехватки организационных ресурсов: документационных систем;
- риски нехватки организационных ресурсов: прав доступа;
- риски нехватки организационной структуры;
- риски нехватки человеческих ресурсов;
- риски нехватки человеческих ресурсов: знаний;
- риски нехватки человеческих ресурсов: функциональных навыков;
- риски нехватки человеческих отношений ресурсов и др.

К рискам процессов обеспечения качества разработки РКТ, возникающих внутри самих предприятий, относятся: производственные процессы предприятий ОПК, это не единственного рода процессы, они, как правило, сопрягаются еще с инновационными процессами и процессами функционального обслуживания производственных и инновационных процессов.

Сами производственные процессы разделяют на:

- основные процессы;
- вспомогательные процессы;
- обслуживающие процессы.

Соответственно, появляется необходимость в учете и рисков данных процессов, а именно рисков производственных процессов:

- рисков основных производственных процессов;
- рисков вспомогательных процессов производства;
- рисков обслуживающих процессов производства.

Инновационные процессы также классифицируются на:

- инновационные процессы;
- исследовательские процессы;
- изобретательские процессы [5].

Соответственно, появляется необходимость в учете рисков инновационных процессов, а именно:

- рисков инновационных процессов;
- рисков исследовательских процессов;
- рисков изобретательских процессов.

И соответственно при реализации процессов функционального обслуживания производственных и инновационных процессов возможно появление следующих рисков:

- рисков функционального обслуживания производственных процессов;
- рисков функционального обслуживания инновационных процессов.

К рискам процессов функционального обслуживания производственных и инновационных процессов относятся:

- риски материально-технического снабжения;
- риски функционального обслуживания производства;
- риски процессов нормирования различных показателей деятельности предприятий, основным из которых выступает показатель трудоемкости видов работ;

- риски планирования;
- риски учета;
- риски анализа;
- риски регулирования;
- риски финансового обеспечения;
- риски подготовки кадров;
- риски информационного обеспечения и т.д.

При анализе рисков различных процессов предприятий ОПК необходимо анализировать и оценивать уровни рисков полного отсутствия или нехватки тех или иных отраженных и не отраженных в балансе ресурсов. А именно, к рискам потенциального отсутствия или нехватки ресурсов, отраженных в балансе, относятся:

- риски потенциального отсутствия или нехватки оборотных активов;
- риски потенциального отсутствия или нехватки товарно-материальных ценностей;
- риски нехватки денежных средств;
- риски нехватки краткосрочных финансовых вложений;
- риски недостаточной дебиторской задолженности;
- риски нехватки внеоборотных активов;
- риски нехватки зданий;
- риски нехватки сооружений;
- риски нехватки земли;
- риски нехватки оборудования;
- риски нехватки нематериальных активов;
- низкий уровень деловой репутации.

К рискам потенциального отсутствия или нехватки ресурсов, не отраженных в балансе, относятся:

- риски нехватки хозяйственных ресурсов;
- риски нехватки патентов, брендов;
- риски нехватки документированных систем;
- риски недостаточного количества и качества процессов;
- риски отсутствия права доступа;
- риски нехватки человеческих ресурсов;
- риски нехватки отношенческих ресурсов;
- риски нехватки знаний;
- риски нехватки функциональных навыков;
- риски нехватки или отсутствия опыта;
- риски организационной структуры.

Построение аддитивно-мультипликативной модели с платежными матрицами рисков позволит производить оценивание динамических характеристик рисков кооперации предприятия ОПК при разработке РКТ по аналогии оценивания рисков при поставке электронно-компонентной базы для разработки РКТ, определять вероятность возникновения рисков с уровнем угрозы на успешность выполнения ГОЗ.

Универсальность данной классификации рисков заключается в том, что охвачены не только риски производственных процессов внутри предприятия ОПК, но и риски взаимодействия участников ГОЗ с рисками, возникающими на этапе определения начальной цены ГОЗ.

Предлагается рассматривать процесс управления рисками разработки РКТ в рамках ГОЗ не с момента начала его реализации, а с момента его технико-экономического обоснования, оценивать риски не только от хода выполнения работ, но и риски процессов технико-экономического обоснования ГОЗ.

НИОКР (неверные проекты определения начальной цены контракта (ОНЦК), нецелесообразность создания техники, завышение или занижение показателей трудоемкости работ, значительное завышение объективной цены контракта; неверный прогноз инфляции, неучет эпидемиологической ситуации в мире, политических рисков, низкая рискоустойчивость предприятий РКТ и т.д.).

Новизной предлагаемой концептуальной модели являются новые риски разработки РКТ, а также учет данных рисков в зависимости от этапа жизненного цикла разработки РКТ в рамках ГОЗ [6].

Отличительной особенностью предлагаемой концептуальной модели является то, что она охватывает весь жизненный цикл участия предприятия ОПК при разработке РКТ в рамках ГОЗ, разделяя риски на первичные и вторичные с целью возможности определения своевременности принятых мер по ликвидации или минимизации последствий рисков ГОЗ. Данная модель описывает основные риски, возникающие при взаимодействии участников ГОЗ, и этапы его выполнения с учетом этапа ОНЦК.

Теоретическая значимость модели заключается в том, что она позволяет разработать подход оценивания рисков предприятий ОПК при разработке РКТ в зависимости от этапа жизненного цикла разработки РКТ в рамках ГОЗ.

Практическая значимость модели заключается в том, что оценивание уровней рисков, исходя из данной классификации рисков при разработке РКТ позволяет разработать перечень стандартных документов, которые должны предоставляться возможными участниками кооперации головному исполнителю, и на основании которых будет возможна финансовая оценка рисков и рискоустойчивости предприятия (фактической и прогнозной с учетом превентивных мероприятий) на этапе определения цены, перед началом работы и во время выполнения НИОКР. Использование стандартных документов позволит сделать такую оценку более оперативной, а также повысить экономическую эффективность предприятий ОПК, результативность использования бюджетных средств, выделяемых на оборону страны, и в глобальном масштабе – военно-экономическую безопасность системы ТОРП РКТ.

Посредством использования концептуальной модели рисков кооперации предприятий ОПК упрощается процедура упорядочивания видов работ и прогнозирования вероятности возникновения и уровня влияния на проект рисков, где средние и высокие уровни рисков подлежат немедленному управлению [7–12].

Литература

1. ГОСТР 58125–2018. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы космические. Система технологического обеспечения разработки и постановки на производство изделий космической техники. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. О стандартизации в Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ. Ст. 26. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Давыдянец Д.Е., Жидков В.Е., Зубова Л.В. К определению понятий «энергосбережение» и «энергоэффективность» // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9–6. С. 1294–1296.

4. Зубова Л.В., Кузьмин В.Н., Шерстюк А.В. Комплексная оценка предприятий-участников кооперации при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на основе риск-ориентированного подхода // *Вооружение и экономика*. 2020. № 2 (52). С. 95–102.

5. Зубова Л.В., Давыдянец Д.Е. Оценка эффекта и эффективности последствий рисков хозяйствующего субъекта с учетом обеспечения допустимой рискоустойчивости и необходимой конкурентоспособности // *Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал*. 2010. № 4. С. 186–190.

6. Zubova L., Yakovleva A., Stepanova T., Koneva O.V., Vanieva A. Methodology development to assess the contractor risk tolerance from the rocket and space technology life cycle stage // *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2019. Т. 8. № 4. С. 7894–7898.

7. Zubova L., Yakovleva A., Tregulova N., Vasenev S., Zibrova N. Development of a risk assessment system for the creation of space rocket technology // *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019. Т. 9. № 1. С. 2745–2750.

8. Gotskaya N.R., Davydyants D.E., Karlik A.E., Petrov D.M. Comprehensive value of enterprise solutions and algorithm of risk level assessment technical sciences // *Science and Society*. 2018. Т. 82. № 3. С. 111–121.

9. Zubova L.V., Kuzmin V.N., Sherstyuk A.V. Model of administration of managerial decisions based on estimation of risk-stability of enterprises. 2018.

10. Зубова Л.В., Зубов А.О., Коровин Э.В. Методический подход оценивания пороговых значений экономической безопасности предприятий оборонно-промышленного комплекса в ходе выполнения государственного оборонного заказа: материалы Междунар. молодеж. науч. шк. / под ред. Л.И. Ушвицкого. Ставрополь: СЕКВОЙЯ, 2019. С. 136–140.

11. Зубова Л.В., Кузьмин В.Н., Шерстюк А.В. Комплексная оценка предприятий-участников кооперации при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на основе риск-ориентированного подхода // *Вооружение и экономика*. 2020. № 1 (Ч. 52). С. 95–102.

12. Овчинников М. О перспективном ценообразовании в сфере ГОЗ // *Новый оборонный заказ. Стратегии*. 2018. № 3 (50).

References

1. GOSTR 58125–2018. Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. Sistemykosmicheskie. Sistematekhnologicheskogo obespecheniya razrabotki i postanovki na proizvodstvoizdelij kosmicheskoy tekhniki. Dostupizsprav.-pravovojssystemy «Konsul'tantPlyus».

2. О стандартизации в Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ. Ст. 26. Dostupizsprav.-pravovojssystemy «Konsul'tantPlyus».

3. Davydyanc D.E., Zhidkov V.E., Zubova L.V. K opredeleniyu ponyatij «energoberezhenie» i «energoeffektivnost'» // *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014. № 9-6. S. 1294–1296.

4. Zubova L.V., Kuz'min V.N., Sherstyuk A.V. Kompleksnaya ocenka predpriyatij-uchastnikov kooperacii pri vypolnenii nauchno-issledovatel'skih i opytно-konstruktorskih rabot na osnove risk-orientirovannogo podhoda // *Vooruzhenie i ekonomika*. 2020. № 2 (52). S. 95–102.

5. Zubova L.V., Davydyanc D.E. Ocenkaeffekta i effektivnosti posledstvij riskov hozyajstvuyushchego sub"ekta s uchetom obespecheniya dopustimoj riskoustojchivosti

ineobhodimoj konkurentosposobnosti // *Biznesvzakone. Ekonomiko-yuridicheskijzhurnal*. 2010. № 4. S. 186–190.

6. Zubova L., Yakovleva A., Stepanova T., Koneva O.V., Vanieva A. Methodology development to assess the contractor risk tolerance from the rocket and space technology life cycle stage // *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2019. T. 8. № 4. S. 7894–7898.

7. Zubova L., Yakovleva A., Tregulova N., Vasenev S., Zibrova N. Development of a risk assessment system for the creation of space rocket technology // *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019. T. 9. № 1. S. 2745–2750.

8. Gotskaya N.R., Davydyants D.E., Karlik A.E., Petrov D.M. Comprehensive value of enterprise solutions and algorithm of risk level assessment technical sciences // *Science and Society*. 2018. T. 82. № 3. S. 111–121.

9. Zubova L.V., Kuzmin V.N., Sherstyuk A.V. Model of administration of managerial decisions based on estimation of risk-stability of enterprises. 2018.

10. Zubova L.V., Zubov A.O., Korovin E.V. Metodicheskij podhod ocenivaniya porogovyh znachenij ekonomicheskoy bezopasnosti predpriyatij oboronno-promyshlennogo kompleksa v hode vypolneniya gosudarstvennogo oboronnoho zakaza: materialy Mezhdunar. molodezh. nauch. shk. / pod red. L.I. Ushvickogo. Stavropol': SEKVOJYA, 2019. S. 136–140.

11. Zubova L.V., Kuz'min V.N., Sherstyuk A.V. Kompleksnaya ocenka predpriyatij-uchastnikov kooperacii pri vypolnenii nauchno-issledovatel'skih i opytно-konstruktorskih rabot na osnove risk-orientirovannogo podhoda // *Vooruzhenie i ekonomika*. 2020. № 1 (Ch. 52). S. 95–102.

12. Ovchinnikov M. O perspektivnom cenoobrazovanii v sfere GOZ // *Novyj oboronnyj zakaz. Strategii*. 2018. № 3 (50).

УДК 330.46

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ ОБОСНОВАНИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ О МОДЕРНИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ В СИЛОВЫХ СТРУКТУРАХ

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

Санкт-Петербургский горный университет;

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

В.Ф. Минаков, доктор технических наук, профессор.

Санкт-Петербургский государственный экономический университет.

Е.Н. Трофимец, кандидат педагогических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена математическая модель оценки экономической целесообразности модернизации сложных технических систем, дополненная сценарным подходом к оценке величины изменения будущих эксплуатационных расходов. Для снижения степени субъективизма в определении вероятностей осуществления сценариев предлагается использовать групповую экспертную оценку с применением методов, позволяющих более объективно переходить от качественных экспертных суждений к количественным оценкам. Приведен пример использования рассмотренного методического аппарата для обоснования экономической целесообразности модернизации сервера бортового радиолокационного комплекса.

Ключевые слова: сложная техническая система, модернизация, экономико-математическая модель, сценарный анализ

IMPROVEMENT OF THE MODEL OF JUSTIFICATION OF MANAGEMENT DECISIONS ON MODERNIZATION OF COMPLEX SYSTEMS IN FORCE STRUCTURES

V. Ya. Trofimets. Saint-Petersburg mining university;

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

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

E. N. Trofimets. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

A mathematical model for assessing the economic feasibility of modernizing complex technical systems is considered, supplemented by a scenario approach to estimating the magnitude of changes in future operating costs. To reduce the degree of subjectivity in determining the probabilities of scenarios, it is proposed to use a group expert assessment using methods that allow a more objective transition from qualitative expert judgments to quantitative estimates. An example of using the considered methodological apparatus to justify the economic feasibility of upgrading the server of the onboard radar complex for remote sensing of the Earth's surface is given.

Keywords: complex technical system, modernization, economic and mathematical model, scenario analysis

При рассмотрении вопроса о целесообразности модернизации сложных технических систем (СТС) необходимо принимать во внимание два противоречивых, но тесно связанных между собой аспекта. С одной стороны, необходимо учитывать повышение уровня функциональной эффективности, достигаемой в результате модернизации СТС, с другой стороны, необходимо учитывать различные виды ресурсов (материальные, трудовые, финансовые и др.), которые необходимо израсходовать в целях повышения качества СТС. Принимая во внимание данные аспекты, можно сформулировать два ключевых требования к критерию целесообразности модернизации СТС:

– критерий должен содержать количественную оценку приращения качества усовершенствованной СТС по сравнению с существующим (базовым) образцом;

– критерий должен учитывать, с одной стороны, возможный экономический эффект, получаемый в результате модернизации системы, а с другой стороны, все виды дополнительных расходов, связанных с модернизацией системы.

Экономический эффект может проявляться в снижении затрат на эксплуатацию системы и экономический эффект от уменьшения стоимости выполнения задачи в связи с усовершенствованием системы.

Для обоснования экономической целесообразности модернизации СТС за основу может быть взят методический аппарат, предложенный в работе [1] и базирующийся на понимании экономического эффекта как разности в стоимости выполнения одной и той же типовой функциональной задачи базовым и модернизированным образцами:

$$\Delta \mathcal{E} = C^B - C^M, \quad (1)$$

где $\Delta \mathcal{E}$ – экономический эффект, получаемый в результате модернизации системы; C^B , C^M – стоимость выполнения типовой функциональной задачи базовым и модернизированным образцами соответственно.

Модернизация считается экономически целесообразной, если величина экономического эффекта существенно больше нуля.

Если для выполнения типовой функциональной задачи требуется выполнить определенное количество циклов полезной работы, то формулу (1) можно записать в следующем виде:

$$\Delta \mathcal{E} = C_1^B n^B - C_1^M n^M, \quad (2)$$

где C_1^B , C_1^M – стоимость единичного цикла полезной работы для базового и модернизированного образцов; n^B , n^M – количество циклов полезной работы для базового и модернизированного образцов.

В зависимости от системы под циклом полезной работы понимается повторяющийся рабочий процесс функционирования системы, ведущий к достижению заданной цели. Например, для авиационно-космических систем мониторинга чрезвычайных ситуаций (ЧС) циклом полезной работы может быть количество включений режима синтетизирования апертуры антенны для распознавания точечного (площадного) объекта с требуемой вероятностью на участке местности заданной площади; количество облетов зоны ответственности для вскрытия пожарной обстановки с требуемой детализацией; количество самолето-вылетов и т.п. Для распределенных систем под n может также пониматься количество входящих в его состав однородных элементов.

Повышение качества системы, как правило, сопровождается дополнительными затратами, связанными с проведением специальных опытно-конструкторских работ (стоимостью $C_{окр}$), дополнительным технологическим оснащением производства

(стоимостью $C_{осн}$), увеличением стоимости изготовления модернизированного изделия по сравнению с базовым ($C_{изг}^M - C_{изг}^B$).

Следовательно, можно записать:

$$C_1^M = C_1^B + \frac{C_{изг}^M - C_{изг}^B}{R} + \frac{C_{окр} + C_{осн}}{NR}, \quad (3)$$

где N – объем предполагаемой программы выпуска модернизированной системы; R – технический ресурс системы.

Кроме того, в формуле (3) должно быть учтено уменьшение или увеличение эксплуатационных расходов $\Delta C_{э}$, приходящихся на один цикл полезной работы. Тогда, подставив выражение (3) с учетом $\Delta C_{э}$ в формулу (2), получим:

$$\Delta \mathcal{E} = C_1^B n^B - n^M \left(C_1^B + \frac{C_{изг}^M - C_{изг}^B}{R} + \frac{C_{окр} + C_{осн}}{NR} \pm \frac{\Delta C_{э}}{R} \right). \quad (4)$$

В формуле (4) проведем группировку затрат и эффекта для заказчика системы и затрат для изготовителя системы:

$$\Delta \mathcal{E} = n^M \left[C_1^B \left(\frac{n^B}{n^M} - 1 \right) \pm \frac{\Delta C_{э}}{R} \right] - n^M \left(\frac{C_{изг}^M - C_{изг}^B}{R} + \frac{C_{окр} + C_{осн}}{NR} \right). \quad (5)$$

Обозначим составляющие формулы (5) через $\Delta \mathcal{E}_{зак}$ и $\Delta \mathcal{E}_{пром}$:

$$\Delta \mathcal{E}_{зак} = n^M \left[C_1^B \left(\frac{n^B}{n^M} - 1 \right) \pm \frac{\Delta C_{э}}{R} \right]; \quad (6)$$

$$\Delta \mathcal{E}_{пром} = n^M \left(\frac{C_{изг}^M - C_{изг}^B}{R} + \frac{C_{окр} + C_{осн}}{NR} \right). \quad (7)$$

Используя введенные обозначения, запишем:

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta \mathcal{E}_{зак} - \Delta \mathcal{E}_{пром},$$

где $\Delta \mathcal{E}_{зак}$ – эффект «заказчика»; $\Delta \mathcal{E}_{пром}$ – эффект «изготовителя».

В формуле (6) выражение $C_1^B \left(\frac{n^B}{n^M} - 1 \right)$ отражает эффект, получаемый в результате повышения качества системы, а выражение $\frac{\Delta C_{э}}{R}$ – возможное изменение эксплуатационных расходов. В формуле (7) выражение $\frac{C_{изг}^M - C_{изг}^B}{R} + \frac{C_{окр} + C_{осн}}{NR}$ отражает дополнительные расходы.

Таким образом, если выполняется соотношение:

$$C_1^B \left(\frac{n^B}{n^M} - 1 \right) \pm \frac{\Delta C_{\text{э}}}{R} > \frac{C_{\text{изг}}^M - C_{\text{изг}}^B}{R} + \frac{C_{\text{окр}} + C_{\text{осн}}}{NR},$$

то модернизация СТС является экономически целесообразной.

При проведении конкретных расчетов следует обеспечить условия сопоставимости сравниваемых вариантов, для чего нужно исходить из следующих условий:

– критерием целесообразности модернизации системы является величина эффекта, определяемого на годовой объем производства в расчетном году, то есть годовой экономический эффект;

– если текущие затраты изменяются во времени, а капитальные вложения осуществляются в течение ряда лет, то учитывается фактор времени.

Для учета первого требования необходимо от эффекта $\Delta \mathcal{E}$, рассчитанного по формуле (5), перейти к годовому эффекту $\Delta \mathcal{E}_r$, определяемому на объем выпуска изделий в расчетном году, то есть:

$$\Delta \mathcal{E}_r = \frac{\Delta \mathcal{E}}{n^M} V_r R, \quad (8)$$

где V_r – объем выпуска модернизированных систем в расчетном году.

В формуле (8) величина $\frac{\Delta \mathcal{E}}{n^M}$ представляет собой величину эффекта, приходящегося на один цикл полезной работы (например, на один самолето-вылет). Множитель $V_r R$ характеризует количество циклов полезной работы, которые могут выполнить системы, изготовленные в расчетном году в объеме V_r и имеющие технический ресурс в объеме R циклов полезной работы каждая. Тогда произведение величин $\frac{\Delta \mathcal{E}}{n^M}$ и $V_r R$ будет являться, по существу, произведением эффекта от одного цикла полезной работы на общее количество циклов, «произведенное» в расчетном году, и характеризовать годовой экономический эффект.

После подстановки выражения (5) в выражение (8), получим обобщенную формулу для расчета годового экономического эффекта:

$$\Delta \mathcal{E}_r = V_r R \left[C_1^B \left(\frac{n^B}{n^M} - 1 \right) \pm \frac{\Delta C_{\text{э}}}{R} \right] - V_r R \left(\frac{C_{\text{изг}}^M - C_{\text{изг}}^B}{R} + \frac{C_{\text{окр}} + C_{\text{осн}}}{NR} \right). \quad (9)$$

Для учета фактора времени все единовременные и текущие затраты должны быть приведены к одному моменту времени. Для этого может быть использован метод дисконтирования, широко применяющийся при оценке экономической эффективности инвестиционных проектов. Приведение разновременных затрат к одному моменту времени осуществляется с помощью норматива приведения $E_{\text{НП}}$ (нормы дисконта), косвенно отражающего эффективность капитальных вложений.

Для приведения разновременных затрат к одному моменту времени (дисконтирования) необходимо показатель затрат определенного года C_t умножить на коэффициент α_t , называемый коэффициентом дисконтирования. Он определяется по формуле:

$$\alpha_t = (1 + E_{\text{НП}})^{-t},$$

где $E_{\text{нп}}$ – норматив приведения (норма дисконта); Δt – число лет, отделяющее начало расчетного года t_p от года t , в котором осуществляются расходы ресурсов.

Тогда, если плановый расход средств в t году равен C_t , то дисконтированный показатель $C_t^{(t)}$ будет определяться из соотношения $C_t^{(t)} = C_t \alpha_t$. Для определения суммарных за ряд лет и приведенных к расчетному году затрат используется формула:

$$C_{\Sigma}^{(t)} = \sum_{t=1}^k C_t \alpha_t.$$

По изменяющимся годовым затратам, например, себестоимости, рассчитывается среднегодовая величина:

$$\bar{C}^{(t)} = \frac{C_{\Sigma}^{(t)}}{k}.$$

С учетом приведения разновременных затрат к расчетному году формула (9) преобразуется к следующему виду:

$$\Delta \mathcal{E}_r = V_r R \left[C_1^B \left(\frac{n^B}{n^M} - 1 \right) \pm \frac{\Delta \bar{C}_{\mathcal{E}}^{(t)}}{R} \right] - V_r R \left(\frac{\bar{C}_{\text{изг}}^{M(t)} - \bar{C}_{\text{изг}}^{B(t)}}{R} + \frac{\bar{C}_{\text{окр}}^{(t)} + \bar{C}_{\text{осн}}^{(t)}}{NR} \right). \quad (10)$$

В формулах (9) и (10) наибольшую информационную неопределенность имеет величина изменения эксплуатационных расходов $\Delta C_{\mathcal{E}}$, значение которой зависит от целого ряда факторов, которые бывает затруднительно в полной мере учесть на этапе разработки системы и которые проявляют себя во время её эксплуатации. Таким образом, на этапе принятия решения о целесообразности модернизации СТС величина $\Delta C_{\mathcal{E}}$ имеет вероятностный характер.

Для снижения степени неопределенности в оценке $\Delta C_{\mathcal{E}}$ может быть использован сценарный подход, в рамках которого рассматриваются возможные непротиворечивые комбинации факторов внешнего и внутреннего окружения, оказывающих влияние на значение величины $\Delta C_{\mathcal{E}}$. При рассмотрении трёх сценариев (пессимистического, наиболее вероятного и оптимистического) итоговое значение величины $\Delta C_{\mathcal{E}}$ может быть рассчитано по формуле математического ожидания:

$$M(\Delta C_{\mathcal{E}}) = \sum_{i=1}^3 \Delta C_{\mathcal{E}i} p_i, \quad (11)$$

где $M(\Delta C_{\mathcal{E}})$ – математическое ожидание изменения эксплуатационных расходов; $\Delta C_{\mathcal{E}1}$ – значение изменения эксплуатационных расходов для пессимистического сценария; $\Delta C_{\mathcal{E}2}$ – значение изменения эксплуатационных расходов для наиболее вероятного сценария; $\Delta C_{\mathcal{E}3}$ – значение изменения эксплуатационных расходов для оптимистического сценария; p_i – вероятность осуществления сценария.

Использование формулы (11) связано с определением вероятностей p_i . Если СТС проходит неглубокую модернизацию, то для определения p_i могут быть взяты за основу статистические массивы данных, накопленные за время эксплуатации базовых СТС в различных условиях. В случае глубокой модернизации СТС для определения p_i

потребуется проведение экспертных процедур. Во второй ситуации вероятности p_i будут иметь субъективный характер, что, в свою очередь, порождает методологическую проблему их адекватной оценки [2].

Для снижения степени субъективизма в определении вероятностей p_i предлагается использовать групповую экспертную оценку с применением методов, позволяющих более объективно переходить от качественных экспертных суждений к количественным оценкам [3–12]. В качестве таких методов, которые, с одной стороны, хорошо зарекомендовали себя на практике, а с другой стороны, обладают достаточной простотой, могут быть рекомендованы метод анализа иерархий Саати [3, 6, 7, 10] и теория полезности Фишберна [3, 11].

При использовании метода анализа иерархий субъективным вероятностям p_i будет соответствовать результирующий вектор приоритетов сценариев. В случае коллективной независимой экспертизы для агрегирования экспертных суждений может быть использована формула среднего геометрического:

$$a_{ij}^A = \sqrt[n]{a_{ij}^1 \times a_{ij}^2 \times \dots \times a_{ij}^n},$$

где a_{ij}^k – суждение k -го эксперта о степени предпочтения i -го сценария перед j -м сценарием.

При использовании теории полезности Фишберна субъективные вероятности p_i могут быть оценены по формуле:

$$\hat{p}_i = \frac{2(n-i+1)}{n(n+1)}, \quad i=1, \dots, n,$$

где n – количество рассматриваемых сценариев.

Для случая трех сценариев и умеренно пессимистического подхода к установлению бинарного отношения предпочтения ($\Delta C_{э2} \triangleright \Delta C_{э1} \triangleright \Delta C_{э3}$) получим:

$$\hat{p}_1 = 0,333, \quad \hat{p}_2 = 0,5, \quad \hat{p}_3 = 0,167.$$

Приведем пример использования рассмотренного методического аппарата для обоснования экономической целесообразности модернизации сервера бортового радиолокационного комплекса дистанционного зондирования земной поверхности.

Пример. На бортовом радиолокационном комплексе мониторинга ЧС предполагается модернизация сервера обработки радиолокационных сигналов в плане повышения надежности с $\lambda^B = 0,054$ 1/мес. (отказов в месяц) до $\lambda^M = 0,042$ 1/мес.

Дополнительные исходные данные (приведены в условных денежных единицах – у.д.е.):

- изменение приведенной к расчетному году стоимости сервера составит 2 000 у.д.е.;
- полная стоимость сервера 12 000 у.д.е.;
- полный технический ресурс сервера 2 000 ч;
- объем программы выпуска 600 шт., годовой объем 150 шт.;
- приведенные к расчетному году расходы на опытно-конструкторские работы и дополнительную оснастку составят 30 000 у.д.е.;
- цикл полезной работы составляет в среднем 10 ч;
- средняя стоимость самолето-вылета – 50 у.д.е./ч;
- изменение эксплуатационных расходов определяется сценарным методом на основе оценок Фишберна: $\Delta C_{э1} = 2000$ у.д.е., $\Delta C_{э2} = 500$ у.д.е., $\Delta C_{э3} = -1000$ у.д.е. Имеем: $M(\Delta C_{э}) = 582,5$ у.д.е., то есть ожидается увеличение эксплуатационных расходов;

– срок эксплуатации сервера пять лет.

Определим исходные данные для формулы (10):

$$V_T=150; R^{(u)}=2000; \Delta \bar{C}_9^{(t)}=582,5; N=600; \bar{C}_{изз}^{M(t)} - \bar{C}_{изз}^{B(t)}=2000; \bar{C}_{окр}^{(t)} + \bar{C}_{осн}^{(t)}=30\,000.$$

Рассчитаем ресурс системы в циклах полезной работы: $R^{(упр)}=2\,000/10=200$ (циклов).

Рассчитаем среднюю стоимость цикла полезной работы:

$$C_1^B=(50 \times 10)+(12000/200)=560 \text{ у.д.е.}$$

$$\frac{n^B}{n^M} \cong \frac{(1 - e^{-\lambda_M T}) \lambda_B}{(1 - e^{-\lambda_B T}) \lambda_M} = \frac{(1 - e^{-0,04260}) \cdot 0,054}{(1 - e^{-0,05860}) \cdot 0,042} = 1,23.$$

$$\Delta \mathcal{E}_T=150 \times 200 \times 560 \times (1,23-1) - 150 \times 582,5 - (150 \times 2000 + 150 \times 30000/600) = 3476,2 \text{ тыс. у.д.е.}$$

Так как суммарный годовой экономический эффект положителен, усовершенствование сервера обработки радиолокационных сигналов в плане повышения надежности является экономически целесообразным.

Рассмотренные предложения по совершенствованию математической модели обоснования управленческих решений о модернизации СТС являются наиболее полезными при принятии решений о глубокой модернизации системы, когда предполагается существенное изменение её функциональных возможностей и накопленные «старые» статистические массивы данных об эксплуатационных параметрах системы не могут быть в полной мере использованы для построения их вероятностных распределений. В этом случае для получения ожидаемых значений оцениваемых параметров может быть использован сценарный подход, дополненный зарекомендовавшими себя на практике методами обработки экспертной информации. При затруднении получения экспертных суждений о степени предпочтения сравниваемых альтернатив, предлагается использовать оценки Фишберна, построенные на основе умеренно пессимистического подхода к установлению бинарного отношения предпочтения.

Дальнейшим развитием рассмотренного сценарного подхода может рассматриваться метод статистических испытаний (метод Монте-Карло), в рамках которого предполагается генерация большого числа сценариев для получения статистических оценок параметров системы. Однако следует заметить, что применение данного метода является более трудоемким, так как потребуются проведение компьютерного эксперимента и, кроме того, он также в определенном смысле не свободен от субъективизма при задании законов распределения генерируемых случайных величин.

Литература

1. Жуков Г.П., Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ и исследование операций. М.: Воениздат, 1987. 440 с.
2. Клименко И.С. Принятие решений и феномен неопределенности. СПб.: Лань, 2021. 180 с. URL: <https://www.litres.ru/i-klimenko/prinyatie-resheniy-i-fenomen-neopredelennosti-66006353/?lfrom=304045929> (дата обращения: 17.09.2021).
3. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: учеб. для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2019. 462 с.
4. Зак Ю.А. Принятие эффективных решений в экономике и менеджменте в условиях наличия нечисловой информации и размытых данных. М.: Экономика, 2018. 239 с.
5. Теория прогнозирования и принятия решений / под ред. С.А. Саркисяна. М.: Высш. шк., 1977. 351 с.

6. Колбин В.В. Математические методы коллективного принятия решений. СПб.: Лань, 2015. 256 с.
7. Захарова А.А. Математическое и программное обеспечение систем поддержки принятия стратегических решений на основе экспертных знаний. Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2018. 206 с.
8. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 161 с.
9. Глотов В.А., Павельев В.В. Векторная стратификация. М.: Наука, 1984. 95 с.
10. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1989. 316 с.
11. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М.: Наука, 1977. 352 с.
12. Подиновский В.В. Идеи и методы теории важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. М.: Наука, 2019. 103 с.

References

1. Zhukov G.P., Vikulov S.F. Voенно-ekonomicheskiy analiz i issledovanie operacij. M.: Voenizdat, 1987. 440 s.
2. Klimenko I.S. Prinyatie reshenij i fenomen neopredelennosti. SPb.: Lan', 2021. 180 s. URL: <https://www.litres.ru/i-klimenko/prinyatie-resheniy-i-fenomen-neopredelennosti-66006353/?lfrom=304045929> (data obrashcheniya: 17.09.2021)
3. Volkova V.N., Denisov A.A. Teoriya sistem i sistemnyj analiz: uchebnik dlya akademicheskogo bakalavriata. M.: Yurajt, 2019. 462 s.
4. Zak Yu.A. Prinyatie effektivnyh reshenij v ekonomike i menedzhmente v usloviyah nalichiya nechislovoj informacii i razmytyh dannyh. M.: Ekonomika, 2018. 239 s.
5. Teoriya prognozirovaniya i prinyatiya reshenij / pod red. S.A. Sarkisyana. M.: Vyssh. shk., 1977. 351 s.
6. Kolbin V.V. Matematicheskie metody kolektivnogo prinyatiya reshenij. SPb.: Lan', 2015. 256 s.
7. Zaharova A.A. Matematicheskoe i programmnoe obespechenie sistem podderzhki prinyatiya strategicheskikh reshenij na osnove ekspertnyh znaniy. Tomsk: izd-vo Tomskogo politekh. un-ta, 2018. 206 s.
8. Zade L. Ponyatie lingvisticheskoy peremennoj i ego primenenie k prinyatiyu priblizhennyj reshenij. M.: Mir, 1976. 161 s.
9. Glotov V.A., Pavel'ev V.V. Vektornaya stratifikaciya. M.: Nauka, 1984. 95 s.
10. Saati T. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij. M.: Radio i svyaz', 1989. 316 s.
11. Fishbern P. Teoriya poleznosti dlya prinyatiya reshenij. M.: Nauka, 1977. 352 s.
12. Podinovskij V.V. Idei i metody teorii vazhnosti kriteriev v mnogokriterial'nyh zadachah prinyatiya reshenij. M.: Nauka, 2019. 103 s.

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

УДК 37.015.31

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОСПИТАНИЯ ЛИДЕРСКИХ КАЧЕСТВ КУРСАНТОВ МЧС РОССИИ

О.А. Губанова, кандидат педагогических наук, доцент;
П.М. Агеев, кандидат технических наук;
С.В. Сурмило, кандидат педагогических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены особенности организации воспитательного процесса курсантов, направленного на формирование и развитие лидерских качеств. Раскрыты понятия «лидерство» и «лидерские качества». Определено, что формировать целесообразно не отдельные лидерские качества, а их блоки (коммуникативно-организационные, личностные, мотивационные и эмоционально-волевые). Организация воспитательного процесса должна носить системный, систематический, планомерный, комплексный характер и требует постоянного мониторинга лидерских способностей и готовности их приобретать. Сделан акцент на ключевые компоненты педагогического стимулирования лидерства в курсантских группах, которые следует учитывать при организации воспитательного процесса.

Ключевые слова: лидерство, лидерские качества, воспитательное влияние, воспитательный процесс, компоненты педагогического стимулирования лидерства

PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL FUNDAMENTALS OF EDUCATION OF LEADERSHIP QUALITIES OF CADETS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA

O.A. Gubanova; P.M. Ageev; S.V. Surmilo.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The paper considers the features of the organization of the educational process of cadets, aimed at the formation and development of leadership qualities. The concepts of «leadership» and «leadership qualities» are defined. It is determined that it is advisable to form not individual leadership qualities, but their blocks (communicative-organizational, personal, motivational and emotional-volitional). The organization of the educational process should be systematic, systematic, systematic, complex and requires constant monitoring of leadership abilities and readiness to acquire them. The emphasis is placed on the key components of pedagogical stimulation of leadership in cadet groups, which should be taken into account when organizing the educational process.

Keywords: leadership, leadership qualities, educational influence, educational process, components of pedagogical stimulation of leadership

Изменчивость окружающей среды предъявляет новые требования к современным специалистам. То, что работало и приносило плоды в воспитании пять лет назад, сегодня далеко не всегда дает ожидаемый результат. Сформировать у курсанта соответствующее моральное, мировоззренческое, правовое и другие качества является очень важной задачей в процессе подготовки специалиста. Кроме того, современность требует еще и развитие лидерских качеств, потребность в которых в любой сфере кумулятивно растет. Эффективность воспитательной работы, направленной на формирование и развитие лидерских качеств, в значительной мере зависит от правильно выстроенного процесса воспитания, продуманного отбора форм и методов его реализации [1].

Найти решение данной проблемы пытались многие мыслители и ученые. Среди них наиболее известными являются наработки Н. Макиавелли, Т. Гоббса, Дж. Локка, Ж.-Ж. Руссо, Т. Карлейля, Ф. Ницше, Г. Тарда, М. Вебера.

Однако сложность решения данного вопроса заключается как в разном толковании самого понятия «лидерство», так и в выборе соответствующих направлений, форм и методов воспитательного воздействия, направленных на формирование и развитие лидерских качеств.

Целью авторов является раскрытие понятия «лидерство», «лидерские качества» и формулировка рекомендаций по организации воспитательного процесса в вузах МЧС России, направленного на создание условий для формирования и развития лидерских качеств курсантов. Исследуя сущность лидерства в современной научной литературе, находим такие определения: это способность оказывать влияние на отдельных лиц и группы, направляя их усилия на достижение целей организации, то есть обеспечивать эффективное взаимодействие членов группы [2]; процесс организации и управления коллективом; тип управленческого взаимодействия, который основывается на более эффективном для данной ситуации сочетании различных источников власти и направлен на побуждение людей к достижению общих целей [3].

В общем виде лидерство можно определить как способность человека оказывать влияние на других членов группы при наличии определенных личностных качеств и заранее полученного опыта, путем доминирования и подчинения себе людей.

Следовательно, человеку, претендующему на роль лидера в группе, необходимо иметь определенные лидерские качества, особенно на этапах становления лидерства. Именно наличие или отсутствие необходимых качеств в некоторой степени определяет, почему одни члены группы становятся лидерами, а другие, наоборот, не принимаются группой в качестве лидеров. Воспитательный процесс должен быть организован таким образом, чтобы создавать платформу для формирования и развития этих лидерских качеств [4]. Следует отметить, что определение совокупности лидерских качеств является наиболее дискуссионным вопросом в сфере лидерства. Стремление найти пути формирования лидерских качеств способствовало появлению теории черт, которая создана в результате выявления качеств, присущих идеальным лидерам.

Лидерские качества в научной литературе определяются как «личностные качества, обеспечивающие эффективное лидерство – индивидуально-личностные и социально-психологические особенности личности, влияющие на группу и приводящие к достижению цели»; «такие качества, которые нужны личности для успешной организаторской деятельности и создания позитивной атмосферы в коллективе, что способствует достижению целей» [5].

Таким образом, можно определить, что под лидерскими качествами следует понимать набор личностных и профессиональных качеств, которые делают возможным влияние лидера на членов группы с целью достижения общей цели.

Анализ современной научной литературы позволяет выделить следующие лидерские качества: активность, решительность, уверенность в себе, потребность в успехе, целеустремленность, креативность, способность активно влиять на других, организаторские способности, коммуникативность, готовность к риску, эмоциональная устойчивость, наличие

силы воли, способность к эмпатии, умение разрешать конфликты, стрессоустойчивость. С точки зрения биологического подхода к лидерству целесообразно добавить еще и интуицию, юмор и резонанс.

Каждая ситуация требует от лидера уникального набора качеств и поведения. Именно поэтому, авторы считают, что набор лидерских качеств определяется, прежде всего, спецификой сферы, в которой действует лидер.

Служба в МЧС России является специфическим государственно-необходимым видом профессиональной деятельности, который охватывает обучение, дежурство, караульную и внутреннюю службу, обслуживание, проверку и ремонт техники, непосредственно действия по тушению пожара.

Следует заметить, что в отличие от других профессий к сотрудникам МЧС России предъявляются дополнительные требования по медицинским, профессионально-психологическим показателям, а так же к физической подготовке и моральным качествам.

Для сотрудников подразделений пожарной охраны характерна личная ответственность за выполнение своих функциональных обязанностей и высокие требования к личностным и психологическим характеристикам. От сотрудника подразделений пожарной охраны требуются не только глубокие профессиональные знания, но и моральная устойчивость.

Кроме того, офицер выполняет целый ряд социальных ролей: командир, воспитатель, психолог, наставник, генератор идей, энтузиаст, исполнитель и т.п.

Учитывая это, офицеру важно обладать совокупностью лидерских качеств, благодаря которым он сможет профессионально решать задачи в соответствии со своими должностными, функционально-ролевыми обязанностями и социальным назначением, что предопределяет необходимость его лидерской подготовки [6, 7].

Нельзя не согласиться с мнением ученых и практиков, что офицер – это человек, который указывает путь, ведет за собой, сохраняет единство команды (коллектива) и заботится о каждом сотруднике во время выполнения совместных задач.

Итак, лидерство офицера заключается в его способности обеспечить в подразделении:

- успешное выполнение общего задания;
- слаженную и сплоченную работу подразделения;
- индивидуальные потребности каждого сотрудника.

Опрос курсантов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России продемонстрировал, что среди наиболее значимых лидерских качеств курсанты называют коммуникабельность, настойчивость, умение брать ответственность и принимать решения в нестандартных условиях.

Итак, проведенное исследование по набору лидерских качеств позволяет сделать вывод о целесообразности изучения не столько отдельных лидерских качеств, сколько выделение блоков лидерских качеств, а именно: коммуникативно-организационных, личностных, мотивационных и эмоционально-волевых, на формирование и развитие которых и следует направлять воспитательную работу [8].

Сложность процесса воспитания заключается в том, что может быть значительный временной разрыв между фактом осуществления воспитательного воздействия и возможностью почувствовать его результат.

Проведение тестирования курсантов 3–5 курсов Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (60 человек) с применением методики диагностики лидерских способностей продемонстрировало следующие результаты.

Итак, 54 % курсантов имеют средний уровень лидерских способностей; 38 % – низкий уровень лидерских способностей и лишь 8 % демонстрируют сильно выраженные лидерские способности.

Анализ полученных результатов, учитывая период воспитательного воздействия, показал, что среди выпускников университета 17 % курсантов имеют высокий уровень лидерских способностей, а еще у 17 % лидерские способности сильно выражены.

На четвертом курсе показатель высокого уровня лидерских качеств по сравнению с пятым курсом ниже на 9 %. На третьем курсе лишь 17 % курсантов демонстрируют низкий уровень лидерских способностей и 83 % – средний.

Специфика лидерских качеств и способностей заключается в том, что они не являются устойчивыми. Любые изменения в окружающей среде требуют определенной реакции [9]. Большинство ученых утверждают, что завоевать лидерскую позицию иногда проще, чем ее удержать. Поэтому важно не только наличие лидерских способностей, но и готовности их развивать.

Таким образом, процесс воспитательного воздействия, направленного на формирование и развитие лидерских качеств курсантов, должен носить систематический характер, быть планомерным, системным и комплексным. Для его осуществления должны применяться как традиционные методы (убеждения, примера, стимулирования), так и современные коучинговые технологии [10]. Важным моментом является создание различных ситуаций, которые дают возможность проявить свои лидерские качества, продемонстрировать критичность мышления, уровень развития эмоционального интеллекта, гибкость мышления, способность принимать решения в нестандартных условиях.

Перспективными направлениями для дальнейшего исследования является разработка процедуры оценивания уровня развития лидерских качеств с целью усовершенствования воспитательного процесса.

Литература

1. Дереча В.А. Психология зависимостей: учеб. пособие для вузов. М.: Юрайт, 2019. 160 с.
2. Гришанов Л.К., Цуркан В.Д. Социологические проблемы адаптации студентов младших курсов // Психолого-педагогические аспекты адаптации студентов к учебному процессу в вузе: сб. статей. Кишинев: Штиинца, 2009. С. 3–6.
3. Леонтьев Д.А. Личностная зрелость как опосредствование личностного роста // Культурно-историческая психология развития. М.: Смысл, 2001. С. 154–161.
4. Педагогика и психология высшей школы. Ростов н/Д.: Феникс, 1998. С. 75–78, 212–236.
5. Елисейкин М.М. Технология профессионально-ориентированного обучения: учеб. пособие / под общ. ред. В.И. Бегуна. СПб.: ВМА, 2012. С. 43–148.
6. Маркова А.С. Технология массового тестирования студентов. М.: Моск. техн. ун-т связи и информ., 1996.
7. Кригер Е.Э., Антонова С.Л., Бахадова Е.В. Психология формирования личности и коллектива в мире неопределенности. М.: РГГУ, 2018. С. 31–55.
8. Леонтьева В.Л. Психология: учеб. пособие для СПО. М.: Юрайт, 2019. 152 с.
9. Немов Р.С. Психология. Психодиагностика. Введение в научное психологическое исследование с элементами математической статистики. М.: Владос, 2016. 640 с.
10. Скрипник И.Л., Воронин С.В. Основные направления совершенствования подготовки специалистов ГПС МЧС России // Подготовка кадров в система предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2017. С. 241–243.

References

1. Derecha V.A. Psihologiya zavisimostej: ucheb. posobie dlya vuzov. M.: Yurajt, 2019. 160 s.
2. Grishanov L.K., Curkan V.D. Sociologicheskie problemy adaptacii studentov mladshih kursov // Psihologo-pedagogicheskie aspekty adaptacii studentov k uchebnomu processu v vuze: sb. st. Kishinev: Shtiinca, 2009. S. 3–6.
3. Leont'ev D.A. Lichnostnaya zrelost' kak oposredstvovanie lichnostnogo rosta // Kul'turno-istoricheskaya psihologiya razvitiya. M.: Smysl, 2001. S. 154–161.

4. Pedagogika i psihologiya vysshej shkoly. Rostov n/D.: Feniks, 1998. S. 75–78, 212– 236.
5. Elisejkin M.M. Tekhnologiya professional'no-orientirovannogo obucheniya: ucheb. posobie / pod obshch. red. V.I. Beguna. SPb.: VMA, 2012. S. 43–148.
6. Markova A.S. Tekhnologiya massovogo testirovaniya studentov. M.: Mosk. tekhn. un-t svyazi i inform., 1996.
7. Kriger E.E., Antonova S.L., Bahadova E.V. Psihologiya formirovaniya lichnosti i kollektiva v mire neopredelennosti. M.: RGGU, 2018. S. 31–55.
8. Leont'eva V.L. Psihologiya: ucheb. posobie dlya SPO. M.: Yurajt, 2019. 152 s.
9. Nemov R.S. Psihologiya. Psihodiagnostika. Vvedenie v nauchnoe psihologicheskoe issledovanie s elementami matematicheskoy statistiki. M.: Vlados, 2016. 640 s.
10. Skripnik I.L., Voronin S.V. Osnovnye napravleniya sovershenstvovaniya podgotovki specialistov GPS MCHS Rossii // Podgotovka kadrov v sistema preduprezhdeniya i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: S-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2017. S. 241–243.

УДК 159.9.072.433

ОСОБЕННОСТИ ВОЛЕВОЙ РЕГУЛЯЦИИ ЛИЧНОСТИ КУРСАНТОВ РАЗНЫХ КУРСОВ АКАДЕМИИ ГПС МЧС РОССИИ

Е.В. Чижовская;**В.Н. Шляпников, кандидат психологических наук.****Московский институт психоанализа.****О.В. Стрельцов.****Всероссийский ордена «Знак Почёта» научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России**

Приведены результаты, полученные в ходе исследования особенностей волевой регуляции и смысложизненных ориентаций курсантов МЧС России. Обнаружены значимые различия по таким показателям, как преобладающий тип волевой регуляции. Выявлены значимые различия в большинстве показателей уровня самооценки собственных волевых качеств и смысложизненные ориентации курсантов первого и третьего курса.

Ключевые слова: волевая регуляция, волевые качества личности, саморегуляция, самоконтроль, смысложизненные ориентации, самооценка, профессиональное становление, курсанты вузов МЧС России

SPECIFIC FEATURES OF THE WILLED PERSONALITY REGULATION OF TRAINERS IN DIFFERENT COURSES OF THE ACADEMY OF STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA

E.V. Chizhovskaya; V.N. Shlyapnikov. Moscow institute of psychoanalysis.

O.V. Streltsov. All-Russian Order «Badge of Honor» research institute of fire protection
EMERCOM of Russia

Presents the results obtained during the study of the features of volitional regulation and semantic orientations of the cadets of the Ministry of Emergencies of Russia. Significant differences were found in such indicators as the prevailing type of volitional regulation. Revealed significant differences in most indicators of the level of self-esteem of their own volitional qualities and semantic orientations of the 1st and 3rd year cadets.

Keywords: volitional regulation, volitional personality traits, self-regulation, self-control, semantic orientations, self-esteem, professional development, cadets of universities EMERCOM of Russia

Ряд зарубежных и отечественных исследователей указывают на существенную роль волевой регуляции в процессе обучения студентов [1–3] и рассматривают ее развитие одним из основных направлений образовательной практики.

В настоящее время в отечественной практике одной из наиболее разработанных теорий волевой регуляции является деятельностно-смысловая концепция В.А. Иванникова. Воля в рамках данной концепции представляет собой системную конструкцию, включающую в себя такие психические процессы и явления, как потребности личности, мотивация, цели и ценности, мышление, эмоции и др. Конкретное волевое проявление зависит от решаемой задачи, оно может быть в виде: произвольной мотивации действия, произвольного решения при выборе в ситуации нескольких альтернатив, произвольной регуляции личностными средствами различных психических процессов и действий [4].

В рамках данной концепции были проведены эмпирические исследования особенностей волевой регуляции разных групп людей – спортсменов (В.Н. Шляпников, Ю.Н. Хрулева), представителей этнокультурных групп, проживающих на территории Российской Федерации (В.А. Иванников, В.Н. Шляпников), детей дошкольного и младшего школьного возраста (А.В. Монроз), студентов (Д.Д. Барабанов, В.А. Иванников, А.Н. Гусев).

Анализ исследований, направленных на выявление личностных особенностей курсантов вузов МЧС России, указывает на то, что изучение проблемы их волевой регуляции и поведения носит опосредованный характер, чаще всего через призму профессиональной подготовки к будущей деятельности. Так, в работе В.Л. Зверева и А.Б. Дмитриевой [5] лишь констатируется, что процесс обучения курсантов предполагает формирование у них волевых качеств.

Исследовавшие педагогические методы и формы организации учебной деятельности, направленные на формирование эмоционально-волевой устойчивости у курсантов вузов МЧС России, И.Ф. Бережная и Р.В. Коточигов [6] указывают, что наиболее предпочтительными формами обучения являются те, в которых со стороны преподавателей предоставляется возможность учащимся проявить большую самостоятельность в выборе видов учебной деятельности и контроле за процессом обучения.

Кроме того, имеются аналитические исследования методов саморегуляции курсантов, как одного из способов развития стрессоустойчивости в экстремальных ситуациях. В своей работе А.А. Земскова [7] ссылается на исследования А.В. Шленкова, который изучал степень эффективности методов саморегуляции, таких как вербально-музыкальная психорегуляция, гетеротренинг, гипноз Г.Д. Горбунова. В результате им было выявлено, что при проведении гетеротренинга у курсантов улучшалось самочувствие и настроение. Более всего данный метод подходит для лиц с высокой психической устойчивостью, высокими показателями удовлетворенности собой и окружающим миром. Вербально-музыкальное воздействие более всего подошло курсантам с высоким уровнем нейротизма. Для курсантов с высокой социальной энергичностью и низкой социальной эмоциональностью наиболее эффективным оказался метод гипноза.

Также исследовался такой аспект волевой регуляции, как принятие курсантами решений в условиях риска. Так, по результатам эмпирического исследования [8], В.В. Савенко сделал ряд выводов. Во-первых, трудности выражались в обдумывании курсантами своих решений и действий в ситуациях с достаточно полной ориентировкой. Во-вторых, они старались избегать самостоятельного принятия решения и перекладывать ответственность. В-третьих, в когнитивной сфере проблемы заключались в импульсивном принятии решений, обещающих избавление от ситуации. В экстремальных формах это приобретало характер «панического» выбора между альтернативами.

Таким образом, несмотря на имеющиеся работы необходимо отметить, что проблемы, связанные с волевой регуляцией курсантов ведомственных учебных заведений МЧС России, и ее развития в период обучения, остаются все еще недостаточно исследованными. В связи с этим представляется актуальным проведение анализаволевой регуляции курсантов, в том числе и через изучение ее связи со смысложизненными ориентациями.

Исследование проводилось на базе Академии ГПС МЧС России и еезагородногоучебного центра «Нагорное». Общая выборка испытуемых составила 100 человек. В качестве респондентов выступали молодые люди мужского пола, в возрасте от 17 до 22 лет. Сведения о выборке исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1. **Информация о выборке исследования**

№ группы	Факультет	Курс	Средний возраст($M \pm \sigma$)	Количество испытуемых (чел.)
Группа 1	«Техносферная безопасность»	1	18,23±1,2	50
Группа 2		3	19,86±0,8	50

Необходимо отметить, что условия, в которых проходит учебная деятельность разных групп, в исследуемой выборке отличаются. Учащиеся первого курса обучаются в условиях учебного заведения закрытого типа – они не имеют возможности покидать стены учебного заведения, так как находятся на казарменном положении. Обучение на третьем курсе проходит в условиях учебного заведения открытого типа – курсанты присутствуют в учебном заведении не на постоянной основе. Они проживают в общежитии, по разрешению руководства курса они могут покидать стены академии до установленного времени. Кроме того, у курсантов третьего курса есть выходные дни, которые они могут провести по своему усмотрению.

Для изучения особенностей волевой регуляции и смысловой сферы личности курсантов применялись психодиагностические методики:

– опросник «Шкала контроля за действием» J. Kuhl (НАКЕМР-90) в адаптации С.А. Шапкина;

– формализованная модификация методики самооценки (СО) Дембо-Рубинштейн в адаптации В.А. Иванникова, Е. В. Эйдмана;

– тест смысложизненных ориентаций в адаптации Д.А. Леонтьева.

Для обработки эмпирических данных были использованы методы описательной статистики (средние показатели, стандартные отклонения), методы непараметрической статистики (U – критерий Манна-Уитни, χ^2 –критерий Пирсона, r– коэффициент ранговой корреляции Спирмена). Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с использованием программы «Statistica» ver.6.1.

Относительно однородный состав групп позволяет исключить влияние таких демографических и социально-экономических факторов, как пол респондентов, их семейное положение, род занятий и т.д.

В табл. 2 отражены результаты психодиагностики волевой регуляции в выборках курсантов первого и третьего годов обучения, по субшкале «Контроль за действием при планировании» опросника «Шкала контроля за действием» J. Kuhl (НАКЕМР-90). Так курсанты обеих групп, при реализации того или иного намерения, в большей степени ориентированы на выполнение действия (ОД-диспозиция), и в меньшей степени – на свое актуальное психическое состояние (ОС-диспозиция).

Таблица 2. Результаты психодиагностики по субшкале «Контроль за действием при планировании» опросника «Шкала контроля за действием» J. Kuhl (НАКЕМР-90)

Результаты	Курс	1 курс (чел.)	3 курс (чел.)	Всего (чел.)
ОС-диспозиция «Ориентация на состояние» (самоконтроль)		5	15	20
ОД-диспозиция «Ориентация на действие» (саморегуляция)		45	35	80
Всего		50	50	100

В тоже время сравнительный анализ данных, представленных в табл. 2, с использованием критерия согласия χ^2 Пирсона показал, что имеются достоверные различия в составе групп исследуемой выборки ($\chi^2=6,25$; $p \leq 0,01$). То есть в рамках исследуемой выборки имеется достаточно существенное отличие в контроле за действием при планировании, у слушателей первого и третьего курсов – курсанты третьего года обучения в процессе волевого регулирования чаще исходят из ориентации на состояние (ОС-диспозиция), чем обучающиеся первого года обучения. В связи с этим можно сделать вывод, что в процессе обучения преобладающий тип волевой регуляции претерпевает изменения, при этом наблюдается тенденция замены более продуктивного типа волевой регуляции с ориентацией на действие (ОД-диспозиция) на менее продуктивную стратегию

с ориентацией на состояние (ОС-диспозиция). Как показано в ранее проведенных исследованиях, тип волевой регуляции субъекта определяется как индивидуальными особенностями, так и спецификой ситуации и может меняться под влиянием факторов внешней среды [9]. Для выяснения возможных причин возникновения данной особенности необходимо отметить исследование Н.В. Анисеевой и И.А. Паршутина [10], которые проанализировали особенности волевого регулирования курсантов образовательных организаций МВД России открытого и закрытого типов. В частности, ими было установлено, что ориентация на состояние в ходе реализации намерения в действии (ОС-диспозиция) сильнее развита у курсантов образовательной организации открытого типа, а ориентация на действие (ОД-диспозиция) – у слушателей образовательной организации закрытого типа. Если учесть, что обследованные слушатели первого курса проходят обучение в условиях закрытого типа, а слушатели третьего курса обучаются в условиях открытого типа, то можно говорить о том, что результаты, полученные в данном исследовании, совпадают с ранее полученными Н.В. Анисеевой и И.А. Паршутинскими результатами.

Это позволяет предположить, что одним из факторов, оказывающих влияние на тип волевой регуляции курсантов ведомственных образовательных организаций МЧС России, является специфика процесса профессионального обучения, а именно степень внешнего контроля за деятельностью и поведением обучающихся.

На рисунке наглядно представлены профили самооценок волевых качеств курсантов первого и третьего курсов, полученные по результатам применения формализованной модификации методики самооценки (СО) Дембо-Рубинштейна. Как видно, самооценка по всем волевым качествам выше в группе курсантов первого года обучения. Сравнительный анализ, с использованием критерия Манна-Уитни, указал на значимые различия волевой самооценки между группами курсантов по следующим качествам: «инициативный», «деловитый», «уверенный», «дисциплинированный», «целеустремленный», «обязательный», «настойчивый», «выдержанный», «организованный».

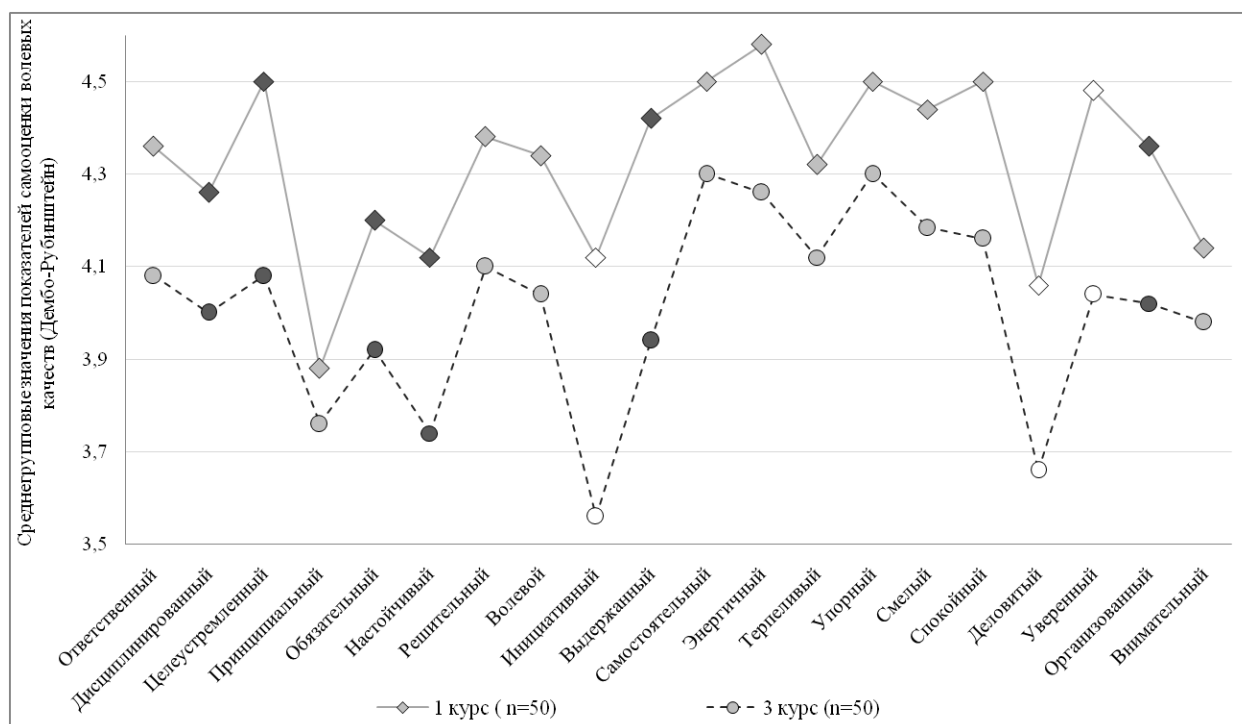


Рис. Среднегрупповые значения самооценок волевых качеств исследуемых выборок (примечание: маркерами черного цвета выделены достоверно отличающиеся значения на уровне $p \leq 0,05$; маркерами белого цвета – значения на уровне $p \leq 0,01$)

Анализ данных, представленных на рисунке, позволяет сделать несколько выводов:

– профили самооценок волевых качеств курсантов первого и третьего курса, в целом имеют идентичную форму;

– наблюдается совпадение «минимумов» профилей обеих групп, наименьшие значения в обеих выборках получили такие качества, как: «принципиальный», «деловитый», «инициативный», «настойчивый»;

– наибольшие пики в обеих выборках пришлись на такие качества, как «энергичный», «самостоятельный», «упорный», «спокойный», также первокурсники высоко оценили свои качества, как «уверенный», «целеустремленный»;

– расхождения в общей структуре профилируются не качественный, а количественный характер, структура самооценки волевых качеств в группах одинакова.

Необходимо отметить, что сходную тенденцию – снижение уровня оценки волевых качеств на третьем курсе выявил Д.Д. Барабанов, проводивший исследование особенностей волевой регуляции у студентов. При этом им было установлено, что к четвертому–пятому курсу уровень оценок волевой регуляции восстанавливается [11].

Результаты психодиагностики по тесту смысловых ориентаций (в адаптации Д.А. Леонтьева) представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты психодиагностики по тесту смысловых ориентаций (в адаптации Д.А. Леонтьева)

№п/п	Шкалы и нормы показателей	Группы		U критерий Манна-Уитни, $p \leq 0,01$
		1 курс (M±σ)	3 курс (M±σ)	
1	Цели в жизни	39,22±3,74	34,7±6,82	664,0
2	Процесс жизни	34,08±5,88	30,52±5,73	799,0
3	Результат жизни или результативность жизни	31,38±3,89	27,82±5,78	740,5
4	Локус контроля – Я	25,48±3,11	23,36±3,96	804,0
5	Локус контроля – жизнь	36,62±5,28	31,98±5,93	649,5
6	Общий показатель СЖО – «осмысленность жизни»	122,98±14,57	109,18±18,15	600,5

Анализируя данные, представленные в табл. 3, необходимо отметить, что средние значения показателей всех шкал методики в выборках курсантов значительно выше нормированных значений, полученных в исследовании Д.А. Леонтьева [12]. В связи этим не исключено, что данные результаты могли быть искажены влиянием фактора социальной желательности.

Были выявлены достоверно значимые различия в оценке жизненных ориентаций курсантами первого и третьего курсов, значения по всем шкалам теста были значимо выше в выборке курсантов первого курса. Возможным объяснением более низких показателей теста смысловых ориентаций в выборке курсантов третьего курса по сравнению с курсантами первого курса может быть проявление возрастной динамики осмысленности жизни. Курсанты третьего курса в силу возраста (средний возраст 19,86±0,76) находятся на пике личностного «кризиса зрелости», проходят этап активного выстраивания жизненной перспективы и перехода в роль взрослого. Эти процессы сопровождаются как определенными объективными изменениями внешних условий (переход от закрытого к открытому типу обучения, ослабление внешнего контроля за их деятельностью), так и субъективно переживаемыми трудностями. По мере взросления происходит накопление опыта реальной деятельности и общения, встает необходимость выстраивания жизненной

перспективы, в рамках которой курсанты начинают оценивать (и переоценивать) собственные субъективные и объективные ресурсы, складывается более реалистичная оценка собственных возможностей, возникают новые социальные роли и ожидания, формируется и развивается критическое мышление. То есть происходит процесс трансформации личности, который может служить объяснением снижения показателей смысловой сферы третьекурсников.

Одновременно с этим корреляционный анализ связи волевых качеств и интегрального показателя смысложизненных ориентаций – «осмысленность жизни» позволил взглянуть на ситуацию под иным углом (рассчитывались коэффициенты ранговой корреляции Спирмена). Так, представленные в табл. 4 множественные положительные корреляционные связи между показателями самооценки волевых качеств и уровнем осмысленности жизни респондентов обеих групп выборки, согласуются с положениями деятельностно-смысловой концепции В.А. Иванникова, в рамках которой люди, обладающие развитой смысловой сферой, способны более эффективно осуществлять свою волевою регуляцию. Таким образом, можно предположить, что волевая регуляция слушателей первого и третьего курсов развита в достаточной мере.

Таблица 4

Волевые качества	Общий показатель СЖО – «осмысленность жизни»	
	1 курс	3 курс
ВК «Ответственный»	<i>0,7</i>	<i>0,62</i>
ВК Дисциплинированный	<i>0,58</i>	<i>0,51</i>
ВК «Целеустремленный»	<i>0,64</i>	<i>0,7</i>
ВК «Принципальный»	<i>0,34</i>	<i>0,53</i>
ВК «Обязательный»	<i>0,55</i>	<i>0,5</i>
ВК «Настойчивый»	0,28	<i>0,61</i>
ВК «Решительный»	<i>0,45</i>	<i>0,67</i>
ВК «Волевой»	<i>0,44</i>	<i>0,73</i>
ВК «Инициативный»	0,27	<i>0,61</i>
ВК «Выдержанный»	<i>0,57</i>	<i>0,51</i>
ВК «Самостоятельный»	<i>0,58</i>	<i>0,43</i>
ВК «Энергичный»	<i>0,45</i>	<i>0,67</i>
ВК «Терпеливый»	<i>0,51</i>	0,11
ВК «Упорный»	<i>0,51</i>	<i>0,63</i>
ВК «Смелый»	<i>0,68</i>	<i>0,79</i>
ВК «Спокойный»	<i>0,31</i>	0,04
ВК «Деловитый»	<i>0,57</i>	<i>0,63</i>
ВК «Уверенный»	<i>0,71</i>	<i>0,8</i>
ВК «Организованный»	<i>0,73</i>	<i>0,77</i>
ВК «Внимательный»	<i>0,68</i>	<i>0,64</i>

Примечание: курсивом выделены значимые значения коэффициента корреляции на уровне $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$

Проведенное исследование особенностей волевой регуляции курсантов разных курсов Академии ГПС МЧС России позволило сделать ряд выводов:

1. Преобладающим типом волевой регуляции в обеих группах является саморегуляция (ОД-диспозиция). Среди курсантов с ОС-диспозицией значимо преобладают курсанты третьего года обучения.

2. Фактором, оказывающим влияние на волевую регуляцию курсантов ведомственных образовательных организаций МЧС России и МВД России является специфика процесса профессионального обучения, а именно условия обучения, характеризующиеся степенью внешнего контроля за деятельностью, поведением и перемещением обучающихся.

3. Курсанты первого курса характеризуются более высоким профилем самооценки волевых качеств, при этом расхождения в общей структуре волевых качеств носят не качественный, а количественный характер, структура самооценки волевых качеств в группах исследованной выборки одинакова.

4. Результаты исследования согласуются с положениями деятельностно-смысловой концепции В.А. Иванникова, в части, касающейся того, что люди, обладающие развитой смысловой сферой, способны более эффективно осуществлять свою волевую регуляцию.

Литература

1. Husman J., Corno L. (2010). Volitional control of learning. In *International Encyclopedia of Education* (pp. 724–731). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00604-7>.

2. McCann Erin, Turner Jeannine. (2004). Increasing Student Learning Through Volitional Control. *Teachers College Record – TEACH COLL REC.* 106. 1695-1714. DOI:10.1111 / j.1467-9620.2004.00401.x.

3. Development of Volitional Qualities of Adolescent in the Pedagogy of Consciousness / A.V. Ivanov [et al.] // *Eurasian Journal of Analytical Chemistry.* 2018; 13(1b):em87. doi: 10.29333/ejac/102252.

4. Иванников В.А. Психологические механизмы волевой регуляции. М.: Московский ун-т, 1991. 142 с.

5. Зверев В.Л., Дмитриева А.Б. Психическая готовность выпускников Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы к исполнению служебно-профессиональных обязанностей // *Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества.* 2010. № 4 (9). С. 26–32.

6. Бережная И.Ф., Коточигов Р.В. Программа формирования нравственно-волевых качеств курсантов в образовательном процессе вузов МЧС // *Педагогическое образование: вызовы XXI века: сб. научных статей IX Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти акад. РАО В.А. Сластенина / под общ. ред. проф. А.И. Смоляр.* Самара: СГСПУ, 2018. 280 с.

7. Земскова А.А. Теоретические аспекты саморегуляции у курсантов МЧС России как способ повышения стрессоустойчивости в будущей профессионально напряженной деятельности // *Проблемы современного педагогического образования.* 2017. № 54–4. С. 172–180.

8. Савенко В.В. Особенности принятия решения курсантами – выпускниками Академии Государственной противопожарной службы МЧС РФ // *Азимут научных исследований: педагогика и психология.* 2018. Т. 7. № 4 (25). С. 350–354.

9. Шляпников В.Н. Динамика волевой регуляции в процессе профессиональной адаптации молодых специалистов // *Вестник Московского университета. Сер. 14: Психология.* 2007. № 4. С. 75–83.

10. Аникеева Н.В., Паршутин И.А. Исследование волевой сферы личности курсантов, обучающихся в образовательных организациях МВД России открытого и закрытого типов // *Психология и право.* 2018 (8). № 4. С. 142–154. DOI: 10.17759/psylaw.2018080413.

11. Барабанов Д.Д. Развитие волевой регуляции студентов: дис. ... канд. психол. наук. М.: Московск. гос. ун-т, 2015. 188 с.

12. Леонтьев Д.А. Тест смысложизненных ориентаций (СЖО). 2-е изд. М., 2000. 18 с.

References

1. Husman J., Corno L. (2010). Volitional control of learning. In *International Encyclopedia of Education* (pp. 724–731). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.00604-7>.

2. Mccann Erin, Turner Jeannine. (2004). Increasing Student Learning Through Volitional Control. *Teachers College Record – TEACH COLL REC.* 106. 1695-1714. DOI: 10.1111 / j.1467-9620.2004.00401.x.
3. Development of Volitional Qualities of Adolescent in the Pedagogy of Consciousness / A.V. Ivanov [et al.] // *Eurasian Journal of Analytical Chemistry.* 2018; 13(1b):em87. doi: 10.29333/ejac/102252.
4. Ivannikov V.A. *Psihologicheskie mekhanizmy volevoj regulyacii.* M.: Moskovskij un-t, 1991. 142 s.
5. Zverev V.L., Dmitrieva A.B. *Psihicheskaya gotovnost' vypusnikov Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby k ispolneniyu sluzhebno-professional'nyh obyazannostej // Psihologo-pedagogicheskie problem bezopasnosti cheloveka i obshchestva.* 2010. № 4 (9). S. 26–32.
6. Berezhnaya I.F., Kotochigov R.V. *Programma formirovaniya nravstvenno-volevyh kachestv kursantov v obrazovatel'nom processe vuzov MCHS // Pedagogicheskoe obrazovanie: vyzovy HKHI veka: sb. Nauchnyh statej IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. pamyati akad. RAO V.A. Slastyonina / pod obshch. red. prof. A.I. Smolyar.* Samara: SGSPU, 2018. 280 s.
7. Zemskova A.A. *Teoreticheskie aspekty samoregulyacii u kursantov MCHS Rossii kak sposob povysheniya stressoustojchivosti v budushchej professional'no napryazhennoj deyatel'nosti // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya.* 2017. № 54–4. S. 172–180.
8. Savenko V.V. *Osobennosti prinyatiya resheniya kursantami – vypuschnikami Akademii Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS RF // Azimut nauchnyh issledovanij: pedagogika i psihologiya.* 2018. T. 7. № 4 (25). S. 350–354.
9. Shlyapnikov V.N. *Dinamika volevoj regulyacii v processe professional'noj adaptacii molodyh specialistov // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 14: Psihologiya.* 2007. № 4. S. 75–83.
10. Anikeeva N.V., Parshutin I.A. *Issledovanie volevoj sfery lichnosti kursantov, obuchayushchihsya v obrazovatel'nyh organizacijah MVD Rossii otkrytogo i zakrytogo tipov // Psihologiya i pravo.* 2018 (8). № 4. S. 142–154. DOI: 10.17759/psylaw.2018080413.
11. Barabanov D.D. *Razvitie volevoj regulyacii studentov: dis. ... kand. psihol. nauk.* M.: Moskovsk. gos. un-t, 2015. 188 s.
12. Leont'ev D.A. *Test smyslozhiznennyh orientacij (SZHO).* 2-e izd. M., 2000. 18 s.

УДК 004.421.2:371.388.6

АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ В УСЛОВИЯХ САМОИЗОЛЯЦИИ

Е.А. Поляков, кандидат педагогических наук.

**Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского, Дзержинский филиал**

Обобщены публикации по обучению студентов с помощью компьютеров, использованию образовательного программного обеспечения для повышения качества подготовки специалистов. Рассматриваются особенности проектирования, создания и использования специального программного обеспечения для проведения практических и лабораторных работ в вузе. Описываются особенности и возможности программного обеспечения «Цифровая лаборатория безопасности жизнедеятельности», спроектированного специально для использования в период самоизоляции.

Ключевые слова: цифровая лаборатория, проектирование программного обеспечения, обучение, смартфон, компьютер, образовательный сценарий, обучающий алгоритм, пандемия

ASPECTS OF SOFTWARE DEVELOPMENT FOR CONDUCTING PRACTICAL EXERCISES IN SELF-ISOLATION

E.A. Polyakov. National research Nizhny Novgorod state university named after N.I. Lobachevsky, Dzerzhinsky branch

Publications on teaching students with the help of computers, the use of educational software to improve the quality of training of specialists are summarized. The features of the design, creation and use of special software for practical and laboratory work in the university are considered. The features and capabilities of the «Digital Laboratory for Life Safety» software, designed specifically for use during the period of self-isolation, are described.

Keywords: digital lab, software design, training, smartphone, computer, educational scenario, learning algorithm, pandemic

Введение

Развитие информационного общества предполагает широкое использование информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) во всех сферах жизни, включая образование. Это связано с факторами [1]:

- ИКТ помогают ускорить передачу знаний и накопленного технологического и социального опыта от одного человека к другому;
- ИКТ позволяют человеку более успешно и быстро адаптироваться к окружающей среде и происходящим социальным изменениям;
- ИКТ – важный фактор, отвечающий требованиям информационного общества и процесса реформирования традиционной системы образования;
- ИКТ позволяет сделать обучение не только более интересным, но и более эффективным.

Актуальность данного исследования обусловлена возникновением ситуации пандемии, при которой даже очное обучение перешло на удаленные формы образования, при

этом сложилась уникальная правовая ситуация, при которой возросла роль образования с использованием ИКТ [2].

Целью данного исследования было проектирование программного обеспечения для проведения лабораторных занятий со студентами всех форм обучения в условиях самоизоляции. При этом потребовались дополнительные исследования по изменению технологий обучения, которые бы учитывали и особенности дистанта и требования по сохранению качества подготовки специалистов [3].

Объект, предмет и методы исследования

Интернет позволяет сочетать интерактивные технологии (ИТ) и ИКТ в качестве универсального инструмента, расширяющего возможности образовательной среды, в которой студенты могут работать в условиях неограниченного доступа к информации, но интерактивность является лишь одним из аспектов обучения [4]. Одним из обязательных условий является наличие программного обеспечения (ПО), позволяющего преподавателю организовывать занятия с использованием ИКТ, получать обратную связь в виде фиксируемых системой событий, контролировать выполнение заданий, видеть и понимать процесс их деятельности при обучении в удаленном формате. Именно сочетание интерактивного и программного обучения позволяет выделить его в отдельную образовательную технологию, которая при определенных требованиях и условиях значительно превосходит традиционные. Таким образом, можно сформулировать:

Объект исследования – технология обучения в условиях пандемии с использованием виртуального лабораторного оборудования и специального программного обеспечения.

Предмет исследования – авторское программное обеспечение, спроектированное с учетом особенностей обучения в условиях самоизоляции.

По данным исследования В.П. Беспалько в традиционном обучении, используя бумажную или электронную версию учебника, усваивается не больше 15 % первичной информации, а с использованием грамотно разработанного компьютерного ПО – до 75 % [5]. Кроме того, обучение с использованием образовательного ПО, компьютерного моделирования позволяет использовать на теоретических и практических занятиях различные схемы, графику, картинки, видео и многое другое для эффективного усвоения изучаемой темы. Обратная (интерактивная) связь, реакция программного элемента способствует активному участию каждого студента в учебном процессе. Преподаватель действует не как наставник, а как организатор совместной деятельности. Все это помогает наладить взаимодействие с окружающей средой и позволяет поддерживать хороший контакт с аудиторией, что в конечном итоге повышает мотивацию студентов и способствует высокому проценту усвоения знаний. По мнению некоторых исследователей, если эти технологии закладываются в программный алгоритм обучения, то наблюдается активное применение самоанализа, взаимоконтроля, самоконтроля и самооценки обучаемых [6]. То есть компьютер, сам по себе, не может эффективно учить, опираясь на «человеческую», выраженную в словесной форме педагогику, понятную живому учителю, обладающему врожденной педагогической интуицией и пониманием многозначного естественного языка. Компьютеру нужна специальная педагогика, выраженная на однозначном языке математики и формальной логики и описывающая вполне определенные правила действия (алгоритмы) во вполне определенных педагогических ситуациях (задачах) [7].

Одной из таких задач является организация практических, лабораторных занятий, которые должны проводиться в условиях, приближенных к истинным. Существенную роль играет в успехе практических работ состояние самой лабораторной базы и её методическое обеспечение, степень подготовки самих учащихся, их положительная активность во время занятия [8]. Автором уже создан подобный инструмент для проведения лабораторных работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности». Модуль «Цифровая лаборатория БЖД» спроектирован для LMS типа Moodle, который уже апробирован и доказал свою

эффективность в обычной образовательной практике [9]. Виртуальные лабораторные работы разработаны с использованием программных пакетов Adobe Flash и Ispring [10], которые обеспечивают генерацию пакетов стандарта SCORM. Для встраивания дидактических материалов использовался GAE [11], который обеспечивает их защиту от несанкционированного использования (скачивания, печати и т.д.), но предоставляет возможность текстового поиска в документах. Использование этих технологий позволило создать программное обеспечение на основе деятельностного, интерактивного взаимодействия студента и лабораторного модуля. Следует отметить, что в виртуальной лабораторной работе студент не только наблюдает за анимацией, как при просмотре фрагмента видео, но и активно участвует в эксперименте, манипулируя виртуальными элементами управления. Кроме того, программный код ПО лабораторного оборудования основан на реальных физических моделях, процесс проведения виртуального эксперимента практически не отличается от полномасштабного аналога, студенты сталкиваются с необходимостью выдержки времени перед снятием показаний, естественный разброс измеренных значений и т.д.

Разработанный модуль частично решает проблему прокторинга. Например, если при проведении занятия в аудитории преподаватель контролирует выполнение работы студентом, то в удаленном режиме это невозможно проверить. Возникает вопрос – действительно ли студент самостоятельно получил те результаты, которые выслал преподавателю? Эта проблема характерна не только для виртуального практикума, а для дистанционного образования в целом. Или в аналогичной ситуации, даже будучи авторизованным в LMS-системе онлайн-курса студент при ответе на тест может воспользоваться чьей-либо помощью, и только тестирование с применением прокторинга гарантирует самостоятельное выполнение теста. В случае виртуального практикума частично решить данную проблему могло бы создание онлайн-приложений виртуальных работ, предусматривающих авторизацию студента с последующей отправкой его результатов преподавателю самим приложением, с тем, чтобы преподаватель мог убедиться, что студент действительно получил именно тот результат, который представил в отчете [12].

В условиях достаточно длительного карантина, связанного с пандемией, студенты лишились возможности посещать все виды аудиторных занятий, что явилось весьма негативным фактором не только для овладения теоретической части курса, но и для организации и проведения лабораторных работ в специально оснащенных и оборудованных лабораториях. Во время выполнения лабораторных работ студенты приобретают первичные навыки творческой практической деятельности, работы в команде, осваивают грамотное использование измерительных приборов, овладевают методами совмещения вычислительной техники с физическими лабораторными установками, учатся применять на практике полученные теоретические знания. Однако период карантина стал достаточно продуктивным в свете интенсификации самостоятельности студентов. Карантин принес изменения непосредственно в суть осуществляемой работы. Во время обычного учебного процесса самостоятельная работа в большей степени сводилась к освоению отдельных разделов изучаемых тем курса, подготовке к лабораторным работам, выполнению индивидуальных заданий и самостоятельной работе во время аудиторных занятий [10, 13]. Однако вынужденные изменения в организации учебного процесса вывели самостоятельную работу студентов на новый качественный уровень – она стала способом приобретения студентами новых знаний и умений без непосредственного присутствия в этом процессе преподавателей, а лишь при их участии в качестве консультанта и руководителя. Во время такой работы студент не только овладевает тем или иным аспектом дисциплины, но у него при этом формируется способность самостоятельно ставить проблему, находить оптимальные решения поставленных задач, брать на себя ответственность за их выполнение. Такая работа способствует повышению эффективности обучения [14].

В тоже время большинство студентов, начиная в первого курса, в состоянии продуктивно работать в сети Интернет с использованием компьютера и смартфона. Эти

средства есть в спроектированном лабораторном комплексе и позволяют их использовать в целях:

- информационных, то есть содержат наиболее важные справочные материалы по исследуемому явлению, описание работ, систему тестов для самоконтроля с возможностью моделирования конкретных практических действий и достижения образовательных задач;

- обработки и анализа собранной студентом экспериментальной информации с помощью математического приложения, упрощающего визуализацию результатов;

- многофункционального физического прибора, способного (в рамках технических характеристик наиболее распространенных моделей смартфонов) частично или полностью заменить реальный диагностическо-измерительный комплекс.

С другой стороны, такой лабораторный комплекс выступает в качестве инструмента поддержки преподавателя при осуществлении рутинных образовательных операций – постановка задачи практикума, знакомство с физическими свойствами изучаемого явления или процесса, порядок использования лабораторного оборудования, регистрация данных и т.д. Кроме того, он позволяет производить контроль базовых знаний студента с помощью автоматизированного контроля тестовых заданий по теоретической части практики.

В процессе подготовки к выполнению лабораторной работы, помимо изучения теоретического материала и методики выполнения работы, с помощью такого комплекса студент решает несколько специально спроектированных заданий. Они носят исследовательский характер и подобраны таким образом, чтобы подвести студента к выполнению экспериментального задания, которое запланировано в данной лабораторной работе.

Лабораторный практикум делится на два цикла: вводный и комплексный. Цель вводного цикла – дать возможность студентам освоить необходимый комплекс теоретических знаний, основных понятий, методик измерения физических величин и их единиц измерения и т.д. После его успешного выполнения студент может перейти к выполнению комплексного, в котором ставятся уже более сложные задачи исследовательского характера – как проводить измерения и пользоваться для этого датчиками смартфона, как и с какой периодичностью измерять и фиксировать данные, что и в каких единицах заносить в таблицу, как проводить графический анализ данных и оформлять отчет [15].

Цифровая лаборатория безопасности жизнедеятельности (ЦЛ БЖД) является составной частью спроектированного автором «Интерактивного курса БЖД». Она позволяет исследовать хотя и упрощенные, но реальные явления и объекты окружающего мира. Для этого используется прецизионная точность и разнообразие аппаратных датчиков современного смартфона в комплекте с имеющимся в репозиториях программным обеспечением для них [16]. Лаборатория позволяет спланировать экспериментальную работу студента так, чтобы он сам смог перейти от реальной задачи к ее модели, измерить и зафиксировать физические данные окружающей среды, произвести математический анализ и оформить отчет в соответствии с нормативными документами. Кроме того, программно реализован специальный педагогический сценарий, направляющий учебную деятельность студента по изучению теоретического раздела практики, контролирующей знания этого раздела и порядок изучения работы с лабораторным оборудованием, сбора и анализа данных, оформлению отчета и т.д. (рис. 1).

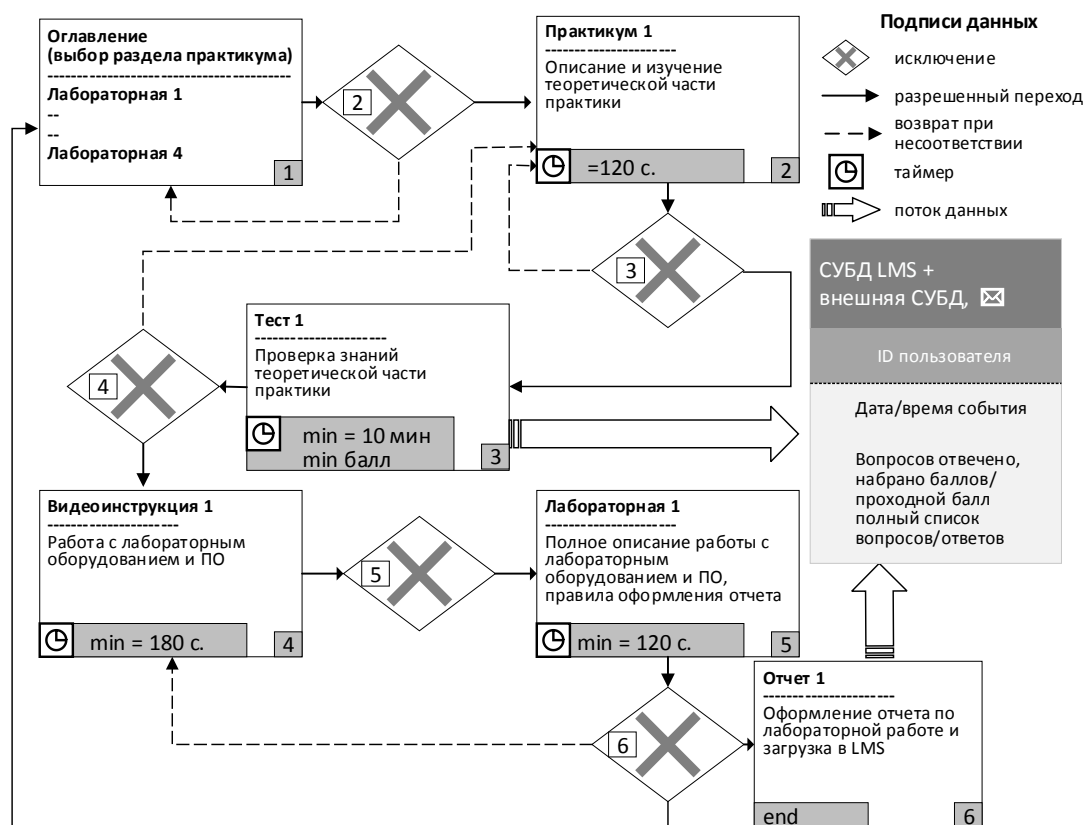


Рис. 1. Алгоритм педагогического сценария взаимодействия ЦЛ БЖД с обучаемым, варианты фиксирования событий и отправки в LMS (СУДБ – система управления базой данных)

Лабораторный комплекс «ЦЛ БЖД» позволяет проводить исследование производственного шума, оценку вибрационного воздействия на рабочие места, исследование искусственного и естественного освещения рабочего места.

В отличие от первой версии ПО «ЦЛ БЖД» [16], которая была ориентирована больше на очное обучение, то есть на взаимодействие с преподавателем во время проведения занятий, новая версия проектировалась с учетом того, что в период пандемии возможна ситуация, когда студенты будут взаимодействовать с преподавателем удаленно. В этом случае у преподавателя не будет возможности контролировать этапы работы студента, нет обратной связи с ним, индивидуальные вопросы со стороны студента тоже не всегда разрешимы из-за разницы ПО или используемых ими средств для выполнения практики. Из-за этих и других сопутствующих причин порядок прохождения студентом элементов практикума был изменен таким образом, чтобы фиксировалось прохождение каждого этапа не только средствами LMS, но и средствами разработанного ПО.

Экранные формы и основные возможности новой версии «ЦЛ БЖД» не слишком отличаются от предыдущей, но в ней предусмотрен программный алгоритм, при котором генерируются события, позволяющие преподавателю получать сведения в режиме реального времени о прохождении каждого контрольного этапа студентом, прохождения тестирования, просмотра видеоинструкции и т.д. (рис. 2).

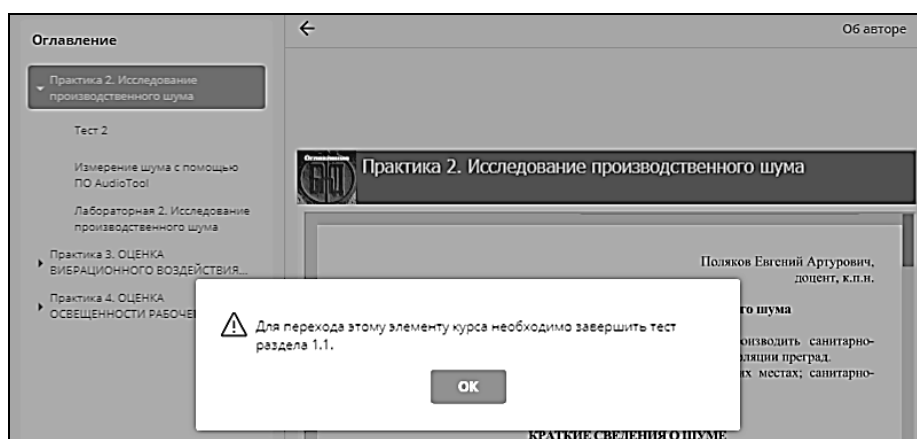


Рис. 2. Всплывающее сообщение при попытке обхода запрограммированного порядка прохождения элемента курса

Совместимые со стандартом LMS события фиксируются СУБД, но могут быть отправлены и во внешнюю СУБД или e-mail преподавателя/создателя/тьютора курса.

Обучаемый в процессе прохождения учебного элемента курса получает всплывающие сообщения, предупреждение о запрещенных переходах, попытках пропуска запланированных действий, разрешений таймеров и т.д. (рис. 2–5).

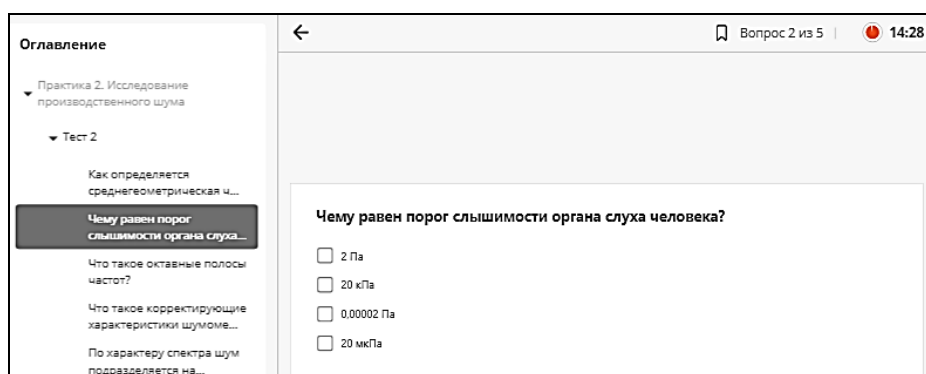


Рис. 3. Встроенный тест с таймером и свободным выбором порядка ответов теста раздела

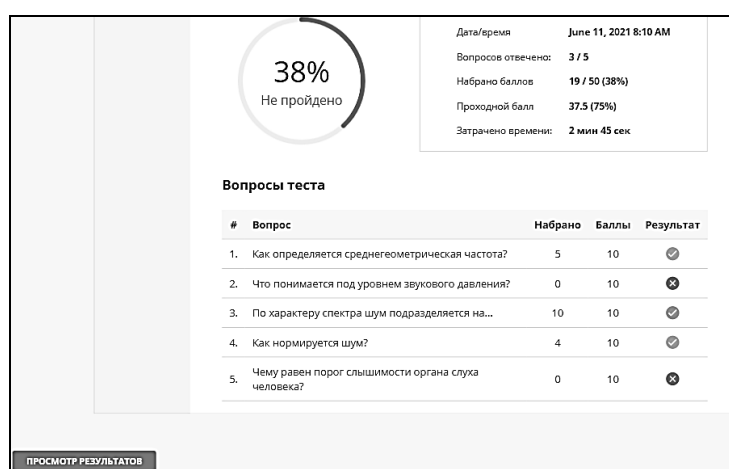


Рис. 4. Иллюстрация возможности анализа студентов своих ответов и допущенных ошибок

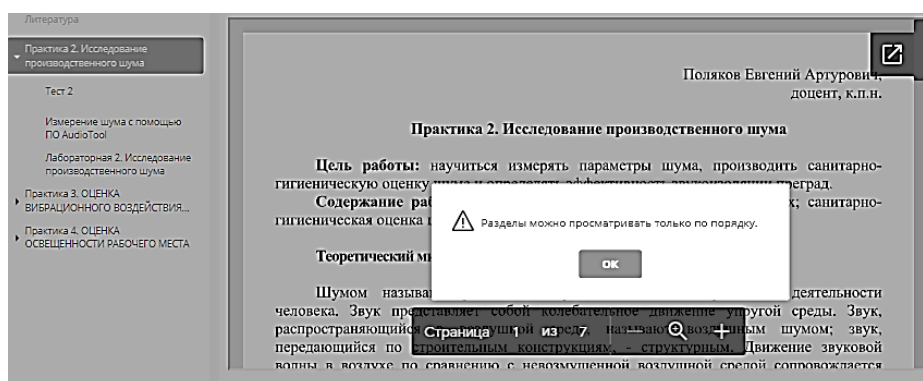


Рис. 5. Пример сообщения при попытке обхода неудачной попытки выполнения теста

Кроме того, полные результаты всех данных просмотров, событий, тестирования отправляются во внешнюю СУБД или на любой ресурс, e-mail и т.д. для последующего анализа (рис. 6).

[Failed] Результаты теста: "БЖ Пр.2 (ВО)контроль"	• Пуляев, К.И.	09.06.2021, 10:47
[Passed] Результаты теста: "БЖ Пр.2 (ВО)контроль"	• Пуляев, К.И.	09.06.2021, 9:02

Это автоматическое сообщение с отчетом о результатах теста.

ID пользователя: s20270040
 Имя: Пуляев, К.И.
 Email:

Дата/время: 9 июня 2021 г. 09:02
 Вопросов отвечено: 4 / 5
 Набрано баллов: 40 / 50 (80%)
 Проходной балл: 37.5 (75%)
 Затрачено времени: 2 мин 52 сек
 Результат: **Пройдено**

Вопрос 1 Неверно
 Баллы: 0/10
Что понимается под уровнем звукового давления?

Рис. 6. Пример отправки полных результатов тестирования

Эти данные фиксируются по каждому пользователю, дате, времени, числу попыток с выборкой по id пользователя, № теста, результату, с настройкой сортировки по времени, дате и т.д. (рис. 6). В дальнейшем они могут использоваться для анализа, апробации экспериментального обучения, верификации тестовых заданий и т.д. Кроме удобства восприятия такое представление информации позволяет преподавателю экспортировать ее в табличный формат для дальнейшего анализа в Excel, SPSS и другие системы математической обработки данных. Надо отметить, что LMS Moodle не имеет всех возможностей спроектированного автором ПО, отсутствует защита контента и тестовых заданий, нет автоматизации отправки результатов тестов, не вся информация по деятельности студента фиксируется полностью и т.д. (рис. 7).

Разработанное автором ПО не дает студентам возможности обмениваться данными тестов, заданий, несанкционированно скачивать лекции, практикумы, презентации, видео и т.д. Это позволяет более надежно оценивать индивидуальные компетенции обучаемых и избегать ежегодной переработки фондов оценочных средств по дисциплине.

Фамилия / Имя / Отчество или второе имя	Адрес электронной почты	Отдел	Попытка	Приспустил	Последний раз работал	Балл
<input type="checkbox"/> Пугачев Константин Сергеевич	pugachev@ctk2010.ru	2720Б5МЖУ-у	1	Суббота, 6 Март 2021, 09:11	Суббота, 6 Март 2021, 10:23	40.75
<input type="checkbox"/>			2	Суббота, 6 Март 2021, 10:24	Вторник, 8 Июнь 2021, 20:45	36.83
<input type="checkbox"/>			3	Среда, 9 Июнь 2021, 00:34	Среда, 9 Июнь 2021, 00:46	24.58
<input type="checkbox"/>			4	Среда, 9 Июнь 2021, 06:56	Среда, 9 Июнь 2021, 08:44	61.25
<input type="checkbox"/>			5	Среда, 9 Июнь 2021, 08:50	Среда, 9 Июнь 2021, 10:44	71.92
<input type="checkbox"/>			6	Среда, 9 Июнь 2021, 10:44	Среда, 9 Июнь 2021, 16:41	25.83

Рис. 7. Пример выборки данных по пользователю в LMS системы электронного обучения Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

Результаты исследования

Была спроектирована и создана новая версия программного обеспечения «Цифровая лаборатория БЖД», позволяющая контролировать действия обучаемого, организовывать и направлять учебную деятельность студента в соответствии с педагогическим сценарием, фиксировать и передавать события в LMS или во внешнюю БД. С использованием «ЦЛ БЖД» в первой половине 2021 г. было проведено пробное обучение групп с общим числом около 160 участников. Результаты пробного обучения позволяют в целом оценить работоспособность данного ПО, эргономичность экранных форм, надежность передачи статистических данных, удобство их представления для последующей обработки.

Кроме того, использование технологий Adobe и облачного хранения дидактических материалов [11] позволило контролировать несанкционированное распространение и обмен данными между студентами/группами тестовых заданий, списывания отчетов и т.д., что повышает достоверность контрольного оценивания компетенций обучаемых.

Научная новизна данного исследования

На сегодняшний момент подобного ПО для курса БЖД в образовательной практике вузов не существует, как и разработанных педагогических сценариев для проведения практикумов, лабораторных работ для образовательной деятельности в условиях самоизоляции. Кроме того, авторская разработка позволяет эффективно решать задачи обучения в условиях невозможности проведения очных практических/лабораторных занятий. На завершающем этапе работы над проектированием ПО «Цифровая лаборатория» предполагается проведение статистического анализа полученных данных пробного обучения. В дальнейшем планируется проведение экспериментального обучения, и при получении статистически значимых результатов, регистрация новой версии программы для ЭВМ в Роспатенте.

Литература

1. Delaney F. The impact of interactive technology on learning in primary education. Case Study. Technological University Dublin – City Campus. 2017. May. URL: https://www.researchgate.net/profile/Fiona-Delaney/publication/338480049_The_impact_of_interactive_technology_on_learning_in_primary_education_Case_Study/links/5e17104ea6fdcc28376388ec/The-impact-of-interactive-technology-on-learning-in-primary-education-Case-Study.pdf (дата обращения: 25.05.2021). DOI:10.13140/RG.2.2.29469.46565
2. Agnaldo Arroio. The value of education in the context of covid-19 pandemic. // *Problems of education in the 21st century*. 2020. Vol. 78. No. 3.
3. Terry A., Vargas P. A Critical look at Educational Technology from a Distance Education Perspective. June 2020. Athabasca University. *Digital Education Review*. DOI:10.1344/der.2020.37.204-225.
4. Björk Gréta. Students' ICT self-efficacy and computer and information literacy: Determinants and relationships – *Computers & Education*. 2018. Vol. 118, March. P. 107–119 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131517302555?via%3Dihub> (дата обращения: 11.04.2021). DOI: 10.1016/j.compedu.2017.11.011.
5. Беспалько В.П. Процесс обучения, управляемый компьютером // *Народное образование*. 2017. № 5.
6. Чупрасова В.И. *Современные технологии в образовании: курс лекций*. Владивосток: ТИДОТ ДВГУ, 2000. 52 с.
7. Беспалько В.П. *Киберпедагогика. Педагогические основы управляемого компьютером обучения (E-Learning)*. М.: Т8RUGRAM // *Народное образование*. 2018. 240 с.
8. Ващенко С.В. Опыт организации лабораторного практикума по неорганической химии на интернет-площадке: проблемы и решения – 2020. URL: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/254241/1/137-144.pdf> (дата обращения: 31.05.2021).
9. Поляков Е.А. Проектирование и результаты применения в учебном процессе виртуальной лаборатории «Безопасность жизнедеятельности» при подготовке бакалавров // *Вестник Костромского государственного университета*. Сер.: Педагогика. Психология. Социокинетика. 2019. № 1. С. 143–148.
10. Поляков Е.А. Особенности построения дистанционных курсов средствами Flash-технологий при подготовке специалистов нормативно-технических специальностей // *Дистанционные образовательные технологии: внутривузовский семинар*. Иваново: ИГПС МЧС России, 2010. С. 205.
11. Google App Engine SDK. Documentation – Google Cloud. URL: <https://cloud.google.com/appengine> (дата обращения: 05.04.2021).
12. Повзнер А.А., Филанович А.Н. Об использовании виртуального лабораторного практикума в дистанционном преподавании физики в период пандемии // *EDCRUNCH URAL – 2020: Первая Междунар. науч. конф. по проблемам цифровизации*. Екатеринбург: УФУ им. Первого президента России Б.Н. Ельцина, 2020.
13. Поляков Е.А. Организация электронного обучения с использованием Информационной образовательной среды // *Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова*. 2017. № 4. С. 143.
14. Галуцак И.В., Кривонос С.С., Фатьянова Н.Б. Организация самостоятельной работы студентов в процессе преподавания общей физики в период карантина // *Problems of implementation of science into practice: 13 th International scientific and practical conference*. Oslo, Norway, 2020. 466 p.
15. Поляков Е.А. Цифровая лаборатория БЖД // *Лучшие практики в образовании и профориентации Президентской академии: сб. метод. материалов и статей*. М: Изд. дом «Дело» РАНХиГС, 2020. Вып. 5. С. 74–81.
16. Поляков Е.А. Цифровая лаборатория безопасности жизнедеятельности (ЦЛ БЖД): Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 27 июня 2019 г. № 2019618260. М.: Роспатент, 2019.

References

1. Delaney F. The impact of interactive technology on learning in primary education. Case Study. Technological University Dublin – City Campus. 2017. May. URL: https://www.researchgate.net/profile/Fiona-Delaney/publication/338480049_The_impact_of_interactive_technology_on_learning_in_primary_education_Case_Study/links/5e17104ea6fdcc28376388ec/The-impact-of-interactive-technology-on-learning-in-primary-education-Case-Study.pdf (data obrashcheniya: 25.05.2021). DOI:10.13140/RG.2.2.29469.46565
2. Agnaldo Arroio. The value of education in the context of covid-19 pandemic. // *Problems of education in the 21st century*. 2020. Vol. 78. No. 3.
3. Terry A., Vargas P. A Critical look at Educational Technology from a Distance Education Perspective. June 2020. Athabasca University. *Digital Education Review*. DOI:10.1344/der.2020.37.204-225.
4. Björk Gréta. Students' ICT self-efficacy and computer and information literacy: Determinants and relationships – *Computers & Education*. 2018. Vol. 118, March. P. 107–119 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131517302555?via%3Dihub> (data obrashcheniya: 11.04.2021). DOI: 10.1016/j.compedu.2017.11.011.
5. Bepal'ko V.P. Process obucheniya, upravlyaemyj komp'yuterom // *Narodnoe obrazovanie*. 2017. № 5.
6. Chuprasova V.I. *Sovremennye tekhnologii v obrazovanii: kurs lekciy*. Vladivostok: TIDOT DVGU, 2000. 52 s.
7. Bepal'ko V.P. *Kiberpedagogika. Pedagogicheskie osnovy upravlyaemogo komp'yuterom obucheniya (E-Learning)*. M.: T8RUGRAM // *Narodnoe obrazovanie*. 2018. 240 c.
8. Vashchenko S.V. Opyt organizacii laboratornogo praktikuma po neorganicheskoj himii na internet-ploshchadke: problemy i resheniya – 2020. URL: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/254241/1/137-144.pdf> (data obrashcheniya: 31.05.2021).
9. Polyakov E.A. Proektirovanie i rezul'taty primeneniya v uchebnom processe virtual'noj laboratorii «Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti» pri podgotovke bakalavrov // *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta*. Ser.: Pedagogika. Psihologiya. Sociokinetika. 2019. № 1. S. 143–148.
10. Polyakov E.A. Osobennosti postroeniya distancionnyh kursov sredstvami Flash-tekhnologij pri podgotovke specialistov normativno-tekhnicheskikh special'nostej // *Distancionnye obrazovatel'nye tekhnologii: vnutrivuzovskij seminar*. Ivanovo: IGPS MCHS Rossii, 2010. S. 205.
11. Google App Engine SDK. Documentation – Google Cloud URL: <https://cloud.google.com/appengine> (data obrashcheniya: 05.04.2021).
12. Povzner A.A., Filanovich A.N. Ob ispol'zovanii virtual'nogo laboratornogo praktikuma v distancionnom prepodavanii fiziki v period pandemii // *EDCRUNCH URAL – 2020: Pervaya Mezhdunar. nauch. konf. po problemam cifrovizacii*. Ekaterinburg: UFU im. Pervogo prezidenta Rossii B.N. El'cina, 2020.
13. Polyakov E.A. Organizaciya elektronnoho obucheniya s ispol'zovaniem Informacionnoj obrazovatel'noj sredy // *Vestnik KGU im. N.A. Nekrasova*. 2017. № 4. S. 143.
14. Galushchak I.V., Krivonos S.S., Fat'yanova N.B. Organizaciya samostoyatel'noj raboty studentov v processe prepodavaniya obshchej fiziki v period karantina // *Problems of implementation of science into practice: 13 th International scientific and practical conference*. Oslo, Norway, 2020. 466 p.
15. Polyakov E.A. Cifrovaya laboratoriya BZHD // *Luchshie praktiki v obrazovanii i proforientacii Prezidentskoj akademii: sb. metod. materialov i statej*. M: Izd. dom «Delo» RANHiGS, 2020. Vyp. 5. S. 74–81.
16. Polyakov E.A. Cifrovaya laboratoriya bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti (CL BZHD): Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM ot 27 iyunya 2019 g. № 2019618260. M.: Rospatent, 2019.

УДК: 159.9:37.8

НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ БАЗА И НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛИЧНОГО СОСТАВА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

Р.Е. Булат, доктор педагогических наук, доцент;

Т.В. Иванова, кандидат психологических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Х.С. Байчорова, кандидат педагогических наук.

Военная академия материально-технического обеспечения

им. генерала армии А.В. Хрулева

Приводятся результаты составной части научно-исследовательской работы, заключающиеся в разработке предложений по психофизиологическому обеспечению деятельности личного состава арктических комплексных аварийно-спасательных центров. Предложения разработаны на основе анализа по двум направлениям: нормативно-правовая база и научные достижения в области психофизиологического обеспечения деятельности в условиях Арктического региона. В результате авторы аргументируют выводы в том, что в настоящее время нормативно-правовая и методическая основы и научные достижения психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности личного состава подразделений МЧС России базируются на требованиях и рекомендациях документов психологической службы МЧС России, которые не предусматривают особенности вахты спасателей в арктических комплексных аварийно-спасательных центрах. Поэтому авторами разработаны предложения по активизации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, нацеленные на совершенствование психофизиологического обеспечения деятельности личного состава подразделений МЧС России, дислоцированных в Арктике.

Ключевые слова: арктические комплексные аварийно-спасательные центры, психофизиологическое обеспечение, спасатели

REGULATORY AND METHODOLOGICAL FRAMEWORK AND SCIENTIFIC BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF A SYSTEM OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL SUPPORT FOR THE ACTIVITIES OF PERSONNEL OF THE EMERCOM OF RUSSIAN UNITS IN THE ARCTIC REGION

R.E. Bulat; T.V. Ivanova.

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

Kh.S. Baychorova. Military academy of logistics named after general of the army A.V. Khrulev

The article presents the results of an integral part of the research work, which consists in the development of proposals for the psychophysiological support of the personnel of the Arctic integrated emergency rescue centers. The proposals are developed on the basis of an analysis in two areas: the regulatory framework and scientific achievements in the field of psychophysiological support of activities in the Arctic region. As a result, the authors argue that at present the regulatory and methodological foundations and scientific achievements of psychophysiological support

for the professional activities of the personnel of EMERCOM units of Russia are based on the requirements and recommendations of the documents of the psychological service of EMERCOM of Russia, which do not provide for the specifics of the watch of rescuers in the Arctic integrated emergency rescue centers. Therefore, the authors have developed proposals for activating research and development work aimed at improving the psychophysiological support for the activities of the personnel of the of EMERCOM of Russia units stationed in the Arctic.

Keywords: arctic integrated emergency rescue centers, psychophysiological support, rescuers

Специалисты МЧС России по роду своей профессиональной деятельности подвержены воздействию экстремальных факторов физической, химической, биологической, психологической и психофизиологической природы. Следовательно, в Арктическом регионе, наряду с характерными для профессиональной деятельности спасателей сверхнормативными физическими и нервно-психическими перегрузками, негативное воздействие на них оказывает ещё и ряд специфических психофизиологических факторов. Поэтому выполнение должностных обязанностей в таких особо экстремальных условиях актуализируют научные исследования особенностей психофизиологического обеспечения деятельности личного состава арктических комплексных аварийно-спасательных центров (АКАСЦ).

В соответствии с поручением Департамента образовательной и научно-технической деятельности МЧС России от 25 мая 2021 г. № М-8-877 о выполнении Научно-исследовательской работы «Научно обоснованные предложения по созданию, оснащению и применению модульных спасательных центров для обеспечения деятельности личного состава подразделений МЧС России в условиях Арктического региона Российской Федерации» кафедрой педагогики и психологии экстремальных ситуаций Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России была организована разработка предложений по психофизиологическому обеспечению деятельности личного состава АКАСЦ.

С учётом поставленных сроков выполнения научно-исследовательская работа была организована по двум направлениям:

- 1) анализ нормативно-правовой базы по психофизиологическому обеспечению деятельности в условиях Арктического региона;
- 2) анализ научных достижений в области психофизиологического обеспечения деятельности в условиях Арктического региона.

В ходе исследования было выявлено, что по данным официального сайта МЧС России (вкладка «Термины МЧС России») «термин «обеспечение психофизиологическое» изначально использовался в прикладной военной психофизиологии, в которой под ним понимается совокупность психологических и, собственно, психофизиологических диагностических методов и коррекционных мероприятий, направленных на оптимизацию функционального состояния и работоспособности специалистов, осуществляющих деятельность в экстремальных условиях» [1, 2]. Данный термин получил широкое распространение в медицинском обеспечении многих спецконтингентов, хотя в научной литературе понятие «психофизиология» до сих пор характеризуется противоречивостью в подходах и содержании. Объектом психофизиологического обеспечения является «спасатель, прошедший медицинский отбор, при котором не обнаружены заболевания и физические недостатки, препятствующие выполнению работ в Арктическом регионе» [1, 2].

В МЧС России под психофизиологическим обеспечением понимается «система мероприятий, направленных:

- на оценку характера и выраженности, определяющих профессиональную пригодность и работоспособность профессионально значимых психологических и психофизиологических качеств в той мере, в которой они такими качествами определяются;
- на поддержание необходимого уровня этих способностей в процессе профессиональной деятельности;

- на коррекцию возникающих психофизиологических нарушений;
- на предотвращение расстройств психического и соматического здоровья» [1, 2].

При этом для исследования важен тот факт, что данное определение уточняет, что психофизиологическое обеспечение является «частью медицинского обеспечения личного состава аварийно-спасательных формирований, персонала службы медицины катастроф и других профессиональных контингентов, принимающих участие в ликвидации чрезвычайных ситуаций» [1, 2].

Более того, на сайте МЧС России указано, что психофизиологическое обеспечение «осуществляется структурными подразделениями центров медицины катастроф (прежде всего, территориальных) – лабораториями психофизиологического обеспечения, укомплектованными специально подготовленными кадрами» [1, 2].

По-видимому, поэтому в Положении о психологической службе МЧС России понятия «психофизиологическое обеспечение» или «психофизиологическое сопровождение» не рассматриваются [3]. Однако в основные задачи психологической службы МЧС России среди других включены задачи, коррелирующие с задачами психофизиологического обеспечения деятельности спасателей (рис. 1) [1, 2].

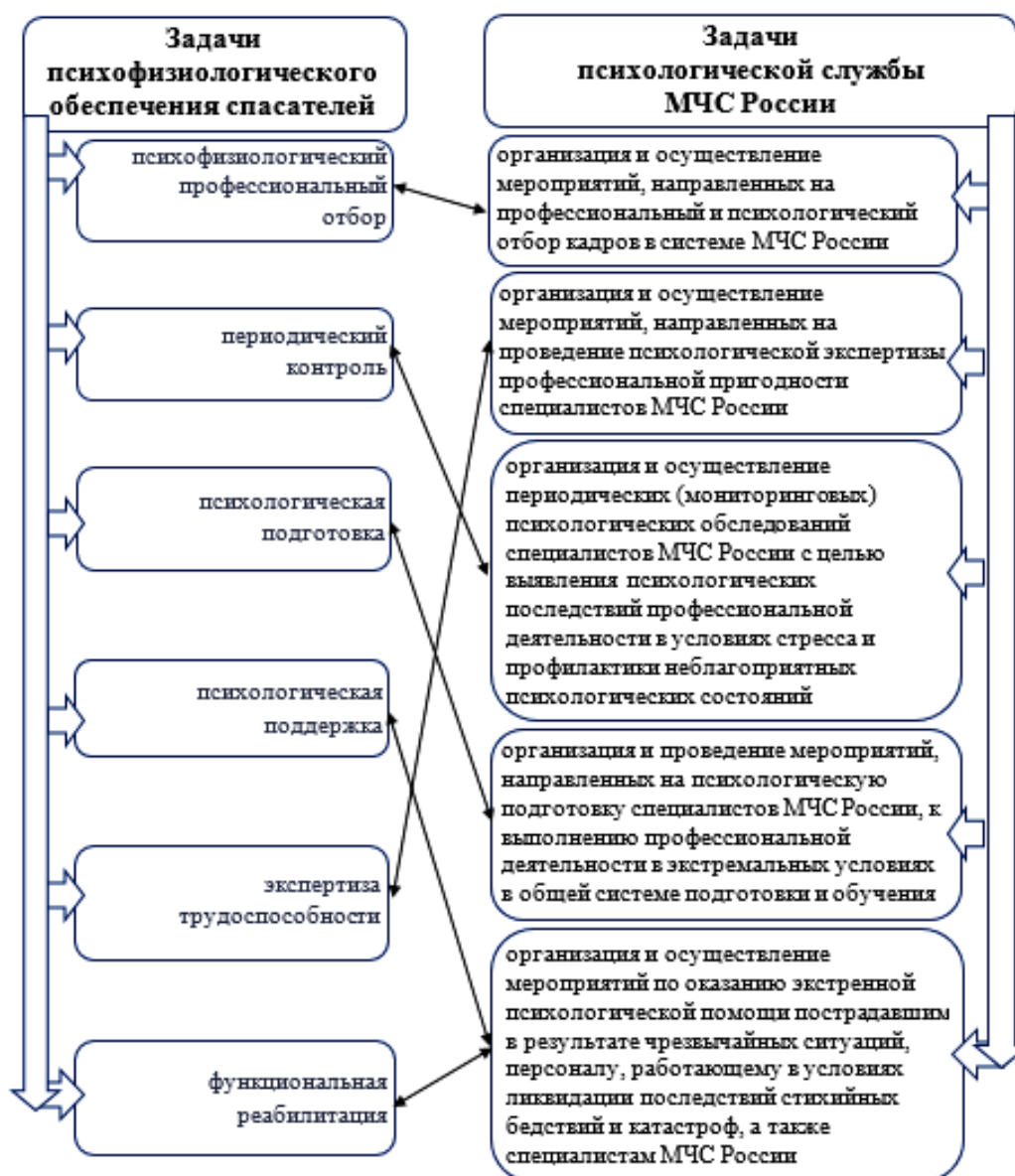


Рис. 1. Сопоставление задач психофизиологического обеспечения деятельности спасателей и задач психологической службы МЧС России

Более того, в методических рекомендациях по психологической профилактике и коррекции в МЧС России теоретическим основам психофизиологии посвящён весь первый раздел, что подчёркивает роль психологической службы МЧС России в данной области деятельности [4].

Наряду с этим в настоящее время ведётся значительная работа по совершенствованию нормативно-правовой базы в вопросах регулирования оказания психологической помощи и межведомственного взаимодействия специалистов в условиях чрезвычайной ситуации (ЧС) [5–7].

В исследовании принимаем структуру психофизиологического обеспечения деятельности личного состава подразделений МЧС России в Арктическом регионе, представленную на рис. 2.



Рис. 2. Основные направления психофизиологического обеспечения АКАСЦ

Таким образом, анализ общих требований к психофизиологическому обеспечению деятельности личного состава показал, что:

– в настоящее время нормативно-правовая основа психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности личного состава подразделений МЧС России базируется на требованиях и рекомендациях документов психологической службы МЧС России;

– в требованиях и рекомендациях документов психологической службы МЧС России особые требования и рекомендации в области психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности личного состава подразделений МЧС России при действиях в Арктическом регионе не выявлены [8].

Анализ нормативных требований и методических рекомендаций к психофизиологической подготовке

Во вкладке «Термины МЧС России» на официальном сайте МЧС России уточняется, что «психологические и психофизиологические профессионально значимые качества – это индивидуальные особенности человека, которые определяют потенциальные или реализуемые способности к эффективному профессиональному обучению и дальнейшей конкретной профессиональной деятельности» [1, 2]. Развитие психологических и психофизиологических профессионально значимых качеств возможно посредством психофизиологической и психологической подготовки.

В соответствии с Руководством по организации психологической подготовки в МЧС России «одним из направлений деятельности сотрудников психологической службы МЧС России по психологическому сопровождению деятельности профессиональных контингентов МЧС России» является психологическая подготовка [9]. Кроме того, данным руководством

определены руководящие принципы и задачи психологической подготовки, а также мероприятия, их формы, объём, периодичность и показатели эффективности [9].

В соответствии с Методическими сценариями учебных занятий по психологической подготовке специалистов МЧС России психофизиологические аспекты состояния и поведения человека изучаются в рамках учебных занятий при освоении таких дидактических единиц, как психологическая пригодность специалиста, методы профилактики профессионального стресса, адаптация к экстремальным условиям в профессиональной деятельности спасателей, оказание экстренной психологической помощи в ЧС [10, 11].

В рамках изучения вопросов профессионального здоровья специалиста (раздел 1) предусмотрено изучение приёмов и методов саморегуляции, что может быть отнесено к элементам психофизиологической подготовки. Количество часов, отводимых на изучение данной темы (два–четыре часа в зависимости от категории обучающихся), не гарантирует достижения целей занятия. Поэтому учебное время, отводимое на занятия по психофизиологической подготовке к деятельности в условиях Арктического региона, на взгляд авторов, требует увеличения.

Таким образом, анализ нормативно-правовых требований и методических рекомендаций к психофизиологической подготовке в МЧС России показал, что:

- мероприятия по психофизиологической подготовке в требованиях и рекомендациях в отдельный раздел не выделены;
- мероприятия по психологической подготовке в МЧС России являются обязательными и достаточно обеспечены методическими материалами психологической службы МЧС России;
- мероприятия по психологической подготовке не учитывают специфику воздействия «полярного стресса», «социальной изоляции» и других аспектов работы в Арктическом регионе, не разделяют психофизиологическую подготовку личного состава до вахты и во время вахты.

Анализ нормативных требований и методических рекомендаций к психофизиологической диагностике

Согласно информации официального сайта МЧС России «Термины МЧС России» оценка степени соответствия психологических и психофизиологических профессионально значимых качеств требованиям профессии лежит в основе психофизиологического обеспечения спасателей [1, 2]. Поэтому для исследования вопросов психофизиологического обеспечения деятельности личного состава подразделений МЧС России в Арктическом регионе важны указанные в Методическом руководстве по психологическому сопровождению деятельности профессиональных контингентов МЧС России направления деятельности психологов структурных подразделений МЧС России в области психологической и психофизиологической диагностики [12] (рис. 3).

В соответствии с Методическим руководством по проведению профессионального психологического отбора в МЧС России «при изучении кандидата в рамках профессионального психологического отбора под психофизиологической сферой понимаются свойства и качества (такие как лабильность и выносливость нервных процессов, уровень функционального состояния, скорость, качество и стабильность реакций на стимулы и т.д.), которые способны обеспечить эффективное и продуктивное выполнение должностных обязанностей на высоком уровне в течение необходимого времени» [13].

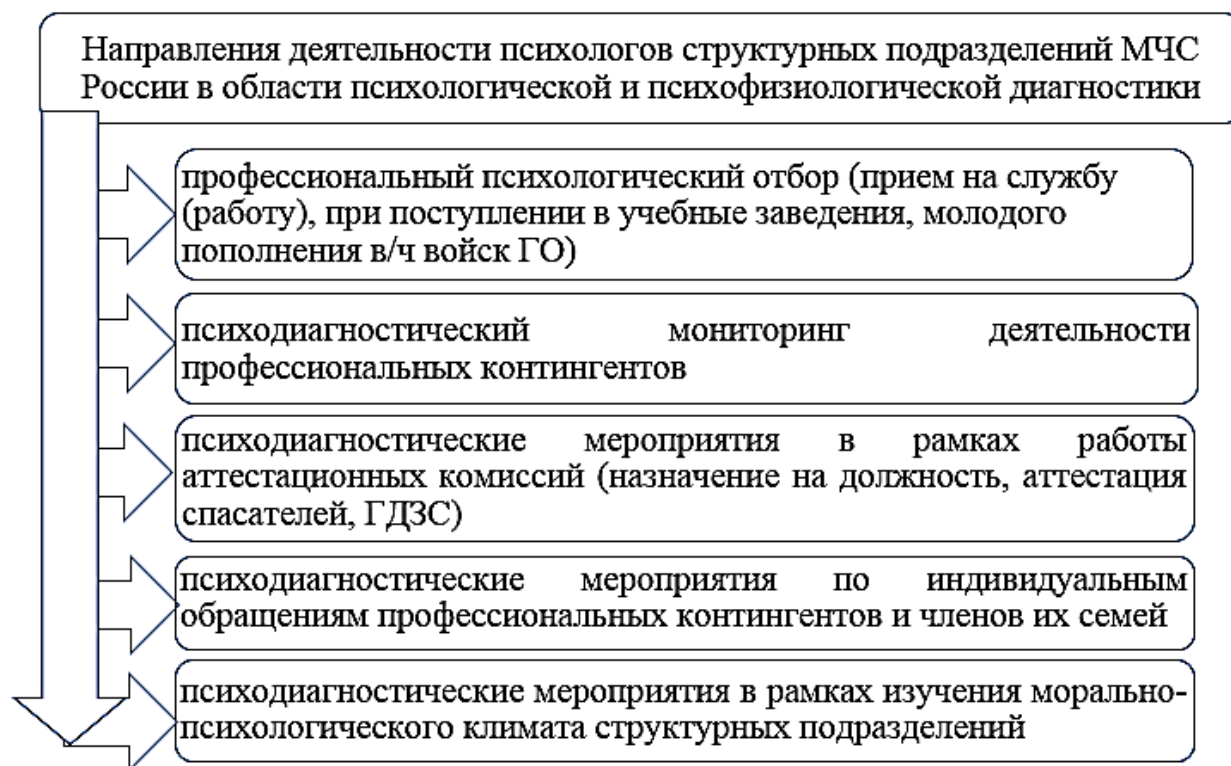


Рис. 3. Направления деятельности психологов структурных подразделений МЧС России в области психологической и психофизиологической диагностики

В Методическом руководстве по психодиагностическому обеспечению в МЧС России дано определение мониторинговому психодиагностическому обследованию в системе МЧС России [14], а в Методических рекомендациях по проведению мониторингового психодиагностического обследования (МПО) в системе МЧС России уточнена направленность мероприятий МПО и сделан акцент на учёт индивидуальных психофизиологических особенностей человека как одного из факторов, влияющих на изменение его состояния в ходе профессиональной деятельности [15].

Результаты по психофизиологическому блоку в рамках мониторингового психодиагностического обследования в системе МЧС России дополняют психодиагностическое обследование. Кроме того, полученные результаты направлены на конкретизацию рекомендаций по формам и методам психологической и психофизиологической профилактики и коррекции профессиональных контингентов МЧС России в ходе выявленных нарушений профессионального здоровья (проявления симптомов эмоционального выгорания). В качестве методик используются методика вариационной кардиоинтервалометрии и методика сложной зрительно-моторной реакции [15].

В соответствии с Методическим руководством по психодиагностическому обеспечению в МЧС России психодиагностические мероприятия по индивидуальным обращениям профессиональных контингентов и членов их семей являются неплановыми мероприятиями, и, соответственно, реализуются специалистами психологической службы МЧС России по запросу [14].

В целом анализ нормативно-правовых требований и методических рекомендаций к психофизиологической диагностике в МЧС России показал, что мероприятия по психофизиологической диагностике входят в сферу деятельности психологической службы МЧС России и достаточно обеспечены методическими рекомендациями. Однако они не учитывают специфику профессиональной деятельности вахтовым методом в Арктическом

регионе, что предопределяет создание соответствующей психогаммы и подбора релевантного психодиагностического инструментария.

Анализ нормативных требований и методических рекомендаций к психофизиологической профилактике

В Методическом руководстве по проведению психологической профилактики и коррекции в МЧС России среди целей психологической профилактики отмечено «повышение психофизиологической устойчивости к воздействию профессиональных стресс-факторов» [16]. В нём же уточнены задачи психологической профилактики, среди которых «тренировка психофизиологических функций организма» и другие, которые следует отнести к психофизиологическому обеспечению. Там же указаны направления, формы и порядок проведения психологической профилактики. Уточняется порядок использования оборудования, входящего в состав комнаты психоэмоциональной разгрузки [16].

Анализ нормативно-правовых требований и методических рекомендаций к профилактике психофизиологического состояния показал, что психологической службой МЧС России разработаны методические основы психофизиологической профилактики дезадаптивных состояний профессиональной деятельности и профилактики последствий профессионального стресса, однако они требуют дальнейшего уточнения с учётом специфики профессиональной деятельности спасателей вахтовым методом в Арктическом регионе.

Анализ нормативных требований к психофизиологической регуляции (коррекции)

В Методическом руководстве по проведению психологической профилактики и коррекции в МЧС России определены как цели, задачи и направления психологической коррекции, так и используемое специальное оборудование комнаты психоэмоциональной разгрузки, классификация и содержание комплексных программ, порядок проведения мероприятий коррекции [16].

Кроме того, в Методических рекомендациях на страницах 107–171 по проведению психологической профилактики и коррекции в МЧС России подробно изложены требования к применению специального оборудования для проведения психологической профилактики и коррекции, описаны содержание, порядок, структура проведения данных мероприятий [16]. Кроме того, на странице 211 в приложении 1 представлены «психофизиологические методики», рекомендуемые в работе психолога МЧС России [16].

Анализ нормативно-правовых требований и методических рекомендаций к регуляции (коррекции) психофизиологического состояния показал, что мероприятия по психофизиологической регуляции (коррекции) входят в сферу деятельности психологической службы МЧС России и достаточно обеспечены методическими рекомендациями.

Они не конкретизируют особенности Арктического региона, однако уже на общих методических рекомендациях, проанализировав организационно-штатную структуру АКАСЦ, можно предложить при размещении личного состава подразделений МЧС России для профессиональной деятельности в Арктическом регионе вахтовым методом (3 месяца, до 65 человек) в подразделения обеспечения деятельности включение должности ведущего психолога (рис. 4).



Рис. 4. Предложения по совершенствованию организационно-штатной структуры АКАСЦ

Научные основы психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности в Арктическом регионе

В отчёте о НИР «Научное обоснование развития арктических комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России до 2020 года» среди стратегических направлений развития группировки сил и средств для реагирования в Арктическом регионе Российской Федерации в области развития инфраструктуры и обеспечения подготовки кадров предлагается «создание системы по поддержанию уровня здоровья и психоэмоционального состояния спасателей на необходимом уровне в процессе работы в условиях Арктики, особо сложных условиях» [17].

Там же среди задач по основным направлениям деятельности развития ФГКУ «АСУНЦ «Вытегра» в области развития медико-психологического обеспечения отмечено [17]:

- создание комплекса непрерывного наблюдения, контроля и медицинской реабилитации спасателей, участвовавших при ведении аварийно-спасательных работ в условиях Арктики;

- формирование системного подхода в учёте психоэмоционального состояния (создание банка данных состояний) спасателей, выполняющих задачи аварийно-спасательных формирований Арктического региона [17].

В части 3 этого же отчёта среди компетенций начальника ФГКУ «Арктическая аварийно-спасательная служба МЧС России» на 32 позиции указано: «организует воспитательную работу и работу по психологическому обеспечению работников учреждения». При этом в штате отдела кадрового и психологического обеспечения указана должность «Ведущий психолог (спасатель)» [17].

В результате анализ показал, что разработки, которые можно отнести к области психофизиологического обеспечения, этими данными в отчёте о НИР ограничиваются.

Наряду с этим научно-исследовательским отделом психологической и психофизиологической диагностики Центра экстренной психологической помощи МЧС России в рамках разработки критериев для выставления групп по результатам мониторингового психодиагностического обследования была проведена значительная исследовательская работа [16]. С учётом задач, формируемых спецификой профессиональной деятельности специалистов МЧС России, проведённого анализа современных аппаратных методов был разработан рекомендуемый типовой перечень оснащения рабочего места психолога, состоящий из устройства психофизиологического тестирования компьютеризированного и персонального компьютера (ноутбука) и комнат психоэмоциональной разгрузки [16].

Следует отметить и то, что в различных источниках термин «комната психоэмоциональной разгрузки» [18] подменяется синонимами «комната психологической разгрузки» [19], «кабинет психологической разгрузки» [20] и др. Авторы придерживаются термина, используемого на официальном сайте МЧС России [21] и в Методических рекомендациях по психологической профилактике и коррекции в МЧС России [16] – «комната психоэмоциональной разгрузки».

Наряду с этим выполненной Н.Н. Симоновой анализ научных публикаций в области психофизиологии профессиональной деятельности в экстремальных ситуациях с одной стороны, и с другой – научных работ о неблагоприятном климато-геофизическом воздействии на организм человека в условиях Крайнего Севера (В.А. Бодров, Г.М. Данишевский, Г.Н. Дегтярёва, Н.Р. Деряпа, Л.А. Зубов, С.П. Иванова, С.Г. Кривошеков, И.Ф. Рябинин, В.В. Собольников, А.В. Трофимов, В.И. Хаснулин и др.) показал, что наряду с нарастанием выполненных исследований, работ, результатом которых бы являлась программа психофизиологического обеспечения личного состава подразделений МЧС России в Арктическом регионе, не проводилось [22].

Анализ результатов научных достижений в области психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности в Арктическом регионе показал, что при разработке системы психофизиологического обеспечения важной и актуальной задачей становится разработка методологических основ организации данной работы. В рамках решения данной задачи возникает необходимость имплементации моделей сложных самоорганизующихся и саморазвивающихся систем в процессы построения психологического и психофизиологического обеспечения. Следует отметить, что рассматриваемые системы позволяют учитывать влияние факторов окружающей среды, и личностные, и физиологические особенности субъектов труда, и особенности социально-психологического взаимодействия между членами коллектива. Успешное применение таких моделей требует в дальнейшем определения перечня необходимых комплексных понятий, связанных с описанием субъектов профессиональной деятельности, методов и технологий конкретной профилактической, диагностической, коррекционной и реабилитационной работы [22].

Следовательно, профессиональная деятельность личного состава подразделений МЧС России в условиях Крайнего Севера и Арктики требует разработки особого методологического подхода к организации психофизиологического обеспечения, поскольку возникает необходимость системного уточнения и трансформации существующих принципов, приёмов и способов реализации такого сопровождения с учётом климатогеографических особенностей [22].

В целях исключения дублирования ранее полученных результатов НИОКР, проведённых в МЧС России, в том числе в ФГБУ «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова» МЧС России, в рамках данного исследования необходим их анализ за последние пять лет. Все выполняемые виды работ должны быть частью общей системы, опираться на общие методологические и методические основы. В разработке комплексной программы психофизиологического сопровождения

личного состава МЧС России в Арктическом регионе использовать системный подход с учётом:

- опыта МЧС России в ликвидации ЧС в Арктическом регионе;
- практики подготовки и сопровождения сотрудников МЧС России в Арктическом регионе.

Выводы и предложения по психофизиологическому обеспечению деятельности личного состава АКАСЦ

Таким образом, анализ нормативно-правовой базы, научных достижений и теоретических основ психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности в Арктическом регионе позволил сформулировать следующие предложения:

1. В настоящее время нормативно-правовая и методическая основа психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности личного состава подразделений МЧС России базируется на требованиях и рекомендациях документов психологической службы МЧС России.

2. В требованиях и рекомендациях документов психологической службы МЧС России особенности психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности личного состава подразделений МЧС России при действиях в Арктическом регионе не предусмотрены.

3. Научные исследования в области психофизиологии профессиональной деятельности в условиях Крайнего Севера, учитывающих специфику профессиональной деятельности личного состава подразделений МЧС России, проведены недостаточно. Необходим системный подход в уточнении существующих принципов, приёмов и способов реализации психофизиологического обеспечения с учётом климатогеографических особенностей Арктического региона.

4. При размещении личного состава подразделений МЧС России для выполнения задач профессиональной деятельности в Арктическом регионе вахтовым методом (3 месяца, до 65 человек) целесообразно в организационно-штатную структуру АКАСЦ в подразделение обеспечения деятельности включить должность ведущего психолога.

5. Профессиональная деятельность личного состава подразделений МЧС России в условиях Арктического региона требует разработки особого методологического подхода к психофизиологическому обеспечению в рамках комплексного психологического сопровождения. Поэтому необходима активизация НИОКР, нацеленной на совершенствование психофизиологического обеспечения деятельности личного состава подразделений МЧС России, дислоцированных в Арктике, по таким направлениям, как:

- разработка методологических оснований организации, определение научно-обоснованных форм, средств и методов психологического и психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности личного состава подразделений МЧС России, дислоцированных в Арктике;

- создание модели повышения профессиональной пригодности личного состава подразделений МЧС России, дислоцированных в Арктике, за счёт совершенствования системы психологического и психофизиологического обеспечения;

- выделение методов и форм мотивации личного состава подразделений МЧС России, дислоцированных в Арктике, к прохождению психологических и психофизиологических коррекционных и реабилитационных мероприятий;

- проведение эмпирического исследования проявлений профессиональной надёжности профессиональной деятельности личного состава подразделений МЧС России, дислоцированных в Арктике;

- проведение эмпирического исследования психофизиологических аспектов профессиональной пригодности личного состава подразделений МЧС России, дислоцированных в Арктике;

- разработка комплексных технологий мониторинга психологического и психофизиологического состояний личного состава подразделений МЧС России, дислоцированных в Арктике, направленные на объективную оценку когнитивной, эмоциональной и мотивационной сфер;
- разработка программы поддержания/оптимизации психологической готовности к деятельности личного состава подразделений МЧС России, дислоцированных в Арктике;
- разработка программы профилактики и коррекции синдрома профессионального выгорания, в том числе профессиональных деформаций, для контингента личного состава подразделений МЧС России, дислоцированных в Арктике;
- разработка комплексных средств восстановления и реабилитации, а также профилактики развития неблагоприятных функциональных и психических состояний у специалистов МЧС России, дислоцированных в Арктике или работающих в Арктике кратковременно (во время ЧС), или вахтовым методом, в том числе с применением технологий виртуальной реальности и нейробиоуправления;
- создание программы системной психофизиологической подготовки к деятельности в условиях ЧС (формирование ситуативной готовности), ориентированной на специалистов МЧС России, направляемых кратковременно в Арктический регион;
- разработка программы социально-психологической поддержки профессиональной деятельности личного состава подразделений МЧС России, дислоцированных в Арктике;
- разработка комплексной программы психофизиологического сопровождения личного состава подразделений МЧС России, дислоцированных в Арктике, как саморазвивающейся системы высокого порядка на основе выработанных методологических принципов и полученных эмпирических результатов.

Литература

1. Термины МЧС России // МЧС России. Обеспечение психофизиологическое. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/1303>. Задачи психофизиологического обеспечения спасателей. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/3232>. Психологические и психофизиологические профессионально значимые качества. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/1615>. Психофизиологическая экспертиза трудоспособности. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/384> (дата обращения: 03.06.2021).
2. Гражданская защита: энциклопедический словарь / Ю.Л. Воробьев [и др.]; под общ. ред. С.К. Шойгу. М.: ДЭКС-Пресс, 2005. 551 с.
3. О создании психологической службы: приказ МЧС России от 25 апр. 2003 г. № 218 (приложение № 1 «Положение о психологической службе МЧС России»). URL: <https://67.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/sily-i-sredstva/psihologicheskaya-sluzhba/dokumenty-reglamentiruyushchie-deyatelnost-psihologicheskoy-sluzhby> (дата обращения: 03.06.2021).
4. Методические рекомендации по психологической профилактике и коррекции в МЧС России / Г.Ю. Аликбаева [и др.]; под общ. ред. Ю.С. Шойгу. М., 2019. 300 с.
5. Особенности нормативно-правового регулирования оказания первой помощи при чрезвычайных ситуациях / И.Г. Ветлугин [и др.] // Здоровоохранение Российской Федерации. 2018. 62 (5). С. 265–273.
6. Современное состояние правового регулирования психологической помощи / А.К. Голиченков [и др.] // Национальный психологический журнал. 2018. № 1 (29). С. 141–150.
7. Шойгу Ю.С. К вопросу о нормативно-правовом регулировании психологической практики // Прикладная юридическая психология. 2017. № 1. С. 15–23.
8. Клинов В.В., Снегирева Л.А., Шишков М.В. Опыт создания внештатного центра психодиагностики в МЧС России // Пожарная безопасность. 2006. № 1. С. 73–79.

9. Руководство по организации психологической подготовки в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. М., 2010. 38 с.

10. Психологическая подготовка специалистов МЧС России (на примере психологической подготовки спасателей в рамках повышения классности): метод. рекомендации / под общ. ред. Ю.С. Шойгу. М., 2009. 266 с.

11. Елисеева И.Н., Лернер Т.В., Соколова А.А. Методические сценарии учебных занятий по психологической подготовке специалистов МЧС России (на примере психологической подготовки спасателей в рамках повышения классности) / под общ. ред. Ю.С. Шойгу. М., 2011. 496 с.

12. Методическое руководство по сопровождению деятельности профессиональных контингентов МЧС России / Т.Н. Гуренкова [и др.]; под рук. Ю.С. Шойгу. М.: ЦЭПП, 2009. 30 с.

13. Шаповалова О.Ю., Лебедева Н.А. Методическое руководство по проведению профессионального психологического отбора в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. М., 2013. 117 с.

14. Гуренкова Т.Н., Голубева О.Ю. Методическое руководство по психодиагностическому обеспечению в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 22 марта 2011 г. № 2-4-54-529-4. М., 2011. 44 с.

15. Методические рекомендации по проведению мониторингового психодиагностического обследования в системе МЧС России / А.А. Тарасова [и др.]; под общ. ред. Ю.С. Шойгу. М., 2016. 110 с.

16. Методическое руководство по проведению психологической профилактики и коррекции в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий / Г.Ю. Аликбаева [и др.]; под общ. ред. Ю.С. Шойгу. М., 2016. 300 с.

17. Научное обоснование развития арктических комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России до 2020 года: отчёт о научно-исследовательской работе. Часть 2. № госрегистрации аааа-а-116101110094-9.

18. Талалай З.Р. Комната психоэмоциональной разгрузки – профилактика и коррекция неблагоприятных психофизиологических состояний у сотрудников МЧС России // Наука и социум: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / отв. ред. Е.Л. Сорокина. Новосибирск: Частное учреждение дополнительного профессионального образования Сибирский институт практической психологии, педагогики и социальной работы, 2018. С. 96–98.

19. Душков Б.А., Королев А.В., Смирнов Б.А. Психология труда, профессиональной, информационной и организационной деятельности. Словарь. 3-е изд. М.: Изд-во «Академический проект», «Деловая книга». Сер.: Gaudeamus, 2005. 848 с.

20. Назарова О.М., Петелина В.А. Требования, предъявляемые к кабинету психологической разгрузки, и его роль в психологической реабилитации личного состава МЧС России // Молодой ученый. 2016. № 27. С. 794–796.

21. Медицина и психологическое сопровождение // МЧС России. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/socialnaya-zashchishchennost-sotrudnikov-mchs-rossii/medicina-i-psiologicheskoe-soprovozhdenie> (дата обращения: 03.06.2021).

22. Симонова Н.Н. Адаптация к работе вахтовым методом в экстремальных условиях Крайнего Севера: учеб. пособие. Архангельск: ИД САФУ, 2014. 170 с.

References

1. Terminy MCHS Rossii // MCHS Rossii. Obespechenie psihofiziologicheskoe. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/1303>. Zadachi

психологического обеспечения спасателей. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/3232>. Психологические и психологические профессиональные качества. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/1615>. Психологическая экспертиза трудоспособности. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/384> (дата обращения: 03.06.2021).

2. Гражданская защита: энциклопедический словарь / Ю.Л. Вороб'ев [и др.]; под общ. ред. С.К. Шойгу. М.: DEKS-Press, 2005. 551 с.

3. О создании психологической службы: приказ МЧС России от 25 апр. 2003 г. № 218 (приложение № 1 «Положение о психологической службе МЧС России»). URL: <https://67.mchs.gov.ru/glavnoe-upravlenie/sily-i-sredstva/psihologicheskaya-sluzhba/dokumenty-reglamentiruyushchie-deyatelnost-psihologicheskoy-sluzhby> (дата обращения: 03.06.2021).

4. Методические рекомендации по психологической профилактике и коррекции в МЧС России / Г.Ю. Аликбаева [и др.]; под общ. ред. Ю.С. Шойгу. М., 2019. 300 с.

5. Особенности нормативно-правового регулирования оказания первой помощи при чрезвычайных ситуациях / И.Г. Ветлугин [и др.] // Здравоохранение Российской Федерации. 2018. 62 (5). С. 265–273.

6. Современное состояние правового регулирования психологической помощи / А.К. Голышев [и др.] // Национальный психологический журнал. 2018. № 1 (29). С. 141–150.

7. Шойгу Ю.С. К вопросу о нормативно-правовом регулировании психологической практики // Прикладная юридическая психология. 2017. № 1. С. 15–23.

8. Клинов В.В., Снегирева Л.А., Шихов М.В. Опыт создания вешетного центра психодиагностики в МЧС России // Пожарная безопасность. 2006. № 1. С. 73–79.

9. Руководство по организации психологической подготовки в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. М., 2010. 38 с.

10. Психологическая подготовка специалистов МЧС России (на примере психологической подготовки спасателей в рамках повышения классности): метод. рекомендации / под общ. ред. Ю.С. Шойгу. М., 2009. 266 с.

11. Елизеева И.Н., Лернер Т.В., Соловова А.А. Методические сценарии учебных занятий по психологической подготовке специалистов МЧС России (на примере психологической подготовки спасателей в рамках повышения классности) / под общ. ред. Ю.С. Шойгу. М., 2011. 496 с.

12. Методическое руководство по сопровождению деятельности профессиональных контингентов МЧС России / Т.Н. Гурenkova [и др.]; под рук. Ю.С. Шойгу. М.: CEPP, 2009. 30 с.

13. Шаповалова О.Ю., Лебедева Н.А. Методическое руководство по проведению профессионального психологического отбора в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. М., 2013. 117 с.

14. Гурenkova Т.Н., Голубева О.Ю. Методическое руководство по психодиагностическому обеспечению в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 22 марта 2011 г. № 2-4-54-529-4. М., 2011. 44 с.

15. Методические рекомендации по проведению мониторингового психодиагностического обследования в системе МЧС России / А.А. Тарасова [и др.]; под общ. ред. Ю.С. Шойгу. М., 2016. 110 с.

16. Методическое руководство по проведению психологической профилактики и коррекции в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий / Г.Ю. Аликбаева [и др.]; под общ. ред. Ю.С. Шойгу. М., 2016. 300 с.

17. Научное обоснование развития арктических комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России до 2020 года: отчет о научно-исследовательской работе. Част' 2. № госрегистрации аааа-а-116101110094-9.

18. Talalaj Z.R. Komnata psihoemocional'noj razgruzki – profilaktika i korrekciya neblagopriyatnyh psihofiziologicheskikh sostoyanij u sotrudnikov MCHS Rossii // Nauka i socium: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem / otv. red. E.L. Sorokina. Novosibirsk: Chastnoe uchrezhdenie dopolnitel'nogo professional'nogo obrazovaniya Sibirskij institut prakticheskoj psihologii, pedagogiki i social'noj raboty, 2018. S. 96–98.

19. Dushkov B.A., Korolev A.V., Smirnov B.A. Psihologiya truda, professional'noj, informacionnoj i organizacionnoj deyatel'nosti. Slovar'. 3-e izd. M.: Izd-vo «Akademicheskij proekt», «Delovaya kniga». Ser.: Gaudeamus, 2005. 848 s.

20. Nazarova O.M., Petelina V.A. Trebovaniya, pred'yavlyaemye k kabinetu psihologicheskoy razgruzki, i ego rol' v psihologicheskoy rehabilitacii lichnogo sostava MCHS Rossii // Molodoj uchenyj. 2016. № 27. S. 794–796.

21. Medicina i psihologicheskoe soprovozhdenie // MCHS Rossii. URL: <https://www.mchs.gov.ru/deyatelnost/socialnaya-zashchishchennost-sotrudnikov-mchs-rossii/medicina-i-psihologicheskoe-soprovozhdenie> (data obrashcheniya: 03.06.2021).

22. Simonova N.N. Adaptaciya k rabote vahtovym metodom v ekstremal'nyh usloviyah Krajnego Severa: ucheb. posobie. Arhangel'sk: ID SAFU, 2014. 170 s.

ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

УДК 004.055

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРАФИЧЕСКИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МЧС РОССИИ

А.В. Вострых.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Разработана методика комплексной оценки эффективности графических пользовательских интерфейсов информационных систем МЧС России, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие. Данная методика состоит из трёх алгоритмов, которые позволяют проводить всестороннюю многокритериальную оценку интерфейсов, учитывая широкий спектр характеристик качества информационных систем и особенности целевой аудитории, что даёт ей преимущество над существующими подходами и методами.

Ключевые слова: информационная система, графический пользовательский интерфейс, методика оценки эффективности, модель пользователя

METHODOLOGY OF COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF GRAPHIC USER INTERFACES OF INFORMATION SYSTEMS EMERCOM OF RUSSIA

A.V. Vostrykh. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article develops a method for comprehensive evaluation of the effectiveness of graphical user interfaces of information systems EMERCOM of Russia, focused on human-machine interaction. This methodology consists of three algorithms that allow for a comprehensive multi-criteria evaluation of interfaces, taking into account a wide range of information system quality characteristics and the characteristics of the target audience, which gives it an advantage over existing approaches and methods.

Keywords: information system, graphical user interface, performance evaluation methodology, user model

Современный мир интенсивно развивается во всевозможных направлениях, одним из которых является сфера информационных технологий, которая постоянно пополняется новинками различных информационных систем (ИС) [1–3]. Новые технологии внедряются во все государственные структуры, одной из которых является динамично и успешно развивающаяся система МЧС России. В министерстве используются инновационные подходы и современные программные продукты (ПП), позволяющие на высоком профессиональном уровне выполнять поставленные задачи [4]. Одной из специфических особенностей работы МЧС России является необходимость выполнения поставленных задач в экстремальных условиях сложного прогнозирования, высоких психологических нагрузок и ответственности как за личный состав, так и население, оказавшееся в условиях чрезвычайной ситуации или происшествия различного характера [4].

Проведение спасательных или превентивных мероприятий не обходится без применения специализированных информационных систем, которые должны обладать высокими показателями эффективности и безотказной работы, а также удовлетворять профессиональным потребностям сотрудников [5–7].

Абсолютно каждая ИС обладает графическим пользовательским интерфейсом (ГПИ), который является комплексом технических и информационно-программных средств, посредством которых осуществляется диалоговый режим взаимодействия человека-оператора и вычислительных средств компьютеризированного образца [8, 9]. Интерфейс устанавливает правила для составляющих его элементов и интерактивной технологии, позволяющих оператору эффективно решать профессиональные задачи. Именно посредством определения в своей личностной ментальной модели выводов об удобстве и интуитивности взаимодействия с ГПИ пользователь принимает решение об эффективности всей ИС в целом [8].

Рынок современного цифрового мира предлагает широкий спектр ПП для решения задач министерства, в связи с этим возникает задача рационального выбора определённых, наиболее эффективных ИС под специализированные задачи системы МЧС России. Поэтому разработка методики комплексной оценки эффективности ГПИ ИС является актуальным решением задачи оценки и рационального выбора ИС для задач министерства.

Также данная методика позволит делать выводы о качестве ПП ещё на этапе проектирования, что способствует выявлению уязвимостей ещё на ранней стадии, позволяя создавать более качественные ПП, специализированные под определённую аудиторию.

В настоящее время существует достаточно большое количество методов оценки ГПИ, которые в самом общем плане делятся на неформализованные и формализованные методы [10]. К неформализованным методам относятся: карточная сортировка, фокус группы, анализ контекста использования, опрос пользователей, наблюдение за пользователями, параллельный дизайн, оценка прототипа, стилевые правила, быстрые прототипы, «раскадровка», анализ снимков экрана и сравнение их с эталонными, эвристические характеристики Якоба Нильсена и т.д. [8]. Достоинствами данных методов являются [10]:

- контроль корректности тестирования проводится человеком;
- возможен поиск эстетических дефектов;
- анализ проводится согласно человеческому восприятию.

Основными недостатками этих методов являются [8]:

- высокая стоимость проведения оценки;
- получение неточной, субъективной оценки;
- высокие временные затраты,
- на каждой итерации тестирования ГПИ требуется участие новых потенциальных пользователей.

К формализованным методам можно отнести следующие: объём перерабатываемой информации (Шенон) [11], ценность данных (Харкевич) [12], избыточность (Парк) [13], объём перерабатываемой информации (Хартли) [14], информативность (Горячкин) [15], насыщенность (Горячкин) [15], сложность поиска (Емельянова) [13], наглядность (Диковицкий) [16], селективность (Мучник) [13], объём переработанной информации (Фаткин) [13], визуальная простота (Комбер-Мэлтби) [13], визуальная простота (Стикел) [13], интерпретируемость (Кузнецов) [13], лаконичность (Шенон) [11], структурность (Звенигородский) [13], целостность (Емельянова) [13], закон Хика [17], закон Фитса [18], методы GOMS [8], декомпозиции ментальных операторов (Оксанич) [13], модель измерения сложности LOC-CC [10] и т.д.

Достоинствами данных методов являются [10]:

- низкая стоимость тестирования;
- высокая скорость проведения оценки;
- отсутствие зависимости сложности оценки от объёма информации;

– отсутствие необходимости в участии пользователей.

Недостатками данных методов являются:

– высокая стоимость поддержки;

– применение определённого подхода возможно лишь для оценки одного или нескольких показателей качества ГПИ.

Так, в таблице приведён сравнительный анализ рассмотренных метрик на их возможность применения к оценке параметров качества модели описания элементов информационных систем, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие, разработанной автором настоящей статьи, согласно стандартам из области проектирования программного обеспечения и их интерфейсов.

Таблица. Сравнительный анализ метрик оценки ГПИ

Метрики	Характеристики качества														
	Структурность	Информативность	Читабельность	Доступность элементов	Привлекательность	Управляемость	Понятность	Обучаемость	Простота использования	Мобильность	Устойчивость к ошибкам	Индивидуализация	Сохранение навыков	Результативность	Удовлетворенность
Объём перерабатываемой информации (Шенон)	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-
Объём перерабатываемой информации (Хартли)	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-
Объём переработанной информации (Фаткин)	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	-
Ценность данных (Харкевич)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Избыточность (Парк)	+	+	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+
Информативность (Горячкин)	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+
Насыщенность (Горячкин)	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+
Наглядность (Диковицкий)	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Сложность поиска (Емельянова)	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
Селективность (Мучник)	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+
Визуальная простота (Комбер-Мэлтби)	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+
Визуальная простота (Стикел)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+
Интерпретируемость (Кузнецов)	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+
Лаконичность (Шенон)	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+
Структурность (Звенигородский)	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Целостность (Емельянова)	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+
Закон Хика	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+
Закон Фитса	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+
Методы GOMS	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Декомпозиции ментальных операторов (Оксанич)	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Удобочитаемость текста	-	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+
Модель LOC-CC	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-

Из проведённого анализа видно, что для полной комплексной оценки эффективности ГПИ необходимо использовать сразу несколько метрик, но даже в этом случае многогранность структуры ГПИ не может быть оценена по причинам неактуальности многих рассмотренных подходов к оценке современных интерфейсов, а также отсутствия привязки данных метрик к моделям пользователей, что, как показывают многочисленные исследования, не дает в полной мере положительного результата [1–3, 10].

В статье предлагается новая авторская методика комплексной оценки эффективности ГПИ ИС, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие, основанная на сопоставлении характеристик моделей пользователей с рядом данных в виде числовых значений, параметрических карт и шаблонов поведений пользователей (рис. 1).

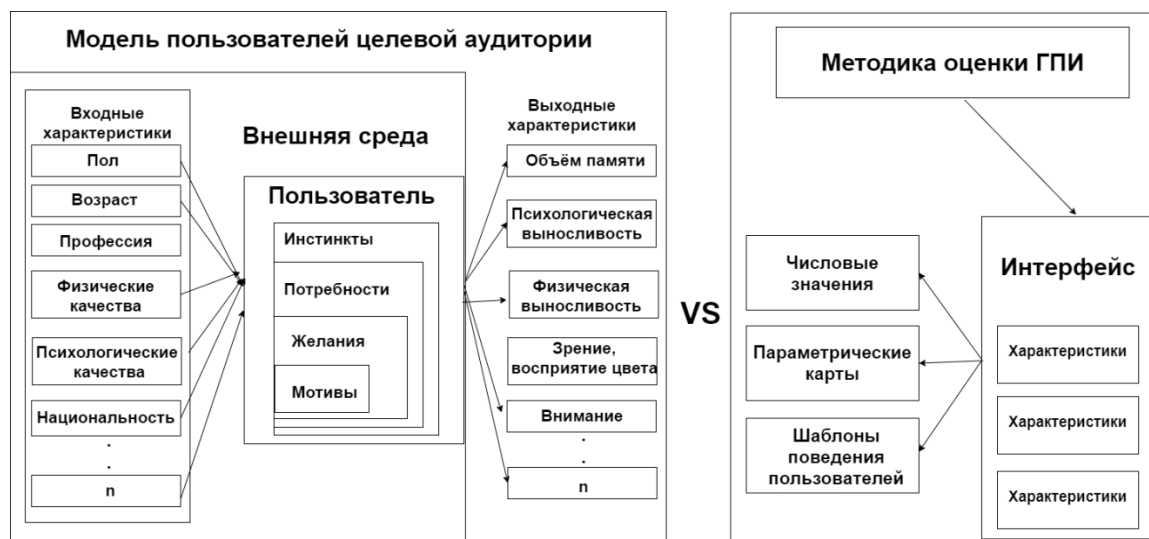


Рис. 1. Сопоставление характеристик моделей пользователей с рядом данных, полученных с помощью разработанной методики оценки ГПИ

Такой широкий спектр оценок основан на том, что процесс взаимодействия пользователя с ИС многогранен в силу психофизиологических особенностей человеческой природы, множестве различных факторов воздействия внешней среды на пользователей и различии процессов получения-ввода и обработки информации человеком и машиной [2, 19].

Процесс взаимодействия пользователей с ИС состоит из различного вида нагрузок, воздействующих на него в течении работы. Данные нагрузки делятся на три типа по характеру воздействия на органы человека: когнитивная, визуальная и моторика [2, 19]. Каждая из этих нагрузок обладает своей энергозатратностью. Известно, что абсолютно любой пользователь стремиться к минимизации трат своих ресурсов, поэтому идеальным интерфейсом считается ГПИ, при взаимодействии с которым сумма затрачиваемой энергии будет равна 0 [19]. В реальности эта задача недостижима, так как при попытке снизить одну из нагрузок остальные две автоматически повышаются. Таким образом, основной задачей разработанной методики является оценка эффективности ГПИ с помощью соотношения полученных значений характеристик интерфейса с данными моделей пользователей для оценки испытываемой ими нагрузки и соотношении её с максимально возможным значением для достижения высокой субъективной удовлетворённости, скорости работы, степени сохранения навыков оперирования и снижении вероятности появления ошибок.

Разработанная методика комплексной оценки эффективности ГПИ ИС состоит из трёх направлений, соответствующих видам нагрузок и включающих в себя алгоритмы оценки различных составляющих ГПИ, которые покрывают собой все характеристики качества из таблицы (рис. 2). В состав методики входят три алгоритма:

- алгоритм оценки пространственно-временных характеристик графических элементов ГПИ;
- алгоритм оценки графической архитектуры ГПИ;
- алгоритм оценки качества логики взаимодействия с ГПИ.

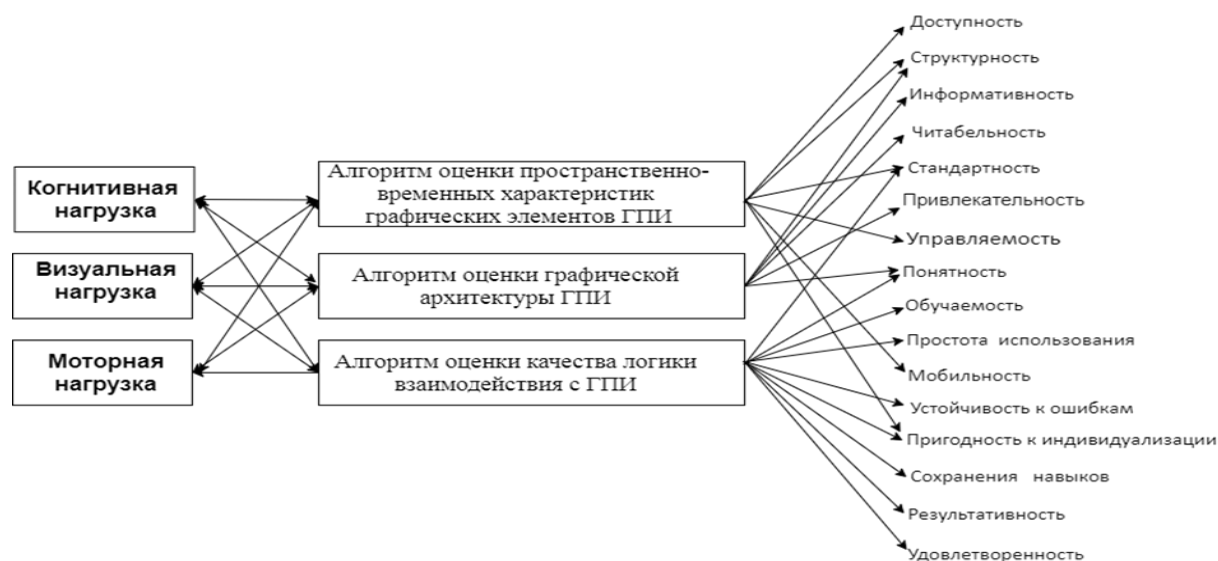


Рис. 2. Покрывание алгоритмами разработанной методики характеристик качества ГПИ

Алгоритм оценки пространственно-временных характеристик графических элементов ГПИ в основном направлен на оценку когнитивной нагрузки, элементами которой являются: объёмы кратковременной и долговременной памяти, когнитивное искажение, возможность погружения в состояние потока и т.д. Алгоритм вычисляет следующие показатели:

- плотность заполнения основной формы ГПИ графическими элементами;
- равномерность заполнения основной формы ГПИ графическими элементами;
- нагрузка «точками концентрации внимания» ГПИ;
- время доступа к графическим элементам и их компонентам;
- время обхода всех компонентов выбранного графического элемента ГПИ согласно их порядку;
- время ввода данных в компоненты графических элементов ГПИ;
- время восприятия пользователем информации;
- построение множества труднодоступных компонентов графических элементов ГПИ.

Результатом работы алгоритма станут числовые значения и параметрические карты, демонстрирующие области ГПИ, нуждающиеся в совершенствовании.

Алгоритм оценки графической архитектуры ГПИ в основном направлен на оценку визуальной нагрузки, которая напрямую связана с когнитивной. Так как главным каналом восприятия внешнего мира для человека является зрение, а на обработку и интерпретацию полученной информации тратится около половины ресурсов мозга. Также доказано, что около 70 % информации об окружающем мире человек получает посредством зрения [2, 19]. Таким образом, для быстрой обработки информации мозг использует стереотипы об окружающем мире, опираясь на предыдущий опыт, интерпретируя зрительные сигналы. С помощью различных форм и цвета ГПИ оказывает влияние на то, что видят пользователи, и способствует или препятствует получению и обработке информации в полном объёме. Составляющими оценки визуальной нагрузки являются: ограничения центрального зрения, ограничения периферического зрения, разрозненность фокуса внимания, теория геонов (распознавание объектов), принципы гештальтпсихологии, гендерные предпочтения цветов и оттенков, цветовые ассоциации и т.д. [2, 19]. Алгоритм вычисляет следующие показатели:

- оценки гармоничности цветовой схемы;
- оценка ГПИ на наличие и степень преобладания «эффекта стереохроматизма»;
- оценка сложности визуального восприятия ГПИ.

Результатом работы алгоритма станут параметрические карты, демонстрирующие области ГПИ, нуждающиеся в совершенствовании.

Моторная нагрузка имеет немаловажное значение в поглощении энергии оператора. Количество производимых манипуляций, бессмысленный повтор и нерациональная расстановка элементов ГПИ приводит к потере времени, ошибкам и психологической и физической усталости операторов. Алгоритм оценки качества логики взаимодействия с ГПИ с помощью анализа действий пользователей в ИС выявляет некоторые проблемы в нём, основываясь на поиске одинаковых последовательностей действий (шаблонов). Примерами типовых шаблонов являются:

- «мгновенная отмена действия» (сразу после выполнения операции отменяются пользователем);
- «количество действий отмены» (подсчёт и анализ частоты использования команды «отмена»);
- «вызов онлайн-справки» (подсчёт частоты вызовов справки);
- «повторение действий» (частое повторение одних и тех же действий, через незначительный период времени);
- «частое открытие-закрытие выпадающих списков» (многократное нажатие одного и того же элемента управления).

Алгоритм состоит из двух этапов. На первом происходит поиск повторяющихся шаблонов действий отдельных пользователей. Так как единичные шаблоны ещё не говорят о проблемах в интерфейсе в силу специфики индивидуальных особенностей личности, то на втором этапе выявленные индивидуальные шаблоны сравниваются между собой на наличие «массового» сходства с помощью подхода AprioriAll [20]. Результатом работы алгоритма будет список повторяющихся последовательностей действий пользователей, число которых после анализа и выявления ошибок должно быть сведено к минимуму.

Таким образом, разработанная методика комплексной оценки эффективности ГПИ ИС МЧС России, состоящая из трёх алгоритмов, позволяет проводить многокритериальную оценку ГПИ, учитывая широкий спектр характеристик качества и особенностей профессии операторов министерства. Полученные данные могут быть использованы при выборе наиболее подходящей ИС для работы операторов системы МЧС России согласно специфике работы и особенностям как личностного профиля, так и профессионального.

В дальнейшем планируется на базе разработанных алгоритмов спроектировать программные продукты для ЭВМ, которые позволят в автоматическом режиме проводить оценку эффективности ИС.

Литература

1. Головач В. Дизайн пользовательского интерфейса. Usethics, 2008. 97 с.
2. Weinschenk S. 100 more things every designer needs to know about people. New Riders, 2016. 278 pp.
3. Головач В. Дизайн пользовательского интерфейса v 1.2. Uibook1, 2014. 141 с.
4. Вострых А.В., Терёхин С.Н. Совершенствование информационных систем, используемых органами надзорной деятельности МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 4. С. 163–170.
5. Вострых А.В., Шидловский Г.Л., Терёхин С.Н. Модернизация программ прогнозирования интенсивности пассажирских и транспортных потоков // Транспорт России: проблемы и перспективы: Междунар. науч.-практ. конф. 2020. Т. 1. С. 169–174.

6. 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.

7. Буйневич М.В., Максимов А.В., Пелех М.Т. Принципы информационной поддержки системного проектирования развития сети пожарных депо на территории мегаполиса // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 3. С. 129–135.

8. Сергеев С.Ф. Методы тестирования и оптимизации интерфейсов информационных систем: учеб. пособие. СПб.: ИТМО, 2013. 117 с.

9. Буйневич М.В., Максимов А.В., Вострых А.В. Анализ результатов аудита сетевых информационных ресурсов МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 1. С. 101–110.

10. Вострых А.В. Сравнительный анализ методов оценки человеко-машинных интерфейсов // Актуальные проблемы инфо-телекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО-2019). 2019. С. 179–184.

11. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // Bell System Technical Journal. 1948. P. 379–423.

12. Харкевич А.А. Проблемы кибернетики. М.: Физматгиз, 1960. 57 с.

13. Емельянова Ю.Г., Фраленко В.П., Хачумов В.М. Методы комплексного оценивания когнитивных графических образов // Программные системы: Теория и приложения. 2018. № 3 (38) С. 49–63.

14. Hartley V.L. Transmission of information // Bell System Technical Journal. 1928. P. 535–563.

15. Горячкин Б.С. Оценка выходных экранных форм автоматизированной системы обработки информации и управления // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 10. С. 24–27.

16. Диковицкий В.В., Шишаев М.Г. Формализация задачи построения когнитивных пользовательских интерфейсов мультитрепетных ИР // Труды КЦР РАН. Информационные технологии. 2013. № 5. С. 90–97.

17. Hick W.E. On the rate of gain of information // Quarterly Journal of Experimental Psychology. 1952. № 4. P. 11–26.

18. Fitts P.M. The information capacity of the human motor system in controlling // Journal of Experimental Psychology. 1954. Vol. 47 (6). P. 381–391.

19. Weinschenk S. 100 things every designer needs to know about people. New Riders, 2011. 272 pp.

20. Agrawal R., Srikant R. Mining Sequential Patterns // Journal Intelligent Systems. 1997. Vol. 9. № 1. P. 33–56.

References

1. Golovach V. Dizajn pol'zovatel'skogo interfejsa. Usethics, 2008. 97 s.

2. Weinschenk S. 100 more things every designer needs to know about people. New Riders, 2016. 278 pp.

3. Golovach V. Dizajn pol'zovatel'skogo interfejsa v 1.2. Uibook1, 2014. 141 s.

4. Vostryh A.V., Teryohin S.N. Sovershenstvovanie informacionnyh sistem, ispol'zuemyh organami nadzornoj deyatelnosti MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 4 S. 163–170.

5. Vostryh A.V., Shidlovskij G.L., Teryohin S.N. Modernizaciya programm prognozirovaniya intensivnosti passazhirskih i transportnyh potokov // Transport Rossii: problemy i perspektivy: Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 2020. T. 1. S. 169–174.

6. 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.

7. Bujnevich M.V., Maksimov A.V., Pelekh M.T. Principy informacionnoj podderzhki sistemnogo proektirovaniya razvitiya seti pozharnyh depo na territorii megapolisa // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2017. № 3. S. 129–135.
8. Sergeev S.F. Metody testirovaniya i optimizacii interfejsov informacionnyh sistem: ucheb. posobie. SPb.: ITMO, 2013. 117 s.
9. Bujnevich M.V., Maksimov A.V., Vostryh A.V. Analiz rezul'tatov audita setevyh informacionnyh resursov MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 1. S. 101–110.
10. Vostryh A.V. Sravnitel'nyj analiz metodov ocenki cheloveko-mashinnyh interfejsov // Aktual'nye problemy info-telekommunikacij v nauke i obrazovanii (APINO-2019). 2019. S. 179–184.
11. Shannon C.E. A mathematical theory of communication // Bell System Technical Journal. 1948. P. 379–423.
12. Harkevich A.A. Problemy kibernetiki. M.: Fizmatgiz, 1960. 57 s.
13. Emel'yanova Yu.G., Fralenko V.P., Hachumov V.M. Metody kompleksnogo ocenivaniya kognitivnyh graficheskikh obrazov // Programmnye sistemy: Teoriya i prilozheniya. 2018. № 3 (38) S. 49–63.
14. Hartley V.L. Transmission of information // Bell System Technical Journal. 1928. P. 535–563.
15. Goryachkin B.S. Ocenka vyhodnyh ekrannyh form avtomatizirovannoj sistemy obrabotki informacii i upravleniya // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2016. № 10. S. 24–27.
16. Dikovickij V.V., Shishaev M.G. Formalizaciya zadachi postroeniya kognitivnyh pol'zovatel'skih interfejsov mul'tipredmetnyh IR // Trudy KCR RAN. Informacionnye tekhnologii. 2013. № 5. S. 90–97.
17. Hick W.E. On the rate of gain of information // Quarterly Journal of Experimental Psychology. 1952. № 4. P. 11–26.
18. Fitts P.M. The information capacity of the human motor system in controlling // Journal of Experimental Psychology. 1954. Vol. 47 (6). P. 381–391.
19. Weinschenk S. 100 things every designer needs to know about people. New Riders, 2011. 272 pp.
20. Agrawal R., Srikant R. Mining Sequential Patterns // Journal Intelligent Systems. 1997. Vol. 9. № 1. P. 33–56.

УДК 378.1

АЛГОРИТМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПОДГОТОВКОЙ СПЕЦИАЛИСТОВ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОСТИ

А.В. Лупанова.**Уральский институт ГПС МЧС России**

Кратко изложена суть внедрения риск-ориентированного подхода в систему поддержки управления подготовкой специалистов в образовательных организациях высшего образования в сфере безопасности. Представлен алгоритм поддержки принятия решений при планировании мероприятий в части подготовки обучающихся. Приведена динамика показателей результативности процессов, оказывающих наибольшее влияние на становление компетентного специалиста, при практическом применении описанного алгоритма.

Ключевые слова: подготовка специалистов, процессный подход, риск-ориентированный подход, алгоритм

THE ALGORITHM OF DECISION SUPPORT IN THE MANAGEMENT OF TRAINING OF SPECIALISTS IN THE FIELD OF SECURITY

A.V. Lupanova. Ural institute of State fire service of EMERCOM of Russia

The author briefly describe the essence of the introduction of a risk-based approach to the system of support for the management of training specialists in educational organizations of higher education in the sphere of security. The article presents an algorithm for decision-making support when planning events in terms of preparation students; and the dynamics of the efficiency indicators of the processes that have the greatest impact on the formation of a competent specialist, due to the practical application of the described algorithm, is given.

Keywords: training of specialists, process approach, risk-oriented approach, algorithm

Внедрение процессов риск-менеджмента в различные сферы деятельности [1], а также анонсированный Федеральной службой по надзору в сфере образования и науки переход к риск-ориентированной системе проверок работы образовательных организаций высшего образования (ОО ВО) стимулируют внедрение процедур (методик) управления рисками в самих ОО ВО России в части подготовки будущих специалистов [2].

Подготовка специалистов в интересах обороны и безопасности государства, обеспечения законности и правопорядка, осуществляемая на основании ст. 81 Федерального закона Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», усложняется необходимостью учета также и требований работодателей-заказчиков – профильных министерств (МЧС России, МВД России и др.).

Исследованием отдельных аспектов управления рисками в ОО ВО России занимались: М.А. Латкин [3], Н.В. Пархоменко [4], А.Е. Причинин [5], Е.Н. Прокофьева [6], Ю.В. Шевцова [7], Е.А. Шуклина [8] и др.

С целью анализа внутренних и внешних факторов, влияющих на подготовку специалистов в сфере безопасности, а также планирования деятельности ОО ВО на основе полученных данных автором разработана и апробирована на практике функциональная модель внедрения риск-ориентированного подхода в деятельность ОО ВО в сфере безопасности (рис. 1).

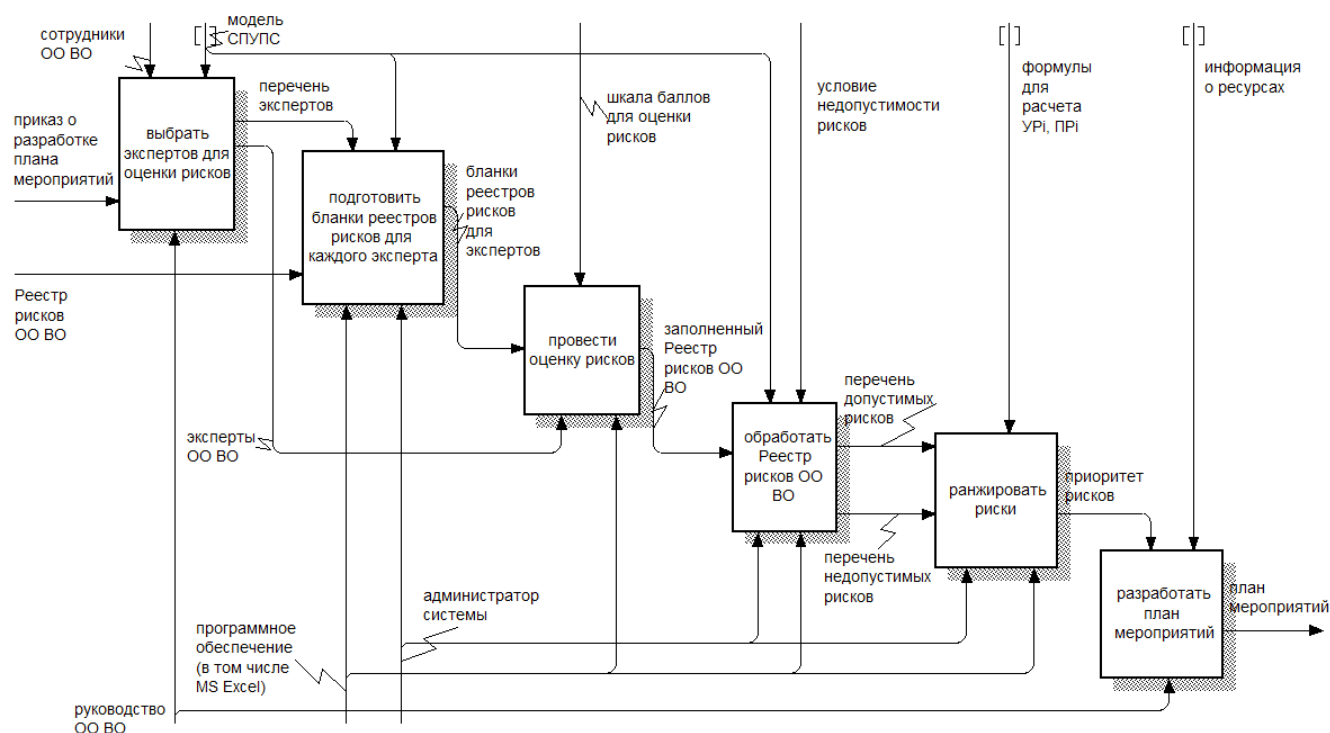


Рис. 1. Планирование деятельности ОО ВО на основе риск-ориентированного подхода

Под риском автор понимает событие и (или) совокупность обстоятельств, которые способны привести к недостижению установленных целей и показателей деятельности рассматриваемой организации.

Модель системы поддержки управления подготовкой специалистов (СПУПС) может быть индивидуальной для каждой ОО ВО; однако, целесообразно ее построение на основе процессного подхода с одновременным включением в нее всех процессов, оказывающих непосредственное влияние на становление компетентного специалиста.

Оценка идентифицированных рисков посредством применения инструментальных (экспериментальных), расчетных или регистрационных методов зачастую либо невозможна, либо обусловлена большими трудозатратами; поэтому в исследовании применен метод экспертных оценок.

Для экспертной оценки идентифицированных рисков подготавливаются бланки реестров рисков (по количеству участвующих в оценке экспертов) (табл.).

После заполнения предоставленных форм экспертами проводится обработка полученных результатов на основании разработанного алгоритма поддержки принятия решений (ППР) (рис. 2).

Определение уровня идентифицированного риска по каждому из процессов СПУПС осуществляется по формуле:

$$UP_{ijk} = 3 \cdot B,$$

где UP_{ijk} – уровень i -го идентифицированного риска по j процессу СПУПС, оцененный k экспертом; 3 – уровень последствий реализации риска, балл; B – уровень вероятности реализации риска, балл.

Таблица. Форма реестра рисков для экспертной оценки

Перечень рисков	Процесс «1»						Процесс «...»						Процесс «j»								
	Оценка риска экспертом 1, участвующим в реализации процесса «1»			...			Оценка риска экспертом k, участвующим в реализации процесса «1»			...			Оценка риска экспертом 1, участвующим в реализации процесса «j»			...			Оценка риска экспертом k, участвующим в реализации процесса «j»		
	B	З	УР	B	З	УР	B	З	УР	B	З	УР	B	З	УР	B	З	УР	B	З	УР
1																					
2																					
...																					
i																					

Примечание: i – количество идентифицированных рисков; k – количество экспертов; j – количество процессов СПУПС; B – уровень вероятности реализации риска, балл; $З$ – уровень последствий реализации риска, балл; $УР$ – уровень риска, балл

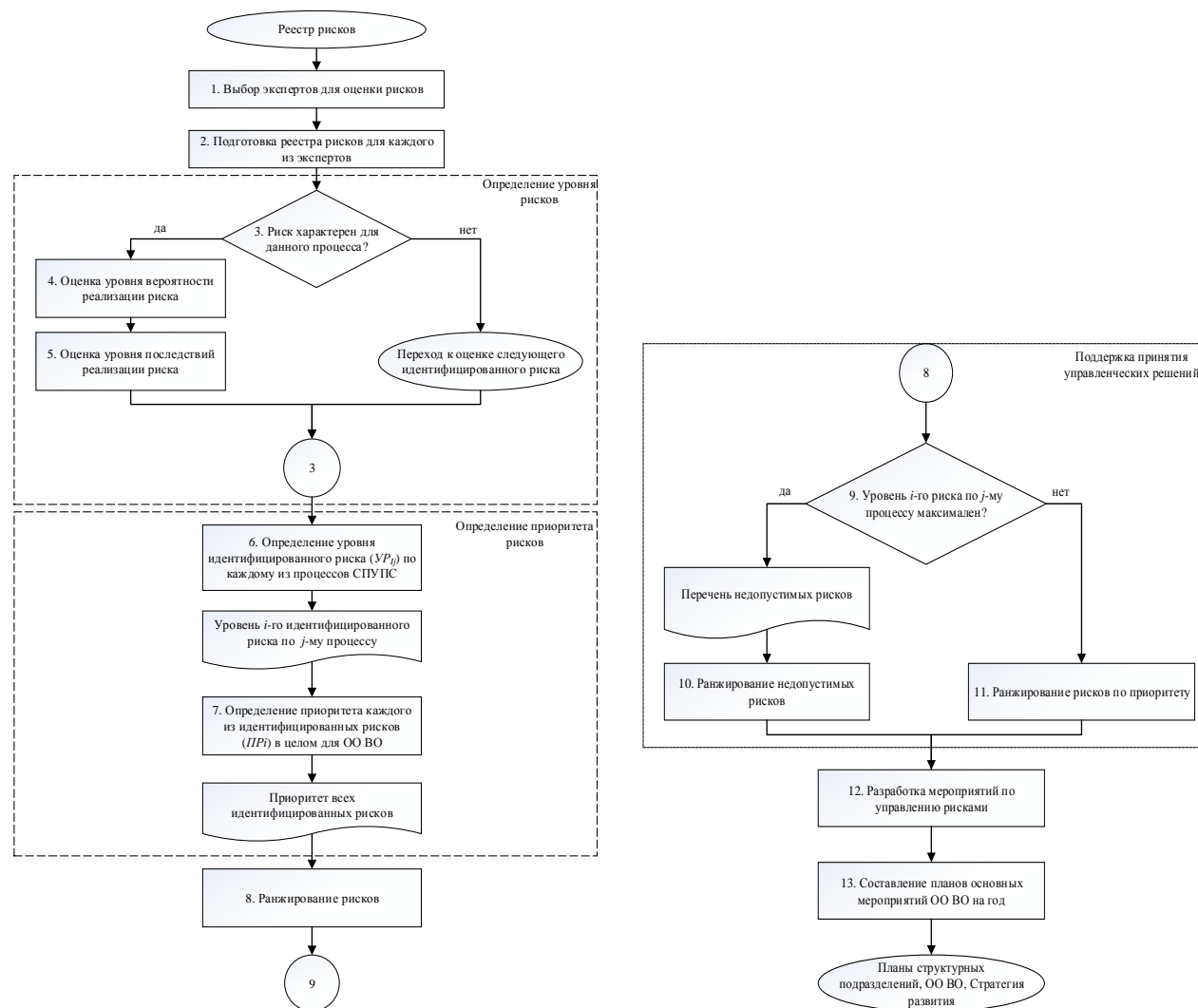


Рис. 2. Алгоритм поддержки принятия решений при управлении подготовкой специалистов на основе риск-ориентированного подхода [9]

В связи с разным количеством структурных подразделений, принимающих участие в реализации конкретных процессов СПУПС, а, соответственно, и разным количеством экспертов, принимающих участие в оценке идентифицированных рисков по конкретным процессам СПУПС, следующим этапом алгоритма является вычисление значения среднего уровня i -го идентифицированного риска по j процессу:

$$\overline{УР}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n УР_{ijk}}{n},$$

где $\overline{УР}_{ij}$ – средний уровень i -го идентифицированного риска по j процессу; n – количество экспертов, принимавших участие в оценке i -го идентифицированного риска по j процессу; k – номер эксперта, $k=1, \dots, n$.

В случае принятия в ОО ВО пятибалльной шкалы оценки риска при соблюдении условия: $\overline{УР}_{ij} \in [20; 25]$ – идентифицированный риск считается недопустимым; в отношении таких рисков безотлагательно принимаются меры по снижению их уровня или соответствующие проектные изменения.

В условиях ограниченности ресурсов (материальных, финансовых, кадровых) неизбежно возникает ситуация, при которой необходимо определять приоритеты, то есть решать, на какие из «одинаково значимых» факторов следует направлять усилия в первую очередь. Для решения этой задачи рассчитывается показатель, названный приоритетом риска:

$$ПР_i = \sum \overline{УР}_{ij},$$

где $ПР_i$ – приоритет i -го идентифицированного риска.

Далее проводится ранжирование идентифицированных рисков. Причем недопустимые риски ставятся в начало списка, подлежащих управляющему воздействию, вне зависимости от значения их приоритета.

На основании полученных результатов производится разработка мероприятий по управлению рисками, которые вносятся в планирующие документы ОО ВО.

Практическая реализация описанного алгоритма в Уральском институте ГПС МЧС России обусловила рост показателей результативности основных процессов СПУПС (учебный процесс, процесс практического обучения, процесс служебно-боевой подготовки, воспитательный процесс и внеучебная деятельность (в том числе психодиагностические мероприятия) и процесс разработки методических материалов и оценочных средств). Динамика изменения показателей результативности указанных процессов [10] (до и после внедрения алгоритма ППР в практическую деятельность) представлена на рис. 3, 4.

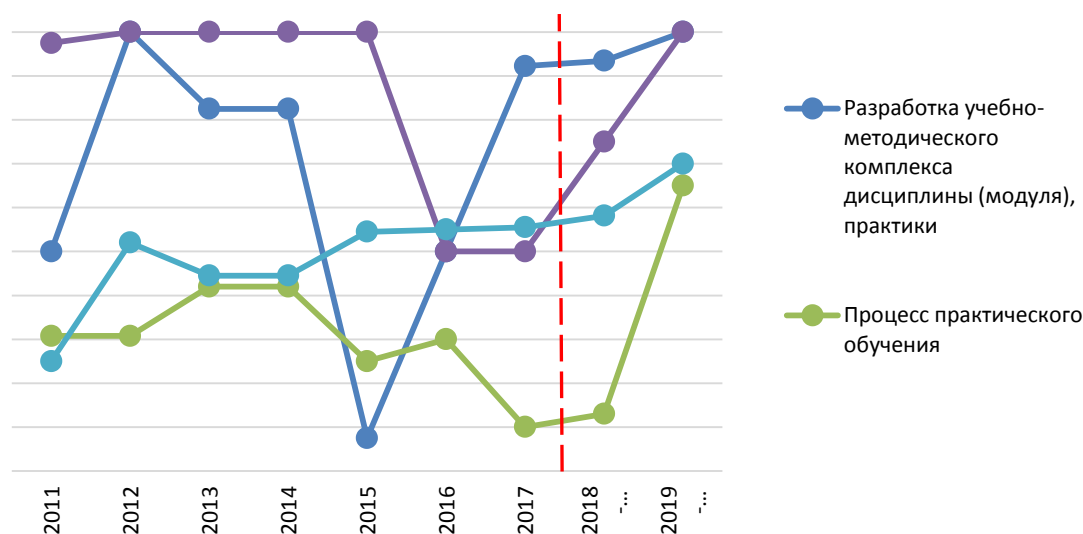


Рис. 3. Динамика показателей результативности основных процессов СПУПС

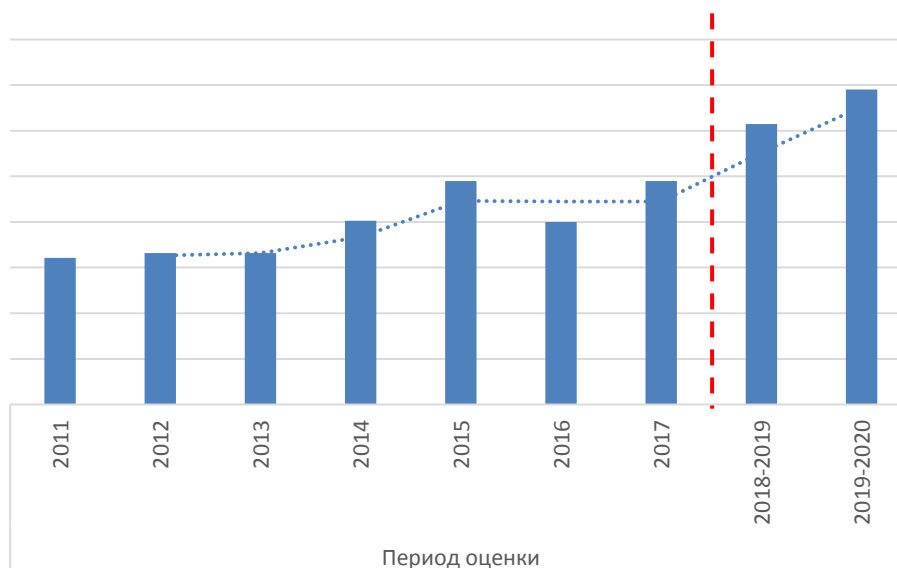


Рис. 4. Динамика показателя результативности учебного процесса

Полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии на качество подготовки обучающихся описанного в тексте статьи алгоритма ППР при управлении подготовкой специалистов в сфере безопасности на основе риск-ориентированного подхода.

Литература

1. Bombiak E. Human Resources Risk as an Aspect of Human Resources Management in Turbulent Environments // *Discover the world's research*. 2017. pp. 121–132.

2. Чернышева У.А., Чернышев А.Н. Применение методов риск-менеджмента в управлении образовательной организацией // Факторы и условия искоренения коррупции и других негативных явлений в образовании: психолого-педагогический аспект (на примере Краснодарского края): материалы Всерос. (с междунар. участием) науч.-практ. конф. Славянск-на-Кубани: Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Кубанский государственный университет» в г. Славянске-на-Кубани, 2016. С. 111–116.

3. Организационная модель системы управления рисками чрезвычайных ситуаций в вузе / М.А. Латкин [и др.] // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России»*. 2019. № 2. С. 87–93.

4. Пархоменко Н.В., Шевелева Т.В. Особенности управления рисками в сфере высшего образования // *Проблемы современного образования в техническом вузе: материалы V Междунар. науч.-метод. конф. Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2017. С. 191–194.*

5. Причинин А.Е. Методологические основы модели управления рисками образовательного проекта // *Вестник Удмуртского университета*. 2014. № 4. С. 66–75.

6. Прокофьева Е.Н. Образовательные риски в рамках когнитивного менеджмента: теоретические аспекты // *Казанский педагогический журнал*. 2018. № 4 (129). С. 37–43.

7. Новая математическая модель риск-менеджмента образовательной деятельности вуза / Ю.В. Шевцова [и др.] // *Вестник СибГУТИ*. 2019. № 4. С. 42–55.

8. Шуклина Е.А., Ротова Е.В. Управление рисками как фактор формирования культуры доверия в вузе // *Вестник Сургутского государственного педагогического университета*. 2018. № 4 (55). Ч. 1. С. 17–28.

9. Algorithm design for management decision-making support in the educational institutions of higher education basing of the application of risk-oriented approach / A.V. Lupanova [et all.] // *Conference Series: Journal of Physics*. 2020. № 1515. С. 22–24.

10. Assessment of the quality of training of specialists in higher education institutions / A.V. Lupanova [et all.] // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. № 1902.

References

1. Bombiak E. Human Resources Risk as an Aspect of Human Resources Management in Turbulent Environments // *Discover the world's research*. 2017. pp. 121–132.

2. Chernysheva U.A., Chernyshev A.N. Primenenie metodov risk-menedzhmenta v upravlenii obrazovatel'noj organizacii // *Faktory i usloviya iskoreneniya korrupcii i drugih negativnyh yavlenij v obrazovanii: psihologo-pedagogicheskij aspekt (na primere Krasnodarskogo kraja): materialy Vseros. (s mezhdunar. uchastiem) nauch.-prakt. konf. Slavyansk-na-Kubani: Filial federal'nogo gosudarstvennogo byudzhetnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Kubanskij gosudarstvennyj universitet» v g. Slavyanske-na-Kubani*, 2016. S. 111–116.

3. Organizacionnaya model' sistemy upravleniya riskami chrezvychnykh situacij v vuze / M.A. Latkin [i dr.] // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2019. № 2. S. 87–93.

4. Parhomenko N.V., Sheveleva T.V. Osobennosti upravleniya riskami v sfere vysshego obrazovaniya // *Problemy sovremennogo obrazovaniya v tekhnicheskome vuze: materialy V Mezhdunar. nauch.-metod. konf. Gomel': GGTU im. P.O. Suhogo*, 2017. S. 191–194.

5. Prichinin A.E. Metodologicheskie osnovy modeli upravleniya riskami obrazovatel'nogo proekta // *Vestnik Udmurtskogo universiteta*. 2014. № 4. S. 66–75.

6. Prokof'eva E.N. Obrazovatel'nye riski v ramkah kognitivnogo menedzhmenta: teoreticheskie aspekty // *Kazanskij pedagogicheskij zhurnal*. 2018. № 4 (129). S. 37–43.

7. Novaya matematicheskaya model' risk-menedzhmenta obrazovatel'noj deyatel'nosti vuza / Yu.V. Shevcova [i dr.] // *Vestnik SibGUTI*. 2019. № 4. S. 42–55.

8. Shuklina E.A., Rotova E.V. Upravlenie riskami kak faktor formirovaniya kul'tury doveriya v vuze // *Vestnik Surgutskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. 2018. № 4 (55). Ch. 1. S. 17–28.

9. Algorithm design for management decision-making support in the educational institutions of higher education basing of the application of risk-oriented approach / A.V. Lupanova [et all.] // *Conference Series: Journal of Physics*. 2020. № 1515. C. 22–24.

10. Assessment of the quality of training of specialists in higher education institutions / A.V. Lupanova [et all.] // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. № 1902.

УДК 004.658

МЕТОДИКА ПРАГМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ СОСТОЯНИЯ «ОБЛАЧНОГО» СЕРВИСА В ИНТЕРЕСАХ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕРФЕЙСА СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГЛОБАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

В.В. Ефимов.**Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого**

Рассматривается процесс анализа большого объема информации состояния «облачного» сервиса глобально распределенной информационной системы. Показана необходимость улучшения традиционной методики прагматического анализа информации, поступающей от системы мониторинга. Предложен и обоснован набор дополнительных шагов методики. Представлен авторский интерфейс системы информационной поддержки службы эксплуатации, реализованный в компании RingCentral.

Ключевые слова: глобально распределенная информационная система, «облачный» сервис, мониторинг, информация состояния, база данных управления конфигурации (CMDB), практики эксплуатации, прагматический анализ, визуализация информации

PRAGMATIC ANALYSIS METHODOLOGY OF CLOUD SERVICE STATE INFORMATION FOR GLOBALLY DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEM OPERATIONS SERVICE INTERFACE

V.V. Efimov. Saint-Petersburg polytechnic university of Peter the Great

The process of analyzing a large amount of information on the state of the «cloud» service of a globally distributed information system is discussed in this article. The need to improve the traditional method of pragmatic analysis of information coming from the monitoring system is shown. A set of additional steps of the method is proposed and substantiated. The author's interface of the information support system of the maintenance service, implemented in the RingCentral company, is presented.

Keywords: globally distributed information system, «cloud» service, monitoring, status information, CMDB, operational practices, pragmatic analysis, information visualization

Введение

В настоящее время широкое распространение получили «облачные» информационные услуги (или сервисы), такие как телефония, видеосвязь, услуги мгновенного обмена сообщениями, хранения данных и прочие. Согласно исследованию Джеймса Антони из FinancesOnline [1] среднее количество различных «облачных» сервисов, используемых американскими компаниями, выросло на 30 % в 2019 г. по отношению к 2018 г. и достигло 137. Согласно прогнозам аналитического агентства Gartner [2] рынок «облачных» услуг вырастет на 23,1 % в 2021 г. по отношению к 2020 г. и составит 332,3 млрд долл. (270 млрд долл. в 2020 г.).

Для того чтобы а) иметь возможность обслуживать пользователей по всему миру; б) обрабатывать запросы большого числа пользователей; в) обеспечивать высокую надежность за счет резервирования вычислительных мощностей, поставщики «облачных»

услуг задействуют большое количество вычислительных машин (серверов), размещенных в центрах обработки данных (ЦОД) по всему миру. Так компания RingCentral, являющаяся лидером телекоммуникационных услуг на рынках Северной Америки, Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона, использует для организации своего «облачного» сервиса более 20 000 серверов, размещенных в 12 ЦОД по всему миру.

Эти информационно-вычислительные мощности объединены в глобально распределенную информационную систему (ГРИС), к которой предъявляются высокие требования по надежности для обеспечения необходимого уровня предоставления услуг (Service Level Objective, SLO) [3]. Значением SLO для услуг компании RingCentral является обработка 99,999 % запросов пользователей, что эквивалентно ≤ 5 мин в год, в течение которых пользователи получают отказ в обслуживании.

Как правило, отказ в обслуживании не является запланированным событием, а представляет из себя сбой в работе ГРИС, который, для достижения SLO, должен быть максимально быстро устранен службой эксплуатации. Очевидно, для того чтобы устранить сбой, необходимо первым делом получить информацию о том, что он произошел; такую информацию предоставляет система мониторинга состояния ГРИС.

Система мониторинга состояния ГРИС, такая как Zabbix [4], также представляет собой распределенную систему. Она состоит из базы данных, центрального сервера, прокси-серверов и агентов мониторинга – приложений, запущенных на удаленных серверах и периодически собирающих информацию об их состоянии; агенты отправляют собранную информацию на центральный узел системы мониторинга. В случае когда запуск агента на удаленном сервере невозможен, например, это касается сетевого оборудования, система мониторинга может самостоятельно опрашивать удаленные сервера, используя их программные интерфейсы (API, Application Programming Interface) (рис. 1).



Рис. 1. Архитектура системы мониторинга ГРИС

Центральный сервер системы мониторинга производит прагматический анализ полученной информации с целью выявления ее полезности для обнаружения сбоя в работе ГРИС. Информация считается полезной в случае, когда значение измеряемого параметра превышает заранее заданное пороговое значение (например, оперативная память на сервере занята более чем на 90 %) либо пороговое значение будет превышено в ближайшее время (прогностический анализ) [5]. В предельном случае отклонением от порогового значения

будет считаться любое значение, отличающееся от целевого. Сообщение, содержащее такую информацию, называется событием системы мониторинга.

Как уже было упомянуто выше, обнаружение сбоя – это лишь первый шаг на пути к конечной цели, а именно, к максимально быстрому его устранению. В случае же масштабного сбоя, в результате которого выходят из строя сегменты ГРИС, состоящие из нескольких тысяч серверов, поток информации о превышении пороговых значений на каждом из них будет превосходить возможности восприятия и обработки данных инженера службы эксплуатации для последующего принятия быстрого решения о выборе процедуры восстановления работоспособности ГРИС. Таким образом, данный поток информации не будет являться достаточно полезным.

В данной статье предложена методика прагматического анализа информации о состоянии ГРИС с целью не только обнаружения сбоя, но и предоставления информации о текущем состоянии системы инженеру службы эксплуатации таким образом и в таком виде, чтобы он мог быстро выбрать процедуру восстановления, которая приведет к устранению сбоя.

Постановка задачи

Рассмотрим деятельность типичного бизнес-представителя ГРИС – компании RingCentral – по решению задачи обнаружения и реагирования на сбой. Компания, предоставляющая «облачный» телекоммуникационный сервис на рынках США, Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона, на состояние первой половины 2021 г. вносит в линейку своих облачных сервисов более 1 000 изменений в неделю (рис. 2).

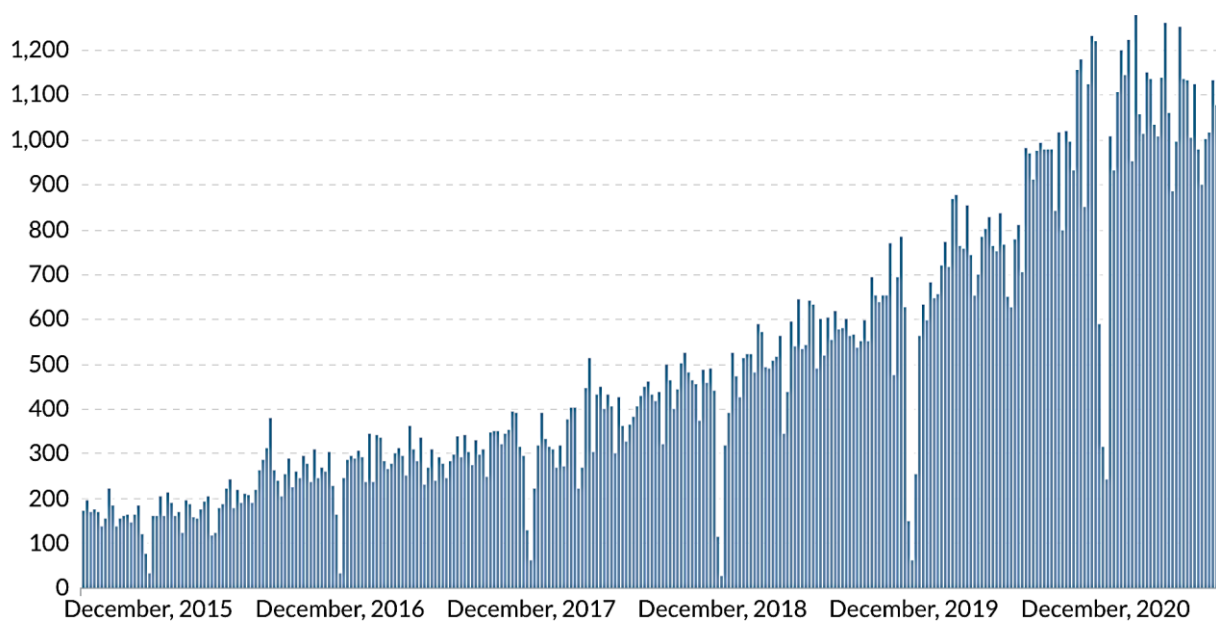


Рис. 2. Количество изменений в неделю в сервисе компании RingCentral со второй половины 2015 г. по первую половину 2021 г.

На графике отчетливо видны несколько недель каждый год в конце декабря и начале января, когда количество изменений существенно снижается. Это связано с праздниками в США и Европе, когда пользователи телекоммуникационного сервиса поздравляют своих родственников с Рождеством – на это время компания RingCentral вводит мораторий на внесение изменений, чтобы минимизировать риск отклонения от SLO. Основной центр эксплуатации компании находится в России, в Санкт-Петербурге, где первая неделя января – это новогодние праздники, что также объясняет низкое количество изменений на этой неделе.

Похожая картина наблюдается на графике количества сбоев в неделю (рис. 3). В конце декабря и начале января наблюдается снижение количества сбоев, зарегистрированных в работе облачного сервиса компании RingCentral, что говорит о прямопропорциональной зависимости количества сбоев от количества изменений и о том, что количество сбоев, вызванных изменениями, весьма существенно.

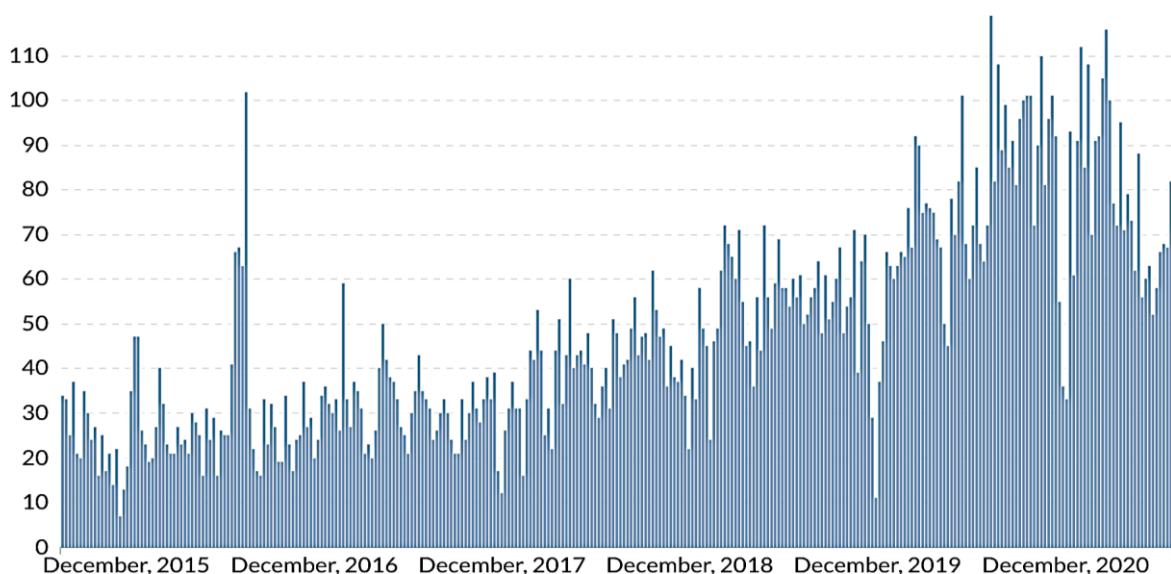


Рис. 3. Количество сбоев в неделю в сервисе компании RingCentral со второй половины 2015 г. по первую половину 2021 г.

При этом процедура устранения сбоя в работе ГРИС, вызванного внесенным изменением, заранее известна и регламентирована. В соответствии с практиками эксплуатации, описанными в таких стандартах, как ITIL [6] и SRE [3], каждое изменение содержит инструкцию по возвращению системы в исходное состояние. Таким образом, целесообразным является анализ информации о превышении пороговых значений на предмет связи с одним из недавно внесенных в систему или происходящих в данный момент изменений.

Методика

Как было показано автором в работе «Integration Data Model for Continuous Service Delivery in Cloud Computing System» [7], в модели данных предметной области (эксплуатации ГРИС) изменение в системе выполняется на определенных серверах; в то же время события системы мониторинга формируются на основании данных, также полученных с определенных серверов. Сопоставив сервера, на которых недавно были внесены изменения (рис. 4), с серверами, с которых в данный момент приходят сообщения о превышении пороговых значений (рис. 5), можно предположить, что данный сбой вызван внесенным изменением.

Hostgroup ID: 362039	Hosts (8): 1 sjc01-c01-acm02
Changing: Code Change	2 sjc01-c01-bap02
To:	3 sjc01-c01-bpc02
Auto-Zabbix Maintenance: yes	4 sjc01-c01-bpm02
	5 sjc01-c01-igl02
	6 sjc01-c01-inv02
	7 sjc01-c01-nsr02
	8 sjc01-c01-pay02

Рис. 4. Список серверов (hosts) из заявки на изменение

```
{
  "host": "<hostname>",
  "key": "log[/home/zabbix/logs/zabbix_agentd.log]",
  "lastlogsize": 112,
  "value": " 19845:20140621:141708.521 Starting Zabbix Agent [<hostname>]. Zabbix 2.4.0 (revision 50000).",
  "id": 2,
  "clock": 1400675595,
  "ns": 77053975
},
{
  "host": "<hostname>",
  "key": "vfs.fs.size[/nono]",
  "state": 1,
  "value": "Cannot obtain filesystem information: [2] No such file or directory",
  "id": 3,
  "clock": 1400675595
}
```

Рис. 5. Сообщение агента системы мониторинга, содержащее указание на сервер (host), с которого отправлена информация

Это позволит, во-первых, скрыть от оператора относящиеся к происходящим в данный момент изменениям сообщения как являющиеся результатом выполняемого технического обслуживания, а значит не требующие незамедлительной реакции для устранения сбоя. И, во-вторых, для сообщений, относящихся к недавно завершеному изменению, проинформировать об этом оператора, что позволит ему принять решение о процедуре устранения сбоя, которая, в соответствии со стандартами эксплуатации, будет возвращением состояния ГРИС к исходному («откат» изменения).

Каждый сбой в работе ГРИС, который влияет на качество обслуживания (например, приводит к отказу в обслуживании ряда пользователей), документируется. Фиксируется время начала сбоя, время его устранения, а также сервера или группы серверов, на которых были зафиксированы превышения пороговых значений. Первоочередной задачей при устранении такого сбоя (в соответствии с процессом управления сбоями) является максимально быстрое устранение его влияния на SLO. В качестве процедуры традиционно используется переключение на резервные вычислительные мощности, однако в этом случае с «пораженных» серверов продолжает поступать информация о превышении пороговых значений, которая уже не будет требовать незамедлительных действий со стороны службы эксплуатации. Полный цикл восстановительных работ здесь может занять продолжительное время, например, в случае если необходимо произвести замену вышедшего из строя оборудования.

События системы мониторинга с таких серверов не имеют практического значения для службы эксплуатации; более того – они являются избыточно вредными. Отсюда целесообразным является прагматический анализ информации о превышении пороговых значений на связь с открытыми в данный момент записями о сбоях. Анализ может быть проведен посредством сопоставления списка серверов, указанных в записях о сбоях, с серверами, с которых пришло событие системы мониторинга (по аналогии с анализом на соответствие плановому изменению).

Это уменьшает объем информации, который необходимо воспринять и проанализировать оператору, сокращая тем самым время реакции на сообщения, которые требуют принятия решения о выборе процедуры восстановления.

ГРИС как любая система состоит из набора элементов (вычислительных машин, серверов хранения данных), связанных между собой, что можно описать с помощью графа. Связи могут быть как на физическом (наличие соединения с помощью сетевого кабеля, размещение в одной стойке ЦОД), так и на логическом (группа серверов, обрабатывающих один и тот же тип запроса) уровне. Такой граф (рис. 6) называется конфигурацией ГРИС и традиционно хранится в базе данных конфигурации (Configuration Management DataBase, CMDB) [8].

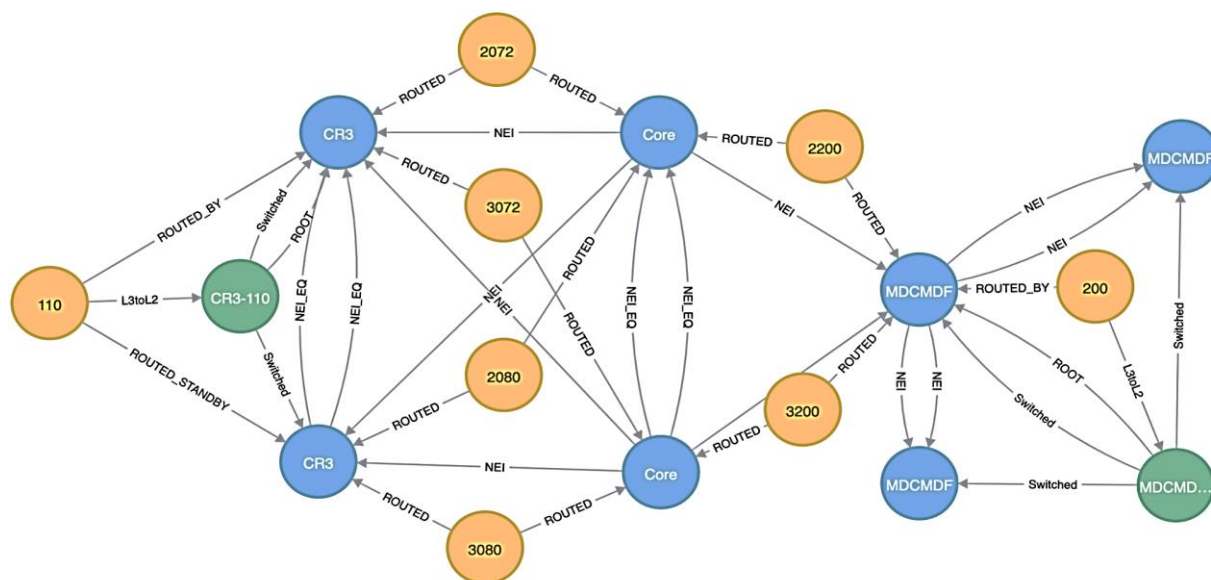


Рис. 6. Пример графа конфигурации ГРИС

При этом часть связей – иерархическая, к примеру: сервер системы виртуализации обеспечивает работу ряда виртуальных серверов, а одно устройство маршрутизации запросов обеспечивает связь группы серверов с остальными, размещенными в локальной сети. При выходе из строя такого «родительского» элемента также выйдут из строя и его «дочерние» элементы, в результате чего будут зафиксированы превышения пороговых значений на ряде серверов. Однако при таком сбое процедура, которая позволит восстановить работоспособность ГРИС, будет связана с воздействием на «родительский» элемент, а воздействие на «дочерние» элементы эффекта иметь не будет. Таким образом, для выбора точки приложения процедуры восстановления целесообразным является прагматический анализ событий системы мониторинга на иерархическую связь серверов, с которых эти события пришли, между собой.

Таким образом, имея в каждый момент набор событий e_1, e_2, \dots, e_n , из каждого из них может быть извлечена информация о сервере s , с которого оно пришло: $s_i = f(e_i)$. А для каждого сервера определено множество S его «родительских» серверов $S_i = f(e_i), S \in C$, являющееся подмножеством всех серверов C из конфигурации, хранящейся в CMDB. Пересечение P всех множеств S_i и будет являться искомым общим «родительским» узлом: $P = \bigcap_{i=1}^n S_i$.

Гипотетически, это поможет оператору службы эксплуатации быстрее выявить «точку отказа» и применить соответствующую процедуру устранения сбоя.

В соответствии с практиками эксплуатации ГРИС, описанными в вышеупомянутых стандартах (ITIL, SRE), служба эксплуатации ведет учет всех процедур восстановления ГРИС в базе данных известных ошибок (Known Error DataBase, KEDB). Соответственно, при возникновении сообщения о сбое целесообразным является анализ этого сообщения на соответствие одной или нескольким процедурам восстановления.

Производя анализ данных о состоянии серверов ГРИС, в случае превышения порогового значения система мониторинга «обогащает» исходное сообщение текстовым сообщением, предназначенным для восприятия и обработки оператором. Такими сообщениями могут быть, например, следующие:

BGP connection with 206.81.80.248: is not established.

Free /mnt/rclogbackup-sjc51 space < 10%

*Volume Usage (vol/vserver grouped by node/aggregate)-mss_dir1_6_rp/iad41-c01-efs07-svm01
SpacePercentUsed.*

Эти сообщения могут содержать информацию о конкретном сервере и конкретном значении метрики; однако составляются системой мониторинга по определенному шаблону. Операция на соответствие сообщения шаблону может быть произведена в простейшем случае с помощью регулярных выражений [9], таких как:

*Free CMS memory (heap/ls) .**
*Network partitioning is detected on .**
*.*Volume (Usage/capacity) .*lg_st01.**

В результате решение оператора упрощается с необходимости выбора процедуры восстановления из многих до согласия/несогласия с предложенной процедурой. Потенциально, в ряде случаев, применение процедуры восстановления может быть автоматизировано.

Резюмируем предложенное выше в виде пошаговой методики прагматического анализа информации состояние «облачного» сервиса.

Шаг 1. Анализ событий системы мониторинга на связь с недавними изменениями в ГРИС посредством сопоставления списка серверов, на которых производились изменения, с сервером, с которого пришло событие.

Шаг 2. Анализ событий системы мониторинга на принадлежность к одному из сбоев, зарегистрированных в системе управления сбоями, посредством сравнения списка серверов, отнесенных к сбою, с сервером, с которого пришло событие.

Шаг 3. Анализ событий системы мониторинга на взаимную иерархическую связь. Для этого список серверов, с которых пришли активные в данный момент события, проверяется на наличие общего «родительского» элемента в соответствии с графом конфигурации ГРИС, хранящимся в CMDB.

Шаг 4. Анализ событий системы мониторинга на принадлежность к одному или нескольким процедурам восстановления ГРИС, описанным в KEDB.

Технологизация: алгоритмизация и визуализация

Для устранения сбоя «облачного» сервиса требуется его оперативная идентификация, выбор процедуры восстановления, а также точки ее приложения. Несмотря на внешне кажущуюся эвристичность, все эти действия по отдельности и в совокупности обладают всеми признаками технологичности – результативностью, детерминированностью и массовостью. Их доказательство лежит в плоскости упомянутой регламентации и Best Practices, а также возможности алгоритмизации методики.

Обобщенный алгоритм прагматического анализа и обогащения информации состояния ГРИС метками плановых изменений, сбоев, общих родительских узлов и известных проблем приведен на рис. 7. На рисунке отчетливо видны инновационные шаги (1–4) методики (условное обозначение – «ромб») в дополнение к общепринятой (шаг 0) и при этом «обогащенные» конструктивной контекстной информацией (условное обозначение – «прямоугольник с закругленными углами»).

Проанализированная информация должна быть обработана дежурным инженером службы эксплуатации, целью которой, напомним, является максимально быстрое устранение сбоев в работе ГРИС. Для чего агрегированная и «обогащенная» информация должна быть отображена для визуального восприятия (на рис. 7 «Сообщение показано оператору») с последующим интеллектуальным анализом и принятием решения.

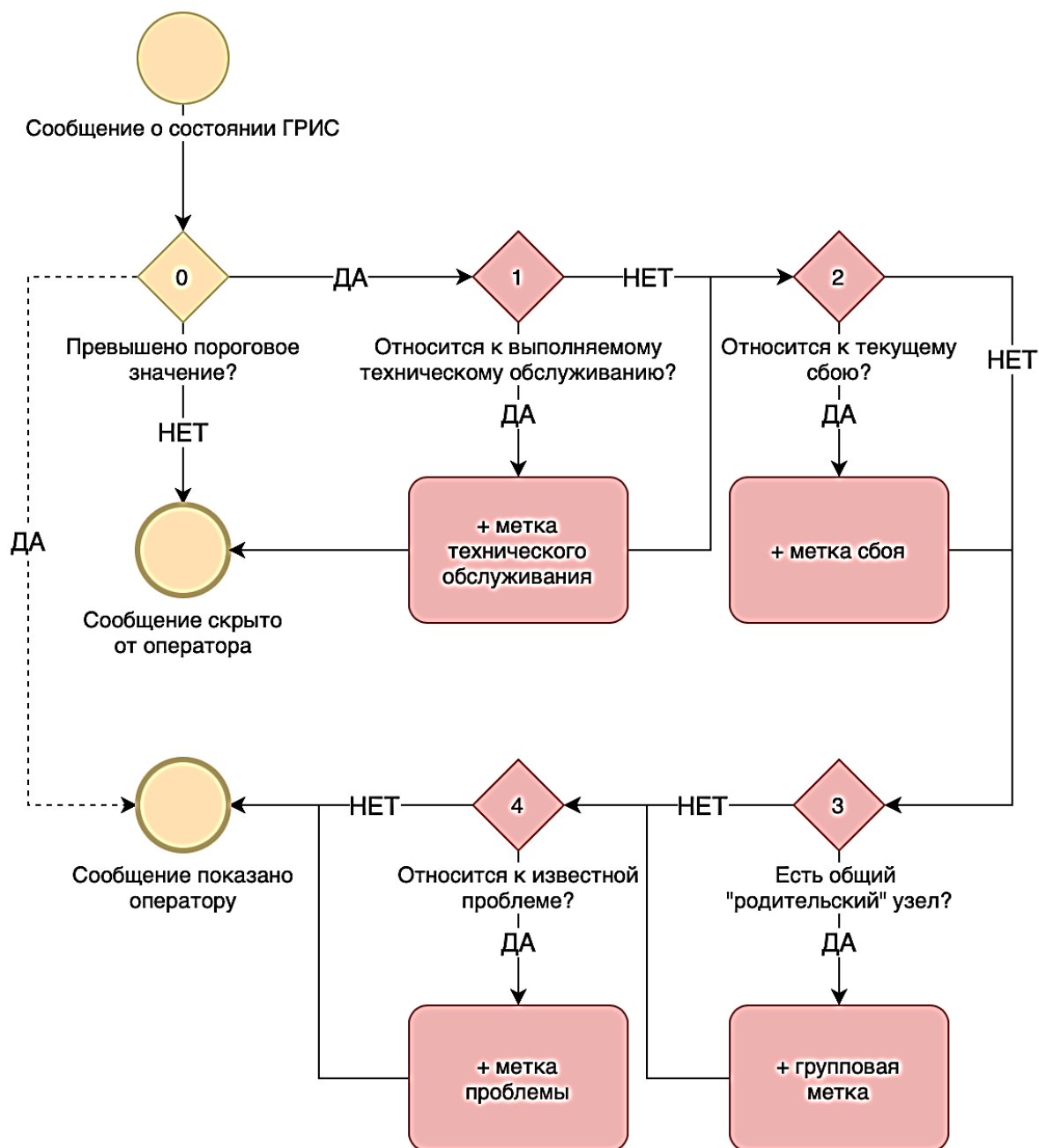


Рис. 7. Алгоритм прагматического анализа информации состояния

На рис. 8 показано информационное табло системы мониторинга Zabbix, в котором визуализируется информация состояния ГРИС, прошедшая анализ на превышение пороговых значений. Видно, что сообщения не сгруппированы (а лишь отсортированы по времени поступления), не содержат дополнительных информационных меток.

В компании RingCentral, в рамках системы информационной поддержки службы эксплуатации и в интересах организации интерфейса с ее оператором, автором было разработано соответствующее табло (рис. 9), на котором также отображаются текущие события системы мониторинга ГРИС, но уже с учетом прагматического анализа согласно предлагаемой методике.

Time	Severity	Recovery time	Status	Info	Host	Problem	Duration	Ack
06:01:04	Information		PROBLEM		sjc01-c01-HDV	Vertica: to many monitoring (mon_zabbix) sessions ?	2m 17s	No
06:00:20	Critical		PROBLEM		sjc01-c01-dos01	CountOfJennePostNewOrderFailedRequests grows ?	3m 1s	No
06:00:05	Critical		PROBLEM		sjc01-p01-aws02	↑ HTTP ping to 8088 port lost ?	3m 16s	No
06:00								
05:59:20	Critical		PROBLEM		sjc01-p01-bil02	There is no data about BIL health during 10 minutes or more ?	4m 1s	No
05:58:59	Warning		PROBLEM		sjc01-p01-fax04	Zabbix Agent is not available ?	4m 22s	No
05:58:56	Warning		PROBLEM		sjc01-p01-fax05	Zabbix Agent is not available ?	4m 25s	No
05:58:54	Warning		PROBLEM		sjc01-p01-fax06	Zabbix Agent is not available ?	4m 27s	No
05:58:19	Warning		PROBLEM		sjc01-c01-scr02	Remote out ?	5m 2s	No
05:57:09	Information		PROBLEM		sjc01-c01-crs03	Routing policy changed	6m 12s	No

Рис. 8. Информационное табло системы мониторинга Zabbix

Sev	Host/Trigger Name	Action	Relation	Escalated	Firs...	Last...	Loc...	Layer	Co...
1	iad41-r09-vgw02: Error rate peaking above 20% on iad41-r09-vgw inst	TICK +		✖	1m 1...	1m 1...	IAD41	R09	VGW
89	CMR-293072: 21.3.20 RCV Backend Release: us-01/02/03/05/09@iad...	✓	CMR-293072	✖	22m...	1m 1...	6	7	13
1	sjc01-r02-vgw03: Error rate peaking above 20% on sjc01-r02-vgw inst	TICK +		✖	1m 3...	1m 3...	SJC01	R02	VGW
1	sjc01-r03-vgw02: Error rate peaking above 20% on sjc01-r03-vgw inst	TICK +		✖	1m 5...	1m 5...	SJC01	R03	VGW
1	iad41-r03-vgw03: Error rate peaking above 20% on iad41-r03-vgw inst	TICK +		✖	1m 5...	1m 5...	IAD41	R03	VGW
36	HeartbeatLag is more than 300000 ms	⚠ ✓		✖	10m ...	2m ...	2	3	PAS
1	sjc01-p16-pas08: HeartbeatLag is more than 300000 ms	A ZBX ✓		✖	2m ...	2m ...	SJC01	P16	PAS
1	sjc01-p16-pas10: HeartbeatLag is more than 300000 ms	A ZBX ✓		✖	2m ...	2m ...	SJC01	P16	PAS
1	sjc01-p16-pas12: HeartbeatLag is more than 300000 ms	A ZBX ✓		✖	2m ...	2m ...	SJC01	P16	PAS
1	sjc01-p16-pas07: HeartbeatLag is more than 300000 ms	A ZBX ✓		✖	2m ...	2m ...	SJC01	P16	PAS

Рис. 9. Табло для информационной поддержки службы эксплуатации ГРИС компании RingCentral

Для каждого события указан сервер происхождения и информационное сообщение (колонка Host/Trigger Name). В колонке Relations указана связь с недавним изменением либо текущим сбоем, зарегистрированным в подсистеме управления сбоями. В данном примере 89 событий были агрегированы в одну запись как вызванные одним и тем же изменением (вторая строчка данных на табло).

Колонки Loc (сокр. от Location), Layer, Co (сокр. от Component) – это «родительские» элементы ГРИС в соответствии с ее конфигурацией. В данном примере 36 событий были агрегированы как относящиеся к одним и тем же «родительским элементам» – SJC01, P16, PAS. Эти 36 событий изначально были представлены одной строкой, однако в данном примере оператор развернул ее для того, чтобы ознакомиться с каждым сообщением в отдельности, что видно по стрелочке, направленной вниз слева от исходной строки.

Заключение

С ростом сложности ГРИС, предоставляющих «облачные» услуги, возможностей восприятия и обработки информации инженером службы эксплуатации, поступающей от традиционных систем мониторинга, стало хронически не хватать, так как традиционный анализ информации от системы мониторинга не является прагматическим. Существующие методики анализа информации состояния ГРИС основываются на поиске отклонений ее состояния от нормативного через проверку на превышение пороговых значений

определенными показателями. Повышение эффективности таких методик достигается за счет подбора показателей и пороговых значений, а также прогнозирования значений на основании исторических данных.

Изложенная в статье методика базируется на прагматическом анализе большого потока сообщений на связь между собой и с другими данными о состоянии ГРИС с последующей агрегацией и «обогащением». Эта связь, в свою очередь, устанавливается на основании модели данных эксплуатации ГРИС, разработанной автором в предшествующих работах. Таким образом, данная методика может быть использована практически в любой компании, которая занимается эксплуатацией ГРИС на основе одного из распространенных стандартов эксплуатации (ITIL, SRE, COBIT и др.).

Методика использует простые методы выявления связей – прямое сравнение строк, проверку строки на соответствие регулярному выражению, поиск ближайших «родителей» по графу и пересечения набора множеств. Однако с дальнейшим ростом сложности конфигурации ГРИС, а также с ростом количества показателей ее состояния и сообщений о превышении пороговых значений, представляется целесообразным использование более сложных методов, таких как машинное обучение, с целью уменьшения размерности состояния и установления связи данных состояния без наличия экспертных правил (таких как регулярные выражения), а также поиск по графу «в глубину». Кроме того, интуитивно декларируемая эффективность шагов прагматического анализа, по аналогии с работой [10], требует количественного подтверждения посредством различных видов моделирования.

Алгоритмы агрегации и визуализация данных были показаны на примере опыта компании RingCentral и заслуживают особого исследования в интересах автоматизации службы эксплуатации ГРИС, что нашло отражение в работах автора [11, 12].

Литература

1. Anthony J. 70 SaaS Statistics You Must Learn: 2020/2021 Market Share & Data Analysis // FinancesOnline. URL: <https://financesonline.com/saas-statistics> [Accessed 20th July 2021].
2. Gartner. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2021-04-21-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-end-user-spending-to-grow-23-percent-in-2021> [Accessed 20th July 2021].
3. Beyer B., Jones C., Murphy N.R., Petoff J. Site Reliability Engineering. Sebastopol: O'Reilly Media, 2016.
4. Mescheryakov S.V., Shchemelinin D.A. Analytical overview of Zabbix International conference 2013 // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика, телекоммуникации и управление. 2014. № 1 (188). С. 91–98.
5. Kucherova K., Mescheryakov S., Shchemelinin D. Using Predictive Monitoring Models in Cloud Computing Systems // Proceedings of International Conference on Distributed Computer and Communication Networks. Communications in Computer and Information Science. Vol. 919. Cham: Springer, 2018. PP. 341–352. DOI: 10.1007/978-3-319-99447-5_29.
6. Axelos. ITIL Foundation. London: The Stationery Office, 2019. 212 p.
7. Efimov V.V., Mescheryakov S.V., Shchemelinin D.A. Integration Data Model For Continuous Service Delivery In Cloud Computing System // Proceedings of International Conference on Distributed Computer and Communication Networks on Communications in Computer and Information Science. 2017. Vol. 700. PP. 87–97. DOI: 10.1007/978-3-319-66836-9_8.
8. Sharifi M., Ayat M., Sahibudin S. Implementing ITIL-based CMDB in the organizations to minimize or remove service quality gaps // Proceedings of the 2nd Asia International Conference on Modeling & Simulation (Kuala Lumpur, 13–15 May 2008). New York: IEEE, 2008. PP. 734–737. DOI:10.1109/AMS.2008.144.

9. Thompson K. Programming techniques: Regular expression search algorithm // Communications of the ACM. 1968. Vol. 11. Iss. 6. PP. 419–422. DOI: 10.1145/363347.363387.
10. Буйневич М.В., Ефимов В.В. Организационно-технические принципы интеграции баз данных состояния глобально распределенной информационной системы // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 2. С. 108–115.
11. Ефимов В.В. Визуализация бесперебойной работы облачных интернет-сервисов с использованием базы данных управления конфигурацией (CMDB) // Неделя науки СПбПУ: материалы науч. конф. с междунар. участием. 2018. С. 191–193.
12. Ефимов В.В. Автоматизация и визуализация изменений в глобально распределенной информационной системе // Неделя науки СПбПУ: материалы науч. конф. с междунар. участием. 2017. С. 171–172.

References

1. Anthony J. 70 SaaS Statistics You Must Learn: 2020/2021 Market Share & Data Analysis // FinancesOnline. URL: <https://financesonline.com/saas-statistics> [Accessed 20th July 2021].
2. Gartner. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2021-04-21-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-end-user-spending-to-grow-23-percent-in-2021> [Accessed 20th July 2021].
3. Beyer B., Jones C., Murphy N.R., Petoff J. Site Reliability Engineering. Sebastopol: O'Reilly Media, 2016.
4. Mescheryakov S.V., Shchemelinin D.A. Analytical overview of Zabbix International conference 2013 // Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta. Informatika, telekommunikacii i upravlenie. 2014. № 1 (188). S. 91–98.
5. Kucherova K., Mescheryakov S., Shchemelinin D. Using Predictive Monitoring Models in Cloud Computing Systems // Proceedings of International Conference on Distributed Computer and Communication Networks. Communications in Computer and Information Science. Vol. 919. Cham: Springer, 2018. PP. 341-352. DOI: 10.1007/978-3-319-99447-5_29.
6. Axelos. ITIL Foundation. London: The Stationery Office, 2019. 212 p.
7. Efimov V.V., Mescheryakov S.V., Shchemelinin D.A. Integration Data Model For Continuous Service Delivery In Cloud Computing System // Proceedings of International Conference on Distributed Computer and Communication Networks on Communications in Computer and Information Science. 2017. Vol. 700. PP. 87–97. DOI: 10.1007/978-3-319-66836-9_8.
8. Sharifi M., Ayat M., Sahibudin S. Implementing ITIL-based CMDB in the organizations to minimize or remove service quality gaps // Proceedings of the 2nd Asia International Conference on Modeling & Simulation (Kuala Lumpur, 13–15 May 2008). New York: IEEE, 2008. PP. 734–737. DOI: 10.1109/AMS.2008.144.
9. Thompson K. Programming techniques: Regular expression search algorithm // Communications of the ACM. 1968. Vol. 11. Iss. 6. PP. 419–422. DOI:10.1145/363347.363387.
10. Bujnevich M.V., Efimov V.V. Organizacionno-tehnicheskie principy integracii baz dannyh sostoyaniya global'no raspredelennoj informacionnoj sistemy // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2021. № 2. S. 108–115.
11. Efimov V.V. Vizualizaciya bosperebojnoj raboty oblachnyh internet-servisov s ispol'zovaniem bazy dannyh upravleniya konfiguraciej (CMDB) // Nedelya nauki SPbPU: materialy nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem. 2018. S. 191–193.
12. Efimov V.V. Avtomatizaciya i vizualizaciya izmenenij v global'no raspredelennoj informacionnoj sisteme // Nedelya nauki SPbPU: materialy nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem. 2017. S. 171–172.

УДК 004.94

ОТБОР КАНДИДАТОВ В МАГИСТРАТУРУ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ МЧС РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДАПТИВНОЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ НА ОСНОВЕ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

О.В. Уткин.**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматриваются вопросы кадрового обеспечения в системе МЧС России в образовательной деятельности. Автором предлагается на основе адаптивной методики отбора кадров инструментарий для определения обобщенного рейтинга поступающих в магистратуру с применением аппарата нечеткой логики и математического прикладного программного обеспечения MATLAB. Выявлена корреляционная зависимость между обобщенным рейтингом поступающего и выпускника магистратуры путем сравнительного анализа полученных результатов разработанной авторской обобщенной оценкой.

Ключевые слова: нечеткие множества первого порядка, нечеткие множества второго порядка, нечеткие функции принадлежности, нечеткое моделирование, математическая модель, отбор кадров, критерии отбора, адаптивная методика, магистратура

SELECTION OF CANDIDATES FOR THE MASTER SCHOOL OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF EMERCOM OF RUSSIA USING AN ADAPTIVE EVALUATION METHOD BASED ON A FUZZY LOGIC APPARATUS

O.V. Utkin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article actualizes the issues of personnel support in the EMERCOM of Russia system in educational activities. The author offers, on the basis of an adaptive method of personnel selection, a toolkit for determining the generalized rating for entering the master's program using the fuzzy logic apparatus and the mathematical application software MATLAB. The correlation dependence between the generalized rating of the incoming and graduate master's degree is revealed by a comparative analysis of the results obtained by the author's generalized assessment developed.

Keywords: first-order fuzzy sets, second-order fuzzy sets, fuzzy membership functions, fuzzy modeling, mathematical model, personnel selection, selection criteria, adaptive methodology, graduate school

Кадры являются важнейшим ресурсом как всей системы МЧС России в целом, так и образовательных организаций министерства в частности [1]. Эффективность решения профессиональных задач будущими сотрудниками МЧС России во многом будет определяться качеством их подготовки в образовательных организациях на всех уровнях (бакалавриата, специалитета, магистратуры, адъюнктуры).

При этом основным средством, обеспечивающим равенство при поступлении в образовательную организацию, является процедура конкурсного отбора. От решения задачи качественного отбора на этапе поступления во многом будет зависеть успешность достижения целей и результатов системы подготовки кадров и освоения требуемых компетенций обучающимися в будущем.

Методический инструментарий по оценке и отбору кадров направлен на обеспечение правовой и методической поддержки осуществления эффективного и качественного отбора претендентов, поступающих в образовательные организации МЧС России. Однако используемые в настоящее время методы балльной оценки вносят в результаты высокий уровень субъективизма и соответственно не всегда могут обеспечить достижение качественного отбора претендентов и объективности [2, 3].

Важной задачей является повышение адекватности принимаемых решений на этапе отбора, для решения которой автором ранее была предложена адаптивная методика отбора кадров в системе образовательных учреждений МЧС России [4]. Предлагается рассмотреть возможность практического использования данной методики при оценке кандидатов поступающих в магистратуру.

При наборе в магистратуру по направлению подготовки 27.04.03 «Системный анализ и управление» (2018 г. набора) кандидаты сдавали вступительные экзамены по высшей математике (Q_{11}) и специальности (Q_{12}). В рамках эксперимента поступающим было предложено пройти дополнительное тестирование по направлению подготовки «Системный анализ и управление» (уровень бакалавриата) с целью дополнительного более глубокого анализа сформированности основных компетенций [5–7], где Q_{21} – «Системный анализ на основе профессиональной подготовки», Q_{22} – «Системный анализ при прогнозировании ЧС», Q_{23} – «Системный анализ при управлении в МЧС России» [8] (рис. 1).



Рис. 1. Критерии оценивания кандидата в магистратуру

В табл. 1 представлены результаты вступительных испытаний и результаты тестирования десяти поступающих в магистратуру. В графе «Направление подготовки (специальность)» указаны направления подготовки, по которым обучались кандидаты ранее в бакалавриате и специалитете.

По результатам оценивания каждого кандидата рассчитывался обобщенный рейтинг в виде взвешенной суммы результатов вступительных испытаний по высшей математике, специальности и тестирования.

Расчет критериев оценивания кандидата подробно рассмотрен автором в работе [4]. Специально отобраным экспертами методом парных сравнений получены веса критериев оценивания кандидата (табл. 2) [9]. Данные веса определяют важность критериев с точки зрения экспертов.

Таблица 1. Результаты вступительных испытаний и тестирования поступающих в магистратуру Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

№ п/п	Фамилия	Критерии оценивания кандидата			Направление подготовки (специальность)
		результаты вступительных испытаний (баллы)		тестирование (баллы)	
		высшая математика	экзамен по специальности		
1.	А	55	50	46	Физическая культура и спорт
2.	Б	64	50	60	Защита в ЧС
3.	В	74	50	65	Юрист
4.	Г	74	75	85	Аудиовизуальная техника
5.	Е	53	80	80	Системный анализ и управление
6.	Ж	57	75	77	Системный анализ и управление
7.	З	50	50	52	Городское строительство и хозяйство
8.	К	53	75	82	Системный анализ и управление
9.	Л	53	100	87	Прикладная математика
10.	М	100	90	85	Информационные системы и технологии

Таблица 2. Веса критериев оценивания кандидатов при поступлении в магистратуру

Критерии оценивания кандидата	Высшая математика	Экзамен по специальности	Тестирование (баллы)	Сумма весов
Вес критерия	0,26	0,51	0,23	1,0

В результате был получен обобщенный рейтинг каждого кандидата как взвешенная сумма результатов испытаний и их весов, который измеряется в соответствующих баллах (табл. 3).

Таблица 3. Результаты оценки обобщенного рейтинга поступающих в магистратуру

№ п/п	Фамилия	Результаты вступительных испытаний		Дополнительное тестирование	Обобщенный рейтинг поступающего
		высшая математика	экзамен по специальности		
1.	А	55	50	46	50,4
2.	Б	64	50	55	54,8
3.	В	74	50	67	60,2
4.	Г	74	75	84	76,8
5.	Е	53	80	80	73,0
6.	Ж	57	75	77	70,8
7.	З	50	50	52	50,5
8.	К	53	75	82	70,9
9.	Л	53	100	87	84,8
10.	М	100	90	85	91,5

Обобщенный рейтинг позволяет провести прогноз уровня сформированности основных компетенций при обучении в магистратуре.

В 2021 г. магистрантами была пройдена государственная итоговая аттестация (ГИА), а затем защита выпускных квалификационных работ (ВКР). Кроме того, получена оценка работы магистрантов научными руководителями. В результате была получена обобщенная рейтинговая оценка каждого выпускника, учитывающая все критерии оценки.

Научные руководители оценивали результаты работы магистрантов по пяти показателям:

1. Соответствие темы магистерской работы ее содержанию.
2. Характеристика теоретической обоснованности результатов работы.
3. Стилистическая выдержанность текста, правильность грамматических конструкций, использование научного стиля, последовательность изложения ВКР.
4. Оценка логичности и четкости выводов, а также их соответствие поставленным задачам.

5. Соответствие оформления выпускной квалификационной работы стандартам написания дипломных и курсовых проектов, которые приняты в образовательной организации.

Был произведен расчет критерия «Оценка научного руководителя» по пяти показателям методом нечеткого вывода первого порядка в среде MATLAB [10], в которой были заданы входные данные: функции принадлежности, интервалы оценивания, критерии оценивания для пяти сформированных показателей (рис. 2).

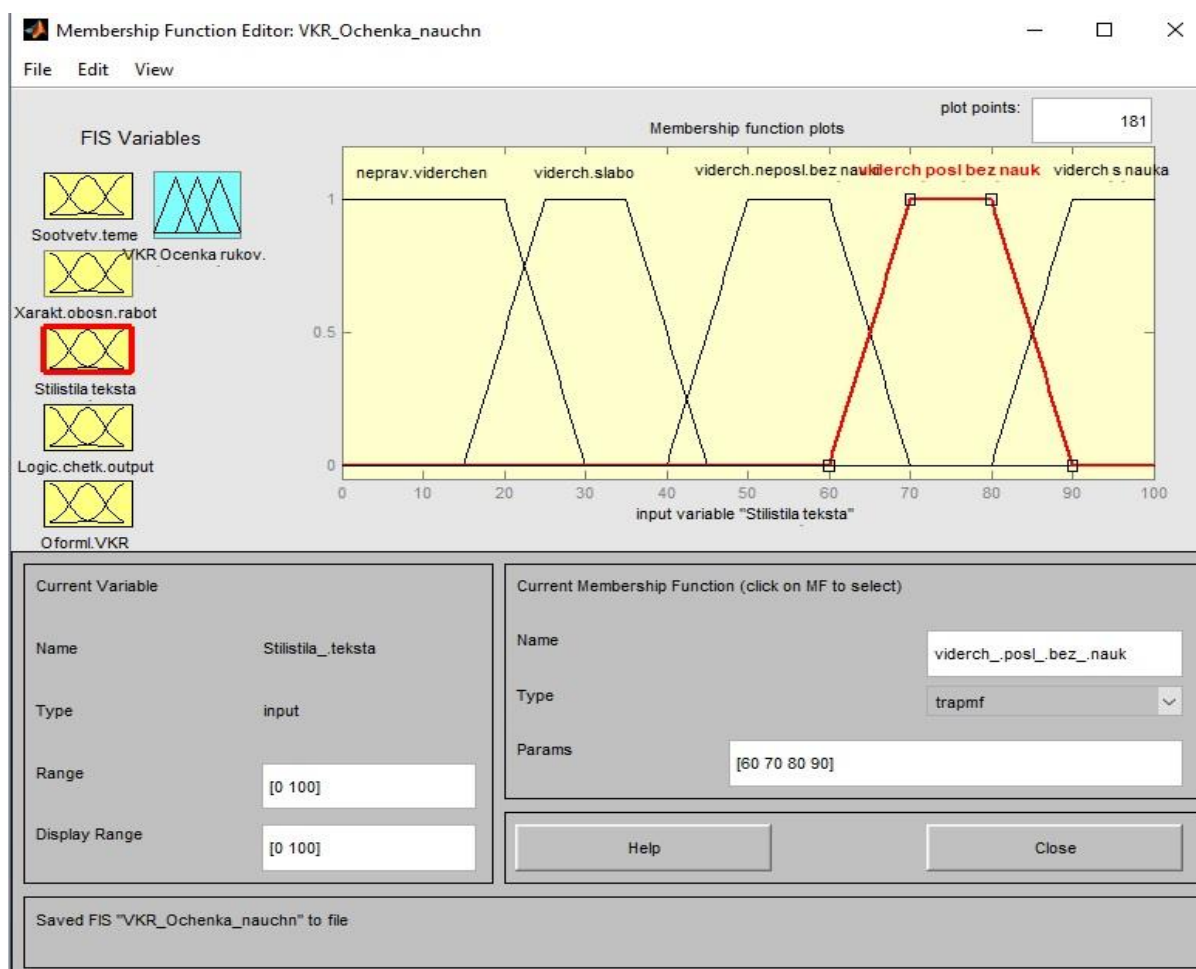


Рис. 2. Функция принадлежности на интервале для показателя «Стилистическая выдержанность текста, правильность грамматических конструкций, использование научного стиля, последовательность изложения»

В работе была использована система нечеткого вывода первого порядка методом Мамдани, общий вид которой представлен на рис. 3.

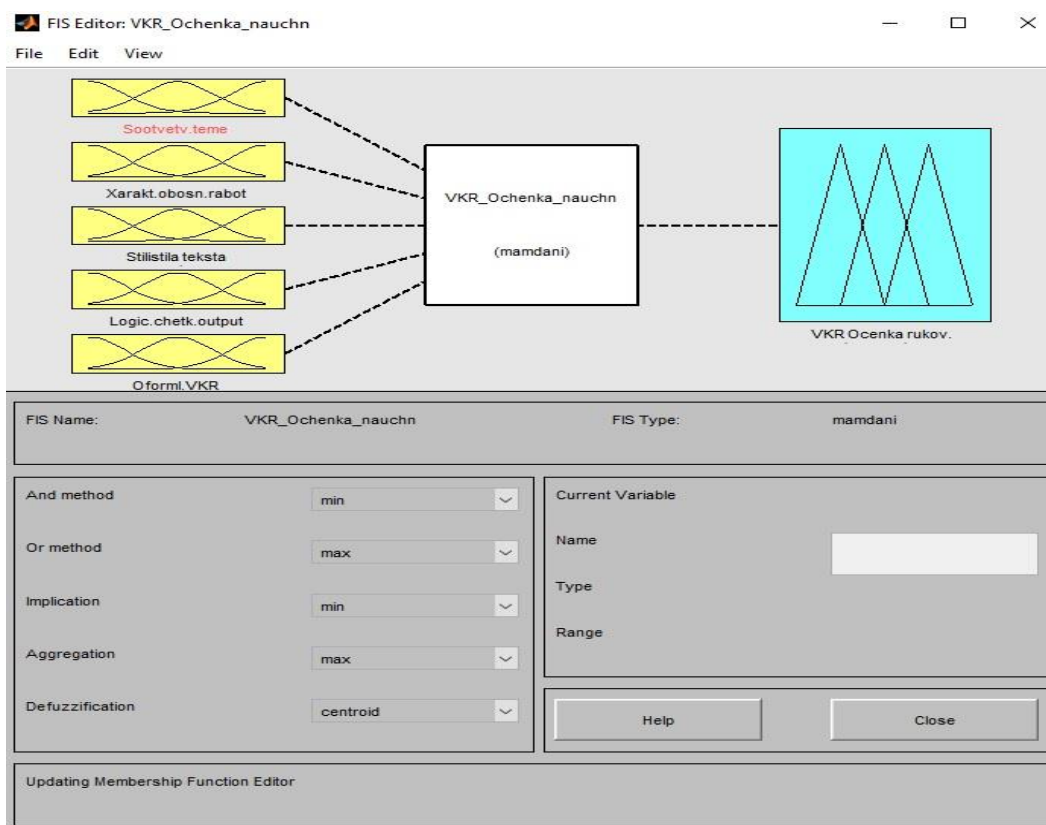


Рис. 3. Графический интерфейс редактора системы нечеткого вывода

Для критерия «Оценка научного руководителя» была сформирована база правил (рис. 4).

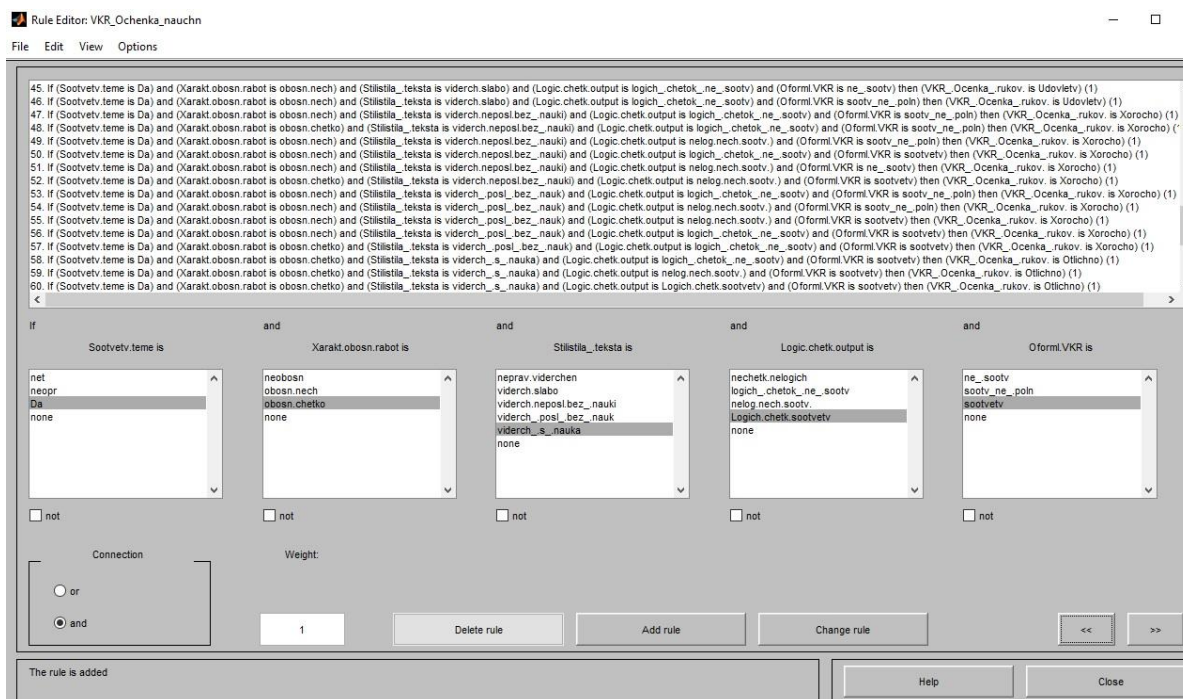


Рис. 4. Редактор правил критерия «Оценка научного руководителя»

Далее были определены термы функции принадлежности для входных и выходных переменных (рис. 5, 6).

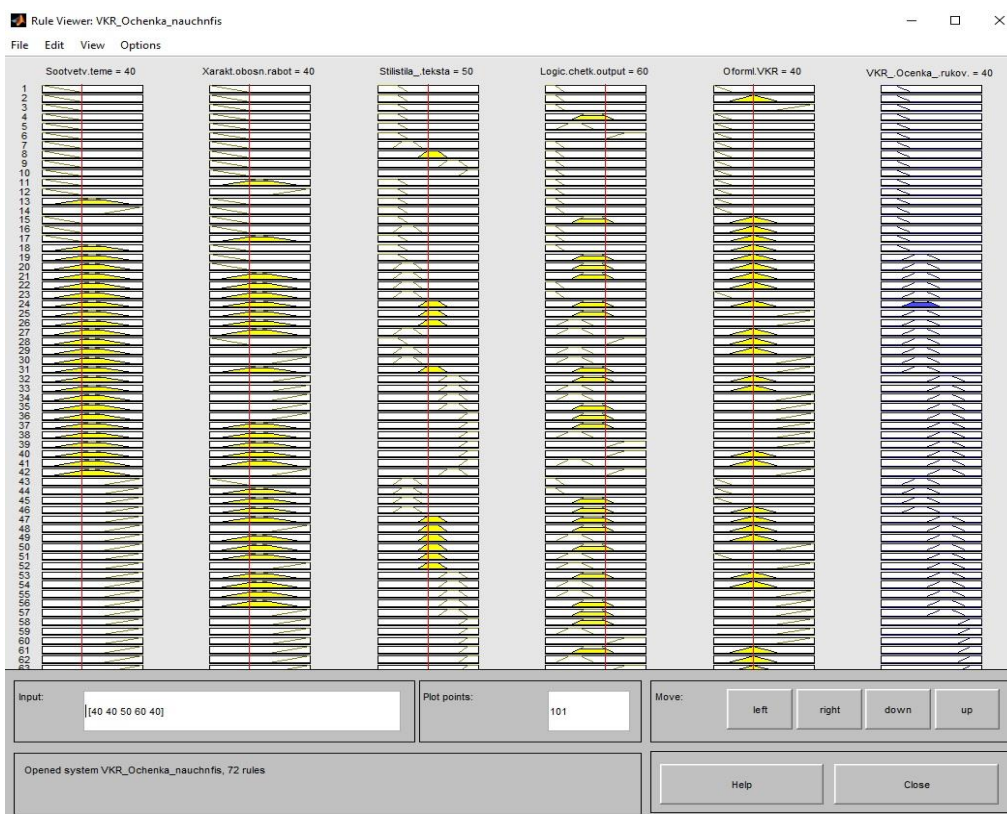


Рис. 5. Результат нечеткого вывода для входных значений [40, 40, 50, 60, 40].
Значение критерия «Оценка научного руководителя» 40 баллов

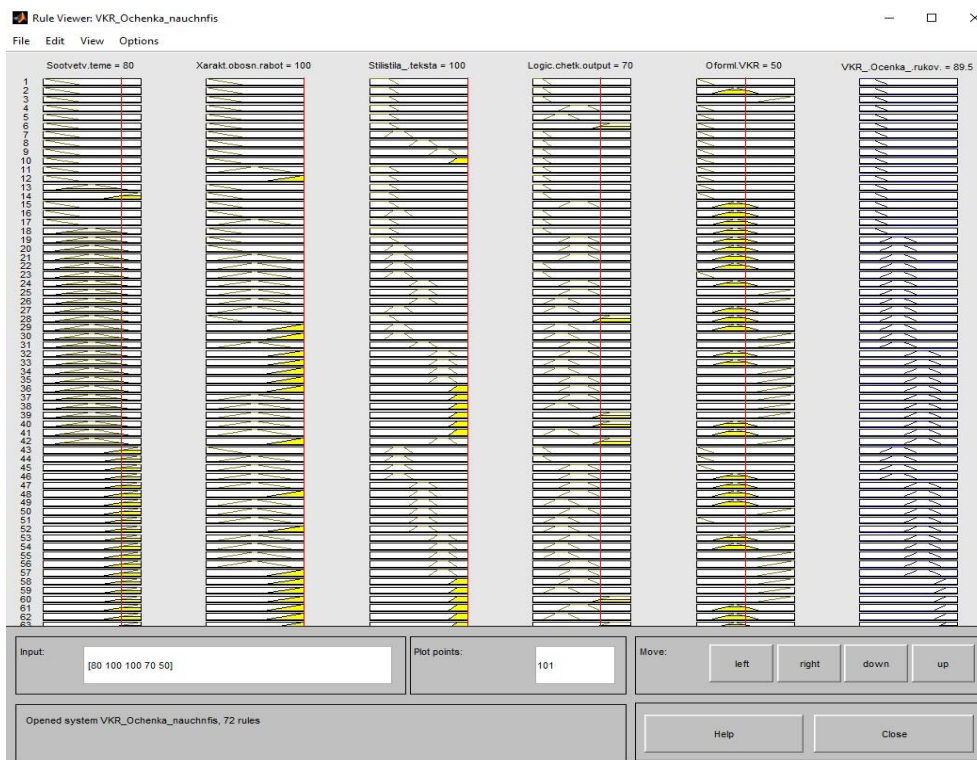


Рис. 6. Результат нечеткого вывода для входных значений [80, 100, 100, 70, 50].
Значение критерия «Оценка научного руководителя» 89,5 баллов

В табл. 4 представлены результаты оценки выпускников, полученные после сдачи ГИА, защиты ВКР, а также отзыва руководителей ВКР.

Таблица 4. Результаты оценки выпускников магистратуры

№ п/п	Фамилия	ГИА	ВКР	ВКР Оценка научного руководителя (баллы)
1.	А	3	3	40,0
2.	Б	3	3	49,5
3.	В	4	4	64,0
4.	Г	5	5	86,5
5.	Е	4	4	70,5
6.	Ж	4	4	73,0
7.	З	3	3	52,0
8.	К	4	4	78,0
9.	Л	5	5	89,5
10.	М	5	5	96,0

На основе оценки по всем трем критериям был проведен расчет обобщенного рейтинга выпускника с использованием нечеткого вывода первого порядка в среде MATLAB [10]. Вводились входные данные в виде трех критериев «Оценка по ГИА», «Оценка за защиту ВКР» и «Отзыв научного руководителя». Как и ранее, был использован метод нечеткого вывода Мамдани. На рис. 7 представлена сформированная база правил нечеткого вывода «Обобщенный рейтинг выпускника».

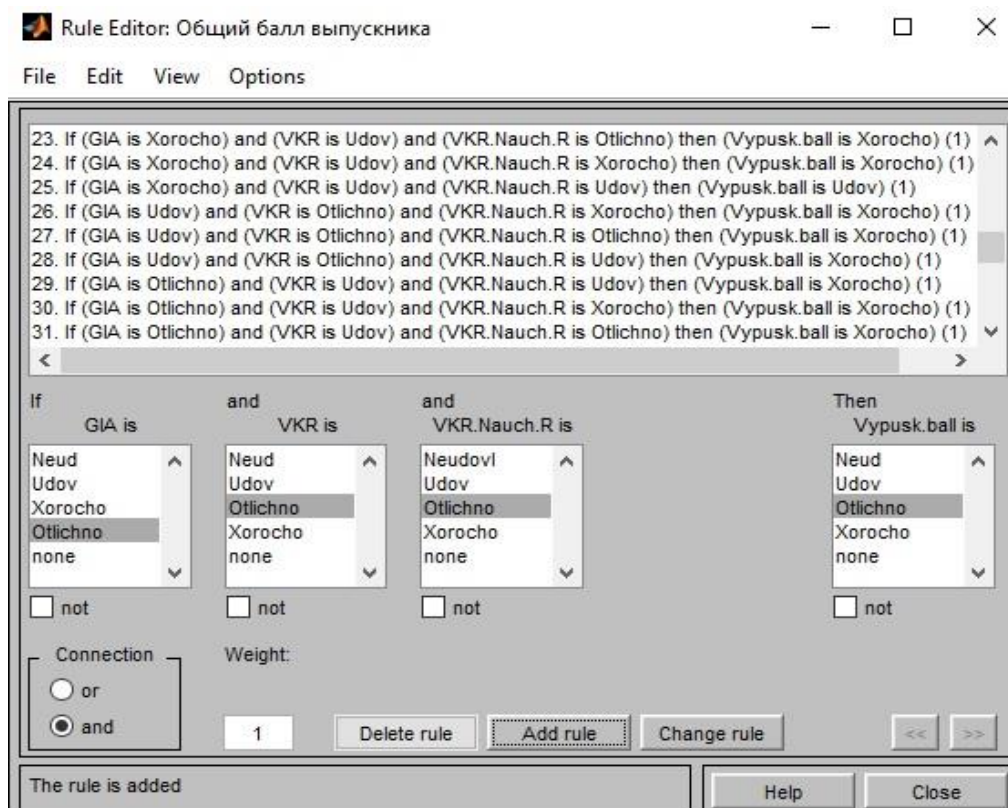


Рис. 7. Редактор правил «Обобщенный рейтинг выпускника»

На основании предложенной базы правил были определены термы функций принадлежности для входных и выходных переменных (рис. 8, 9).

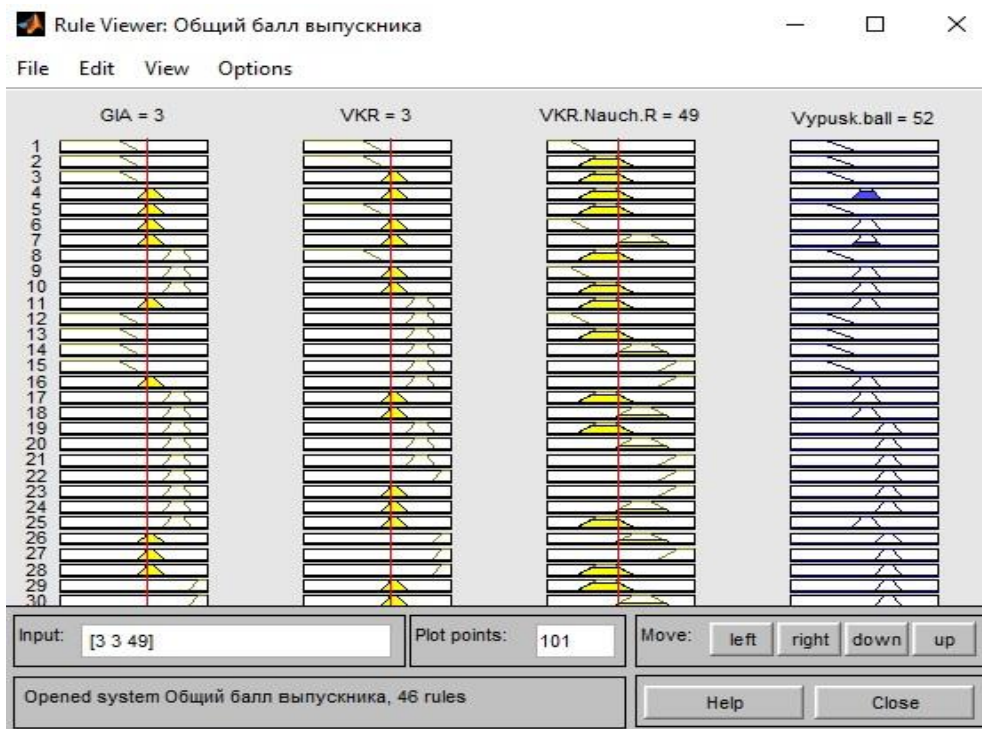


Рис. 8. Результат нечеткого вывода для входных значений [3 3 49].
Значение «Обобщенный рейтинг выпускника» 40 баллов

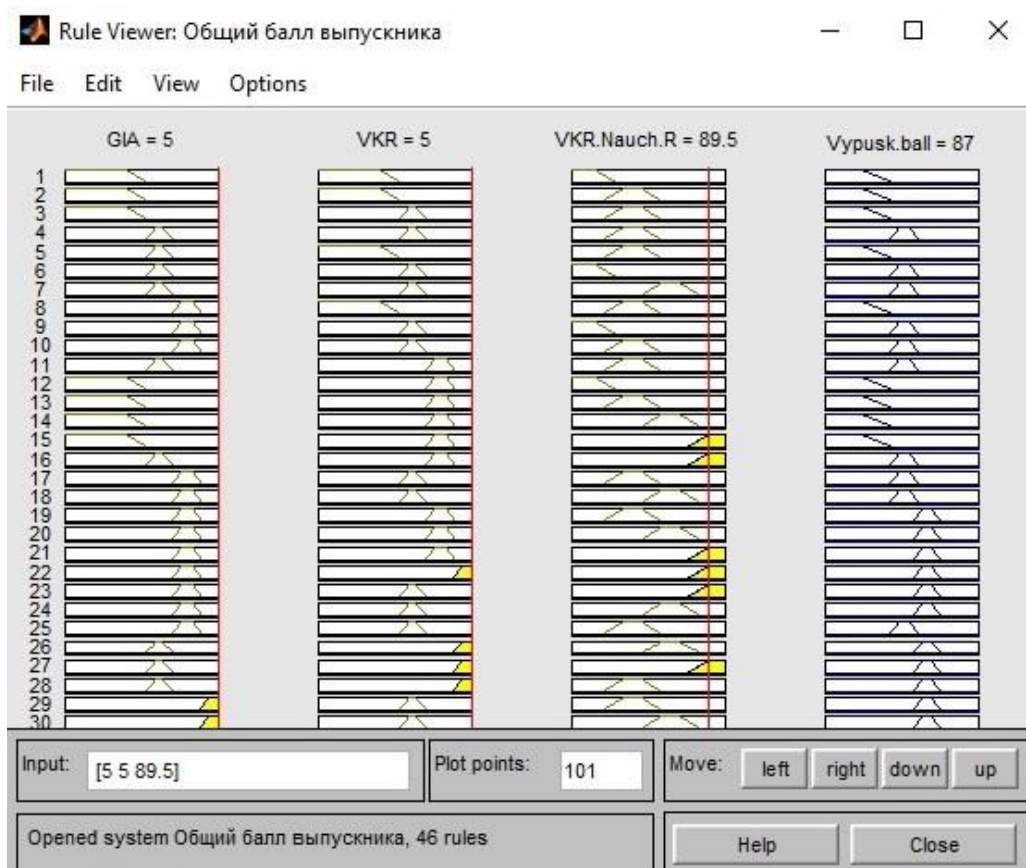


Рис. 9. Результат нечеткого вывода для входных значений [5 5 89,5].
Значение «Обобщенный рейтинг выпускника» 87 баллов

Полученные результаты позволяют провести сравнительный анализ оценки выпускника магистратуры (в 2021 г.) и его же оценки на этапе поступления в образовательную организацию (в 2018 г.). По результату видна сильная корреляционная зависимость (0,97) между результатами отбора претендентов при поступлении и успешности сдачи государственного экзамена, защиты ВКР и оценки научного руководителя (табл. 5).

Таблица 5. Сводная таблица результатов магистрантов на этапах поступления и выпуска по окончанию обучения

№ п/п	Фамилия	Результаты вступительных испытаний (баллы)		Доп. тестирование (баллы)	Обобщенный рейтинг поступающего	ГИА	ВКР	ВКР Оценка научного руководителя (баллы)	Обобщенный рейтинг выпускника
		высшая математика	экзамен по специальности						
1.	А	55	50	46	50,4	3	3	40,0	48,0
2.	Б	64	50	55	54,8	3	3	49,5	52,0
3.	В	74	50	67	60,2	4	4	64,0	65,0
4.	Г	74	75	84	76,8	5	5	86,5	84,0
5.	Е	53	80	80	73,0	4	4	70,5	68,0
6.	Ж	57	75	77	70,8	4	4	73,0	72,0
7.	З	50	50	52	50,5	3	3	52,0	53,0
8.	К	53	75	82	70,9	4	4	78,0	74,0
9.	Л	53	100	87	84,8	5	5	89,5	87,0
10.	М	100	90	85	91,5	5	5	96,0	95,0

Выводы

1. В работе на основе адаптивной методики отбора кадров [4] предложен инструмент для расчёта обобщенного рейтинга поступающего в магистратуру образовательной организации МЧС России, позволяющий повысить качество отбора кандидатов.

2. Для повышения качества расчета обобщенного рейтинга поступающего в магистратуру было предложено провести дополнительное тестирование по специальности, позволяющее повысить обоснованность принимаемых управленческих решений при отборе кандидатов.

3. Полученные результаты дают возможность в дальнейшем разработать модель на основе нейронной сети, позволяющую прогнозировать обобщенный рейтинг выпускника магистратуры по результатам вступительных и дополнительных испытаний на этапе отбора.

Литература

1. Матвеев А.В., Максимов А.В. Ресурсный потенциал и его использование в системе ГПС МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 1. С. 61–67.

2. Балобанов А.А. Модель и алгоритм оценки кандидатов на вакантную должность в кадровой системе МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 2. С. 178–186.

3. 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).

4. Уткин О.В., Гвоздик М.И. Адаптивная методика отбора кадров в системе образовательных учреждений МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 1. С. 117–127.

5. Уткин О.В., Антошина Т.Н., Петросян С.А. Критерии отбора кадров в системе образовательных учреждений МЧС России // Подготовка кадров в системе предупреждения

и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2014. С. 39–40.

6. Коткова Е.А., Матвеев А.В. Современные информационные технологии как инструмент совершенствования подготовки системных аналитиков // *Credo New*. 2020. № 2 (102). С. 15.

7. Матвеев А.В. Подготовка кадров для информационно-аналитической деятельности в сфере прогнозирования чрезвычайных ситуаций // *Национальная безопасность и стратегическое планирование*. 2015. № 4(12). С. 109–113.

8. Уткин О.В., Гвоздик М.И. Интегральная модель оценки компетенций кандидатов в магистратуру (адъюнктуру) образовательных учреждений силовых структур // *Морские интеллектуальные технологии*. 2020. № 1. С. 131–138.

9. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1989.

10. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ, 2005.

References

1. Matveev A.V., Maksimov A.V. Resursnyj potencial i ego ispol'zovanie v sisteme GPS MCHS Rossii // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2015. № 1. S. 61–67.

2. Balobanov A.A. Model' i algoritm ocenki kandidatov na vakantnyu dolzhnost' v kadrovoj sisteme MCHS Rossii // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2021. № 2. S. 178–186.

3. Ryzhenko N.Yu., Dolgoplov 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).

4. Utkin O.V., Gvozdik M.I. Adaptivnaya metodika otbora kadrov v sisteme obrazovatel'nyh uchrezhdenij MCHS Rossii // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2017. № 1. С. 117–127.

5. Utkin O.V., Antoshina T.N., Petrosyan S.A. Kriterii otbora kadrov v sisteme obrazovatel'nyh uchrezhdenij MCHS Rossii // *Podgotovka kadrov v sisteme preduprezhdeniya i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii*, 2014. С. 39–40.

6. Kotkova E.A., Matveev A.V. Sovremennye informacionnye tekhnologii kak instrument sovershenstvovaniya podgotovki sistemnyh analitikov // *Credo New*. 2020. № 2 (102). S. 15.

7. Matveev A.V. Podgotovka kadrov dlya informacionno-analiticheskoy deyatel'nosti v sfere prognozirovaniya chrezvychajnyh situacij // *Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie*. 2015. № 4(12). S. 109–113.

8. Utkin O.V., Gvozdik M.I. Integral'naya model' ocenki kompetencij kandidatov v magistraturu (ad'yunkturu) obrazovatel'nyh uchrezhdenij silovyh struktur // *Morskie intellektual'nye tekhnologii*. 2020. № 1. S. 131–138.

9. Saati T.L. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij. M.: Radio i svyaz', 1989.

10. Leonenkov A.V. Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH. SPb.: BHV, 2005.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Агеев Павел Михайлович – ст. науч. сотр. отд. испытаний и разраб. науч.-техн. продукции в обл. пож. безопасн. НИИ перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Акимова Александра Борисовна – адъюнкт СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Байчорова Хафиза Срафилъевна – доц. 20 каф. (рус. яз.) Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), канд. пед. наук;

Булат Роман Евгеньевич – зав. каф. пед. и психол. экстрем. ситуаций СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р пед. наук, доц.;

Вилков Валерий Борисович – доц. каф. общенауч. и общетехн. дисциплин Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), канд. физ.-мат. наук;

Вострых Алексей Владимирович – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Галишев Михаил Алексеевич – 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.;

Горшкова Елена Евгеньевна – ст. препод. каф. переподгот. и повыш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Гоцкая Н.Р. – доц. каф. опер.-розыск. деят. и спец. техн. Краснодарского ун-та МВД России, Ставропольский филиал (355035, Ставропольский край, г. Ставрополь, пр. Кулакова, д. 43), канд. экон. наук;

Гремин Юрий Владимирович – ст. препод. каф. пож. безопасн. технол. проц. и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: yura.gremin@yandex.ru;

Губанова Ольга Александровна – доц. каф. переподгот. и повыш. квалификации спец-ов СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Десницкий Василий Алексеевич – ст. науч. сотр. лаб. проблем комп. безопасн. СПб ин-та информ. и автоматиз. РАН (199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В.О., д. 39), e-mail: desnitsky@comsec.spb.ru, канд. техн. наук;

Дворников Сергей Викторович – проф. каф. радиотехн. и оптоэлектрон. комплексов СПб гос. ун-та аэрокосмич. приборостроения; проф. каф. радиосвязи Воен. акад. связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного (194064, Санкт-Петербург, К-64, Тихорецкий пр., д. 3), д-р техн. наук, проф.;

Ефимов Вадим Вячеславович – аспирант СПб политех. ун-та Петра Великого (194064, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29);

Захарова Елена Александровна – ст. препод. каф. пож., авар. спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Зубова Людмила Витальевна – доц. каф. экон. и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. экон. наук;

Иванова Татьяна Владимировна – доц. каф. пед. и психол. экстрем. ситуаций СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. психол. наук;

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, 12 линия, В.О., д. 13), д-р техн. наук, доц.;

Королев Олег Александрович – науч. сотр. лаб. проблем безопасн. транспорт. систем Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия В.О., д. 13);

Крутолапов Александр Сергеевич – 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, доц.;

Лебедев Андрей Юрьевич – доц. каф. криминал. и инж.-техн. экспертиз, СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

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;

Лупанова Александра Валерьевна – нач. отд. лицензирования, аккредитации и контроля качества учеб. проц. учеб.-метод. отд. Уральского ин-та ГПС МЧС России (620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22);

Малыгин Игорь Геннадьевич – дир. Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия В.О., д. 13), тел. (812) 323-29-54, e-mail: malygin_com@mail.ru, д-р техн. наук., проф.;

Марков Евгений Вячеславович – адъюнкт Воен. акад. связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного (194064, Санкт-Петербург, К-64, Тихорецкий пр., д. 3), e-mail: markov1981@mail.ru;

Мартыненко Ольга Валерьевна – зав. каф. экон. и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. экон. наук;

Минаков Владимир Федорович – проф. каф. информ. СПб гос. экон. ун-та (191028, Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30–32), д-р техн. наук;

Минкин Денис Юрьевич – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф.;

Моторыгин Юрий Дмитриевич – 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.;

Наумов Владимир Валентинович – проф. каф. упр. мат.-техн. обеспеч. Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), канд. воен. наук, проф.;

Ничепорчук Валерий Васильевич – ст. науч. сотр. отд. прикл. информ. Ин-та вычислит. моделир. Сибирского отд. 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: onov.va@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Остах Сергей Владимирович – доц. каф. Рос. гос. ун-та нефти и газа им. И.М. Губкина, исп. дир. Центра независимой экол. эксперт. объектов нефтяной и газ. пром. (117292, Москва, ул. Вавилова, д. 57 а, стр. 1), канд. техн. наук;

Поляков Евгений Артурович – доц. каф. мат. и информ. Нац. исслед. Нижегородского гос. ун-та им. Н.И. Лобачевского, Дзержинский филиал (606000, Нижегородская обл., г. Дзержинск, б-р Победы, д. 9), канд. пед. наук;

Самигуллин Гафур Халафович – проф. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: samigullin.g@igps.ru, д-р техн. наук, доц.;

Стрельцов Олег Васильевич – нач. сектора отд. ресурс. пож. охраны и психол. исслед. ФГБУ ВНИИПО МЧС России (143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12);

Сурмило Степан Валентинович – доц. каф. физ. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

Терехин Сергей Николаевич – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, доц.;

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.;

Трофимец Елена Николаевна – зав. каф. высш. мат. и систем. моделир. сложных проц. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Уткин Олег Валерьевич – ст. препод. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), email: utkin_oleg@mail.ru;

Черных Андрей Климентьевич – проф. каф. переподгот. и повыш. квалиф. спец. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук;

Чижовская Екатерина Владимировна – студент Моск. ин-та психоанализа (121170, Москва, Кутузовский пр., д. 34), e-mail: chizhovskaya80@mail.ru;

Шевцов Максим Викторович – нач. отд. орг. практик учеб.-метод. центра Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва ул. Бориса Галушкина, д. 4), e-mail: shevtsovmv@mail.ru;

Шляпников Владимир Николаевич – зав. каф. психол. личности и дифференц. психол. Московского ин-та психоанализа (121170, Москва, Кутузовский пр., д. 34), e-mail: shlyapnikov.vladimir@gmail.com, канд. психол. наук.