

СОДЕРЖАНИЕ 2–2020

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

Коннова Л.А., Львова Ю.В., Руднев Е.В. О проблемных вопросах природных пожаров в арктической тундре.

Савенкова А.Е., Завьялов Д.Е., Кондрашин А.В. Осуществление профилактической работы как основного элемента воздействия на состояние пожарной безопасности объекта защиты.

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Андрюшкин А.Ю., Кадочникова Е.Н. Модель влияния размера дефекта на вероятность возникновения отказа изоляционного покрытия трубопровода по параметру прочности.

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

Поляков А.С., Кожевин Д.Ф., Сорокин И.А. Методика оценки эффективности конструкции порошковых огнетушителей.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

Лабинский А.Ю. Информационные технологии как средство поддержки принятия решений.

Максимов А.В. Организационное обеспечение информационной системы по разработке планов реагирования на чрезвычайные ситуации.

Дюк В.А., Богданов А.В., Брюс Ф.О. Перспектива экстенциональных методов машинного обучения в информационно-аналитических системах безопасности.

Седнев В.А., Седнев А.В., Онов В.А. Методы построения обобщенных критериев эффективности инженерного обеспечения действий спасательных формирований.

Маховиков А.Б., Матрохина К.В., Трофимец Е.Н. К вопросу разработки протокола защиты информации в корпоративных системах IP-телефонии.

Доронина А.А., Поночевный Д.А. К вопросу о необходимости проведения сравнительной оценки беспилотного грузового транспортного средства методом критериального анализа.

Шуваев Ф.Л., Татарка М.В. Анализ математических моделей случайных графов, применяемых в имитационном моделировании информационно-коммуникационных сетей.

Журавлев Н.М., Денисов А.Н. Анализ причин для разработки системы поддержки принятия управленческих решений руководителя тушения пожаров.

Сахаров Д.В., Гельфанд А.М., Казанцев А.А., Пестов И.Е. Использование математических методов прогнозирования для оценки нагрузки на вычислительную мощность IoT-сети.

Терехин С.Н., Вострых А.В., Семёнов А.В. Оценка графических пользовательских интерфейсов посредством алгоритма поиска последовательных шаблонов.

Дворников С.В., Дворников С.С., Крячко А.Ф. Компактные алгоритмы синтеза манипулированных сигналов в MathCAD.

Антошина Т.Н., Кабанов А.А. Применение визуализации данных в автоматизированных информационных системах.

Ничепорчук В.В. Перспективы виртуализации управления единой государственной системой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Мячин Д.А., Мусиенко Т.В., Лукин В.Н. Управление экономикой знаний и инновации. .

Костин Г.А., Серова А.Г. Методика аудита и управления информационной безопасностью в государственном учреждении. .

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

Винокуров В.А., Литвинов Н.П. Экономические права и свободы человека и гражданина в России, их ограничение и защита в условиях чрезвычайного положения.

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

Земскова А.А., Бачурина А.Н., Кравцов Н.А. Взаимосвязь между самоотношением и мотивацией к учебной и служебной деятельности у курсантов МЧС России.

Вилков В.Б., Черных А.К., Горшкова Е.Е. К вопросу о подготовке специалистов для силовых структур.

Александров А.А., Малыгина О.И. Психологический аспект образовательной среды подготовки специалистов в ведомственных учреждениях среднего образования: особенности формирования.

Елисеев И.Б., Бесков М.С., Новиков В.Р. О необходимости внедрения табеля боевого расчета звена газодымозащитной службы.

Сведения об авторах

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

О ПРОБЛЕМНЫХ ВОПРОСАХ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ В АРКТИЧЕСКОЙ ТУНДРЕ

**Л.А. Коннова, доктор медицинских наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;
Ю.В. Львова;
Е.В. Руднев.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Статья посвящена проблемным вопросам природных пожаров в арктической тундре, обсуждаются возможные причины и негативные последствия роста тундровых пожаров. Рассматривается отечественный и зарубежный опыт борьбы с природными пожарами в тундре и необходимость актуализации проблемы.

Ключевые слова: Арктика, тундра, природные пожары, меры борьбы с пожарами в тундре

ON THE PROBLEMATIC ISSUES OF NATURAL FIRES IN THE ARCTIC TUNDRA

L.A. Konnova; Yu.V. Lvova; E.V Rudnev.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Summary. The article is devoted to the problematic issues of natural fires in the Arctic tundra, discusses the possible causes and negative consequences of the growth of tundra fires. The domestic and foreign experience of combating natural fires in the tundra and the need to actualize the problem are considered.

Keywords: Arctic, tundra, natural fires, measures to combat fires in the tundra

Арктическая тундра – уникальная природная система с суровым климатом и очень уязвимой экосистемой. Она протянулась широкой полосой вдоль побережья Северного Ледовитого океана и представляет собой местность без леса с болотами, речками и ручейками (рис. 1).

Почва тундры удерживает огромные объемы углерода, что влияет на климат всей планеты и объясняет повышенное внимание мирового научного сообщества к активизации природных процессов в Арктике, обусловленных потеплением климата, а также сопряженных и с возрастанием техногенных рисков. Наблюдаемое потепление климата и процессы таяния вечной мерзлоты пошли значительно быстрее, чем предполагалось ранее. Деградация мерзлоты является причиной разрушения зданий и сооружений, построенных

ранее без учета этого природного процесса [1]. К перечисленным негативным природным процессам в последнее время прибавилось возрастание числа и масштабов пожаров в арктической тундре, которые ранее были достаточно редким явлением. Согласно данным спутниковой системы, запущенной в 2003 г., в летнее время в предыдущие годы фиксировалось не более 60 очагов возгорания в тундре, но летом 2019 г. число очагов составило более 250 [2]. При этом пожары длились до двух месяцев. Согласно сообщению Паоло Виртуани: «В 2007 г. самый крупный за всю историю наблюдений пожар в арктической тундре выбросил в атмосферу такое количество углекислого газа, которое за предшествующие 50 лет было накоплено вечной мерзлотой всей тундры. Пожар произошел в районе реки Анактувук, в районе горной гряды Брукс на севере Аляски. Пожар у р. Анактувук превратил в пепел район площадью 1 039 км², в атмосферу попали 2,3 млн т углерода».



Рис. 1. Расположение арктической тундры

На снимке (рис. 2), полученном со спутника, представлены шлейфы пожаров, причиной которых в основном были сухие грозы [3]. Наиболее пострадали восточные территории России и Аляски за полярным кругом. Негативные последствия пожаров в будущем обусловлены так называемым «черным углеродом» – сажей, которая оседает на морских арктических льдах, что ускоряет их таяние.

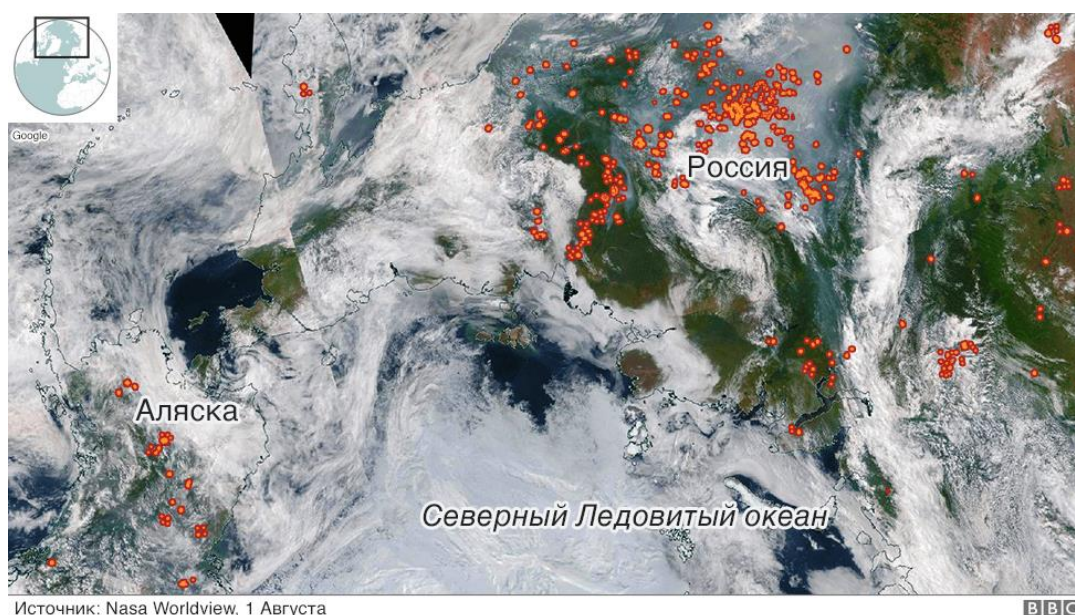


Рис. 2. Снимок со спутника пожаров на территории России и Аляске

Территория российской тундры составляет около 13 % площади страны – это острова и берега морей Северного Ледовитого океана, входящие в Арктическую зону Российской Федерации (АЗРФ). Граница сухопутной территории АЗРФ простирается на 22 тыс. км – от Кольского полуострова до Чукотки, масштабность территории объясняет климатические, топографические, биологические и социально-демографические особенности территорий, входящих в АЗРФ. Такое разнообразие определяет и различия в показателях возникновения и развития природных пожаров. Причины роста неоднозначны, безусловен вклад развития хозяйственной деятельности, бурное развитие нефтегазодобывающей отрасли, развитие транспортной инфраструктуры, арктического туризма и т.д. В тоже время существуют огромные территории труднодоступные и ненаселенные, причину пожаров на которых связывают с потеплением климата и изменениями тундрового ландшафта. Предупреждение, тушение и минимизация последствий тундровых пожаров является одним из актуальных аспектов сохранения экологии в Арктике. В текущем году наблюдали пожары как в российской тундре, так и на Аляске. Самый северный пожар на Аляске, охвативший 80 га, произошел примерно в 130 км к северу от Полярного круга. Частота пожаров на Аляске и в АЗРФ увеличивается по мере потепления климата. За последние два десятилетия число тундровых пожаров выросло более чем вдвое, по мнению зарубежных и отечественных экспертов, основной причиной является таяние приповерхностной вечной мерзлоты и ряд факторов, ведущих к тому, что низкорослые растения становятся более огнеопасными. Предполагается, что площадь лесных пожаров удвоится к концу века. По мнению экологов, тундровые пожары вызывают каскадный эффект, при горении тундры выделяется большое количество углерода в атмосферу. Потепление способствует таянию мерзлоты, что, в свою очередь, способствует возгоранию. К тому же сажа, попадая на лед, уменьшает способность отражать солнечные лучи, что также способствует процессам таяния. Вот такой механизм «обратной связи». В результате природных пожаров с воздушными массами переносятся опасные для природы и человека химические вещества. Перечисленные факты являются аргументами в пользу актуализации проблемы тундровых пожаров, особенно в отдаленных и малодоступных районах Арктической зоны. В пожароопасный сезон только на Ямале регистрируют сотни природных пожаров, дым от которых покрывает территории, удаленные от Ямала. В прошлом году на Ямале зарегистрировано 89 природных пожаров, пострадавшие территории составили 1 768,2 га.

Сегодня около 90 % природных пожаров в России тушится региональными органами управления лесным хозяйством, подразделениями Авиалесоохраны, а также арендаторами и собственниками земель. Лесные пожары тушит Рослесхоз. Силы МЧС России привлекаются к тушению лесных и ландшафтных пожаров, к которым относятся и тундровые пожары, только в случае введения режима чрезвычайной ситуации и угрозы населенным пунктам и объектам экономики.

На рис. 3 представлен пожар в тундре на Колыме, в 550 км от г. Магадана. Из-за дальности расстояния пожар тушить не стали, поскольку пожарные вертолеты не могут долететь туда с водой, а кроме них пожарной техники в тех краях нет. Авиалесоохрана обеспечивает защиту именно лесного фонда. Пожары на остальной территории, например, в тундре, лесотундре, и даже в лесах, не входящих в лесной фонд, именуются просто природными пожарами.

Привлечение вертолетов и десантников Авиалесоохраны требует больших затрат, и перед началом пожароопасного сезона муниципалитеты заключают с авиабазой договор, при недостатке средств – с помощью областного бюджета. Фактически существует пробел в законодательстве, вследствие которого для обеспечения тушения природных пожаров, не относящихся к лесному фонду, приходится принимать распоряжения на региональном уровне. Примером может служить распоряжение городского округа Анадырь от 4 июня 2018 г. № 99-рг «О мероприятиях по предупреждению и ликвидации тундровых пожаров на территории городского округа Анадырь». В соответствии с федеральным

законодательством и распоряжением Правительства Чукотского автономного округа «О мероприятиях по предупреждению, обнаружению и тушению лесных и тундровых пожаров на территории Чукотского автономного округа в 2018 году», общее руководство возложено на службу тушения пожаров Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций городского округа, решение оперативных задач (по согласованию) на местный пожарно-спасательный гарнизон ПЧ-5 ФГУ «2 отряд ФПС по Чукотскому автономному округу». Согласно Методике тушения ландшафтных пожаров (утвержденной МЧС России 14 октября 2015 г.) рекомендуется использование среди прочих технических средств авиационной техники. Согласно п. 65 «Правил тушения лесных пожаров», утвержденных приказом Минприроды от 8 июля 2014 г. № 313 «.....применение авиации организуется в соответствии с реализуемой руководителем тушения лесного пожара тактикой и стратегией тушения. Авиационное тушение лесных пожаров производится при непосредственном взаимодействии экипажа воздушного судна с руководителем наземных подразделений лесопожарных организаций». Только авиации или только наземных сил недостаточно, к тушению привлекают и те, и другие силы в комплексе.



Рис. 3. Пожар в тундре – на Колыме [4]

В справочном пособии, изданном в 2011 г. [5], одним из перспективных направлений поиска эффективных способов борьбы с тундровыми пожарами представляется изучение особенностей этих процессов с учетом специфики климата и географии субъектов, входящих в АЗРФ. Полное исключение огня из естественной среды практически невозможно, в России есть огромные площади, где пожары возникают от молний и распространяются по малоосвоенным территориям. Характерно это и для северных территорий. Тушить их очень дорого и сложно, особенно в тех районах, где практически нет населенных пунктов и дорог, и куда доставить силы пожаротушения можно только по воздуху или воде. По официальной статистике, около 60 % природных пожаров происходит по причине человеческого фактора – неосторожного обращения с огнем или поджога. В зарубежных странах введены суровые меры для виновников природного пожара, в скандинавских странах предусмотрена уголовная ответственность вплоть до лишения свободы сроком от 10 и более лет. В Китае за поджог – смертная казнь. В нашей стране

очень гуманные законы – небольшие штрафы – от 50 до 300 тыс. руб. Ситуации, когда виновные получают реальные сроки лишения свободы, единичны.

В заключение можно отметить, что природные пожары, к которым относятся и тундровые пожары в Арктике, когда-то были редким явлением, но в связи с потеплением климата и изменением ландшафта тундры возникают все чаще и требуют особого внимания, поскольку отдаленные последствия таких пожаров пока мало изучены. С одной стороны, возникая по причине потепления климата и изменения ландшафта тундры, пожары ускоряют изменение климата и таяние льдов, поскольку растапливают верхний слой почвы и способствуют таким образом разрушению вечной мерзлоты. Заболачивание тундры, изменение ландшафта, огромные труднодоступные площади арктической тундры затрудняют изучение процессов, происходящих в вечной мерзлоте на глубине. В отличие от арктического морского льда, который измеряют с помощью спутника, мерзлоту рассмотреть трудно, под наблюдением находится лишь малая часть мерзлоты и практически нет приборов для ее измерения. Борьба с тундровыми пожарами остается сложной проблемой, решающую роль в которой играют меры по снижению риска человеческого фактора и меры раннего выявления очагов возгорания.

Литература

1. Коннова Л.А., Львова Ю.В. Деградация вечной мерзлоты в контексте безопасности жизнедеятельности в Арктической зоне Российской Федерации // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 3 (51). С. 27–34.
2. Daily Telegraph предупреждает. URL: <https://russian.rt.com/inotv/2019-07-29/Daily-Telegraph-preduprezhdaet-lesnie-pozhari> (дата обращения: 01.04.2020).
3. Лесные пожары в Арктике. URL: <https://www.bbc.com/russian/features-49241145> (дата обращения: 27.03.2020).
4. Пожар в тундре – на Колыме. URL: <https://www.popmech.ru/science/news-473702-na-kolyme-zagorelas-tundra/> (дата обращения: 27.03.2020).
5. Андреев Ю.А., Брюханов А.В. Профилактика, мониторинг и борьба с природными пожарами (на примере Алтае-Саянского экорегиона): справ. пособие. Красноярск, 2011. 272 с.

References

1. Konnova L.A., L'vova Yu.V. Degradaciya vechnoj merzloty v kontekste bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti v Arkticheskoy zone Rossijskoj Federacii // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2019. № 3 (51). S. 27–34.
2. Daily Telegraph preduprezhdaet. URL: <https://russian.rt.com/inotv/2019-07-29/Daily-Telegraph-preduprezhdaet-lesnie-pozhari> (data obrashcheniya: 01.04.2020).
3. Lesnye pozhary v Arktike. URL: <https://www.bbc.com/russian/features-49241145> (data obrashcheniya: 27.03.2020).
4. Pozhar v tundre – na Kolyme. URL: <https://www.popmech.ru/science/news-473702-na-kolyme-zagorelas-tundra/> (data obrashcheniya: 27.03.2020).
5. Andreev Yu.A., Bryuhanov A.V. Profilaktika, monitoring i bor'ba s prirodnyimi pozharemi (na primere Altae-Sayanskogo ekoregiona): sprav. posobie. Krasnoyarsk, 2011. 272 s.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ КАК ОСНОВНОГО ЭЛЕМЕНТА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СОСТОЯНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ

А.Е. Савенкова, кандидат технических наук;

Д.Е. Завьялов, кандидат технических наук;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена реализация профилактической работы административным составом предприятий, а также лицами, являющимися ответственными за обеспечение пожарной безопасности. Профилактическая работа является основой обеспечения пожарной безопасности объекта защиты. Вопросы профилактики пожаров направлены на снижение числа пожаров и их последствий, снижение числа погибших и пострадавших и, конечно, снижение материального ущерба для населения, предприятий и государства.

Ключевые слова: объект защиты, профилактика, пожарная безопасность

THE IMPLEMENTATION OF PREVENTIVE WORK AS THE MAIN ELEMENT AFFECTING FIRE SAFETY PROTECTION

A.E. Savenkova; D.E. Zavyalov; A.V. Kondrashin.

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

The article considers the implementation of preventive work by the administrative staff of enterprises, as well as by persons responsible for ensuring fire safety. Preventive work is the basis for ensuring fire safety of the object of protection. Fire prevention issues are aimed at reducing the number of fires and their consequences, reducing the number of dead and injured, and of course reducing material damage to the population, businesses and the state.

Keywords: object of protection, prevention, fire safety

Под профилактикой пожаров понимается совокупность предупреждающих мероприятий для превенции возгораний на объектах защиты, а также ликвидация возникших возгораний с минимальным ущербом для населения, предприятия и экологии [1].

При осуществлении профилактической работы как основного элемента воздействия на состояние пожарной безопасности объекта защиты необходимо проводить:

- мониторинг жилого здания, промышленного или торгового предприятия, организации или учреждения на предмет выполнения противопожарной безопасности;
- анализ обстановки на объекте и предложение актуальных мер пожарной безопасности;
- постоянный контроль соблюдения противопожарных норм;
- формирование комплексных решений по профилактике возгораний;
- обучение мерам пожарной безопасности и действиям при пожаре;
- пропаганду соблюдения мер противопожарной безопасности и мотивацию к таким действиям;
- мониторинг и тестирование инструментов защиты объекта от пожаров.

В российском законодательстве вопросы пожарной безопасности раскрыты как в положениях Конституции, так и федерального законодательства (Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69 «О пожарной безопасности»), которые дополнены прочими

правовыми актами на уровне Федерации и ее субъектов, органов муниципалитета и отдельными отраслевыми нормами [2].

Осуществление профилактической работы как основного элемента воздействия на состояние пожарной безопасности объектов защиты относится к задачам государственного масштаба. Такой вид деятельности уполномочены вести ответственные за пожарную безопасность лица, а круг их прав и полномочий регламентирован законодательно. Эти лица традиционно представлены администрацией предприятий и организаций в лице директора, управляющего, руководителя или начальника, возглавляющего юридическое лицо [3].

У лиц, отвечающих за выполнение противопожарных норм и профилактику пожаров, включая и администрацию компаний и организаций, имеются права реализовать такие действия:

- инициировать формирование, преобразование и ликвидацию тех пожарных служб, которые содержатся из средств данного объекта хозяйствования;
- предлагать варианты решений по профилактике пожаров на федеральном, региональном и муниципальном уровне;
- детализировать обстоятельства возгораний в регионе или отрасли;
- применять социальную рекламу и экономические методы воздействия для обеспечения противопожарной безопасности;
- изучать свежие разработки по профилактике возгораний из свободных источников и государственных органов пожарной безопасности.

Чтобы обеспечить осуществление профилактической работы как основного элемента воздействия на состояние пожарной безопасности объекта защиты, назначенные ответственными за соблюдение пожарной безопасности лица должны следовать таким предписаниям:

- выполнять стандартные нормы пожарной безопасности и сформированные пожарными инспекторами предписания по конкретному объекту защиты и профилактике на нем возгораний;
- продумывать и внедрять проекты соблюдения противопожарной безопасности;
- вести активную просветительную работу и проводить занятия, семинары и практикумы о выполнении норм пожарной безопасности;
- дополнять документы организации, в том числе контракты и трудовые договора, положениями о профилактике пожаров как персоналом компании, так и ее клиентами;
- поддерживать функциональное состояние противопожарной инфраструктуры, уделяя особое внимание инструментам первичного пожаротушения и применению их исключительно в рамках предписанного функционала;
- целенаправленно оптимизировать деятельность пожарной охраны в момент тушения возгорания, детализации обстоятельств пожара, а также умышленно или неумышленно виновных в пожаре из-за невыполнения правил противопожарной безопасности;
- открывать доступ к пожарным щитам, гидрантам и огнетушителям при возгорании объекта, а также направлять персонал на посильную помощь в тушении пожара на предприятии;
- пропускать пожарных инспекторов для контроля противопожарной безопасности во все зоны предприятия и прилегающей к нему территории;
- подавать по запросам пожарной службы документацию об организации и осуществлении профилактики возгораний на предприятии, включая специфику технологии производства, пожароопасность сырья и готовой продукции, равно как и имевших место возгораниях и причиненных последствиях, если таковые происходили в подведомственном ответственному лицу предприятии;
- оперативно информировать пожарную охрану о начале пожара, поломках противопожарных инфраструктурных коммуникаций и оборудования, а также о перепланировке автомобильных дорог и проездов;

- поддерживать активность добровольных дружин противопожарной безопасности;
- комплектовать на постоянной штатной основе подразделения пожарной охраны на объектах защиты, если эти юридические лица определены российским законодательством как особо важные для безопасности нации или имеют культурно-историческую ценность, если на объекте защиты закон не предписывает создание объектовых, специальных или воинских частей федерального уровня для противодействия пожарам.

Администрация предприятия уполномочена непосредственно руководить осуществлением профилактической работы как основным элементом воздействия на состояние пожарной безопасности объекта защиты в пределах вверенных по закону прав и полномочий. Кроме того, за выполнение предписанных противопожарных норм руководитель предприятия отвечает лично [4].

Как указано в Правилах противопожарного режима, приложенным к постановлению Правительства от 25 апреля 2012 г. № 390 «О противопожарном режиме», администрация предприятия и уполномоченные за выполнение противопожарных норм должностные лица должны выполнять ряд функциональных обязанностей для профилактики возгораний [5].

Директор предприятия назначает сроки и механизм выполнения инструктажа по противопожарной безопасности и сдачу пожарно-технического минимума как до принятия на работу, так и для регулярного обновления у трудящегося персонала знаний и навыков по профилактике и гашению пожаров.

Директор определяет одного из работников административно-хозяйственной части как ответственного за соблюдение противопожарных норм, обязанности которого охватывают мониторинг положений пожарной безопасности на предприятии.

Директор предприятия ограничивает на территории предприятия курение табачных изделий по нормам ст. 6 Федерального закона от 10 июля 2001 г. № 87-ФЗ «Об ограничении курения табака» пределами специально выделенных и утвержденных пожарной службой территорий, не допуская курения в производственных помещениях, складских, офисных, административно-хозяйственных и прочих помещениях, равно как и на территории предприятия вне отведенных для курения зон.

Директор предприятия контролирует целостность огнезащитных покрытий в зданиях и на сооружениях – внутренних отделочных материалов и покрытий – кафеля, штукатурки, пропиток, лакокрасочных покрытий, а также технологических и строительных конструкций зданий, сооружений и оборудования, склонной к возгоранию отделки и теплоизоляции инженерно-технических коммуникаций и сооружений [6].

Руководитель контролирует уровень огнезащиты примененной пропитки, выполнив предложенный в заводской инструкции тест материала. Такие мероприятия проводятся не менее двух раз на протяжении отчетного года.

Важно также и то, что осуществление профилактической работы как основного элемента воздействия на состояние пожарной безопасности объекта защиты требует со стороны директора обеспечения изоляции помещений негорючими материалами для достижения высокого уровня огнестойкости и дымогазонепроницаемости, если в местах подведения сквозь стены, потолочные и половые перекрытия производственно-технологических, телекоммуникационных и инженерных коммуникаций возникли зазоры или просветы.

Администрация проверяет исправность пожарных лестниц и расположенных на крыше ограждений, проводя проведенные актом тестовые испытания этих инфраструктурных объектов не менее одного раза за каждые пять лет. Если на предприятии эксплуатируются пути и выходы для пожарной эвакуации, то администрация обеспечивает их поддержание в адекватном состоянии – контролирует наличие освещения, не загромождает проходы, не выполняет перепланировки этих зон, а также следит за наличием явно видимых и четких знаков противопожарной безопасности для обозначения пути эвакуации при пожаре.

Директор предприятия при возникновении возгорания обязан отдать распоряжение о доступе сотрудников пожарного подразделения на территорию предприятия и в любые его помещения для уточнения очага возгорания и его тушения.

Кроме того, осуществление профилактической работы как основного элемента воздействия на состояние пожарной безопасности объекта защиты требует от руководства предприятия постоянного мониторинга работоспособности водопроводных противопожарных коммуникаций на предприятии и вне его, а также тестирования работоспособности систем весной и осенью, актируя результаты проверки.

Отметим, что администрация предприятия следит за уровнем сетевого давления в водопроводной сети и пожарных гидрантах, а также реализацией водоподачи как таковой, а при поломках или падении давления об этом необходимо извещать службу пожарной охраны. На руководстве предприятия лежит обязанность по поддержанию эксплуатационных характеристик и исправности пожарных гидрантов, контролю их теплоизоляции и устранению снежного покрова, а также обеспечению постоянного беспрепятственного доступа к ним со средствами и техникой пожаротушения [7].

Администрация контролирует полноту заводской комплектации пожарных кранов, расположенных на внутренней противопожарной водопроводной сети, такими предметами, как пожарные рукава, ручные пожарные стволы и вентили, а также проводит под активирование разборку и сборку пожарных рукавов не менее одного раза на протяжении года.

Директор предприятия поддерживает функциональность всей инфраструктуры противопожарной защиты объекта как неотъемлемый компонент осуществления профилактической работы для воздействия на состояние пожарной безопасности объекта защиты.

При этом ежеквартально проверяется работа таких устройств:

- автоматического оборудования пожаротушения и оповещения об очаге возгорания;
- аппаратуры противодымной защиты;
- совокупности оповещающих устройств;
- датчиков пожарной сигнализации;
- сетей противопожарной водоподачи;
- противопожарных дверей, клапанов и фильтров в конструкциях с противопожарным функционалом.

Результаты данной проверки также актируются.

Директор предприятия формирует план-график проверки, планового ремонта и замены, а также профилактики комплекса противопожарной защиты помещений и территорий, включая в него работы на автоматических установках противопожарной сигнализации и пожаротушения, датчиков поступления дыма, устройств противодымной защиты, а также оповещающих о пожаре на предприятии средств и аппаратуры.

Не менее значимым при осуществление профилактической работы как основного элемента воздействия на состояние пожарной безопасности объекта защиты выступает возложенная на директора предприятия обязанность содержать подходящие к территории предприятия автодороги в состоянии полной исправности, так как на предприятии и на путях подъезда к нему не должны находиться преграды для доступа автотранспортных средств пожаротушения к административным и производственным помещениям и территориям предприятия, а также помещениям или участкам складирования сырья или готовой продукции, к наружным пожарным лестницам и кранам пожарных гидрантов [8].

При необходимости выполнить ремонтно-профилактические работы на указанных путях, проходах и подъездах, что влечет невозможность перемещения по ним пожарного транспорта, ремонтно-строительная организация обязана подать в пожарное подразделение данные о продолжительности работ и установить знаки, регулирующие объезд ремонтируемого участка, а в случае отсутствия объездных путей, вести ремонт на дороге так, чтобы по ней сохранялось одностороннее движение или был выполнен переезд.

Кроме того, огромное значение в осуществление профилактической работы как основного элемента воздействия на состояние пожарной безопасности объекта защиты имеет то, что в обязанности администрации предприятия входит контроль своевременности уборки на территории предприятия и в помещениях способных воспламениться веществ – производственных отходов, офисного и бытового мусора, упаковки, палой листвы, высохших веток и травы.

Профилактическая работа в области пожарной безопасности является основной мерой, позволяющей предотвратить возникновение пожара на объекте защиты. Ответственность за соблюдение требований пожарной безопасности несут лица, уполномоченные владеть, пользоваться или распоряжаться имуществом, в том числе руководители организаций, а также лица, в установленном порядке назначенные ответственными за обеспечение пожарной безопасности. Главная роль в реализации данных мер принадлежит руководителю предприятия как должностному лицу, поддерживающему функциональность всей инфраструктуры противопожарной защиты объекта как неотъемлемого компонента осуществления профилактической работы обеспечения пожарной безопасности вверенного ему объекта защиты.

Литература

1. Инструкция о мерах пожарной безопасности при проведении огневых работ на энергетических предприятиях. М.: Энергия, 2014. С. 724.
2. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Все о пожарной безопасности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей. М.: Альфа-пресс, 2016. С. 480.
4. Собрать С.В. Пожарная безопасность объектов электроэнергетики // Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. С. 192.
5. О противопожарном режиме: постановление Правительства Рос. Федерации от 25 апр. 2012 г. № 390 (в ред. от 23 апр. 2020 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Эвакуация и поведение людей при пожарах: учеб. пособие / В.В. Холщевников [и др.]. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2015.
7. Антонченко В.В. Пожарная безопасность как объект уголовно-правовой охраны // Библиотека уголовного права и криминологии. 2015. № 3. С. 18–24.
8. Бадагуев Б.Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, журналы, протоколы, планы, инструкции. М.: Альфа-Пресс, 2014. С. 720.

References

1. Instrukciya o merah pozharnoj bezopasnosti pri provedenii ognevyh rabot na energeticheskikh predpriyatiyah. M.: Energiya, 2014. S. 724.
2. O pozharnoj bezopasnosti: Feder. zakon ot 21 dek. 1994 g. № 69-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
3. Vse o pozharnoj bezopasnosti yuridicheskikh lic i individual'nyh predprinimatelej. M.: Al'fa-press, 2016. S. 480.
4. Sobur' S.V. Pozharnaya bezopasnost' ob"ektov elektroenergetiki // Vologda: Infra-Inzheneriya, 2015. S. 192.
5. O protivopozharnom rezhime: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 25 apr. 2012 g. № 390 (v red. ot 23 apr. 2020 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
6. Evakuaciya i povedenie lyudej pri pozharah: ucheb. posobie / V.V. Holshchevnikov [i dr.]. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2015.
7. Antonchenko V.V. Pozharnaya bezopasnost' kak ob"ekt ugovovno-pravovoj ohrany // Biblioteka ugovovnogogo prava i kriminologii. 2015. № 3. S. 18–24.
8. Badaguev B.T. Pozharnaya bezopasnost' na predpriyatii: Prikazy, akty, zhurnaly, protokoly, plany, instrukcii. M.: Al'fa-Press, 2014. S. 720.

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ДЕФЕКТА НА ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗА ИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ ТРУБОПРОВОДА ПО ПАРАМЕТРУ ПРОЧНОСТИ

А.Ю. Андриюшкин, кандидат технических наук, доцент.

**Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.**

Е.Н. Кадочникова, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Надежность стальных трубопроводов для транспортировки углеводородов обеспечивается внутренними и наружными изоляционными покрытиями. Качество изоляционного покрытия характеризуется совокупностью параметров. Прочность изолирующего покрытия обусловлена размерами дефектов, возникающих при нанесении изоляционного покрытия. Предложена модель для оценки влияния размера дефекта на вероятность возникновения отказа изоляционного покрытия по параметру прочности.

Ключевые слова: вероятность отказа, дефект, прочность, изоляционное покрытие, трубопровод

MODEL OF THE EFFECT OF THE DEFECT SIZE ON THE PROBABILITY OF FAILURE OF THE PIPELINE INSULATION COATING ACCORDING TO THE STRENGTH PARAMETER

A.Yu. Andryushkin, Baltic state technical university «VOENMEH» of D.F. Ystinov.

E.N. Kadochnikova, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The reliability of steel pipelines for transporting hydrocarbons is provided by internal and external insulation coatings. The quality of the insulation coating is characterized by a set of parameters, the key of which is strength. The strength of the insulating coating is determined by the size of the defects that occur when applying the insulation coating. A model is proposed to assess the effect of the defect size on the probability of failure of the insulation coating by the strength parameter.

Keywords: probability of failure, defect, strength, insulation coating, pipeline

Стальные трубопроводы для транспортировки углеводородов подвержены интенсивной коррозии, обусловленной агрессивным воздействием окружающей среды и транспортируемого продукта. Внешняя и внутренняя коррозия является причиной порядка 70 % аварий, приводящих к разгерметизации трубопровода и выбросу транспортируемого углеводорода. Разливы нефти и выбросы газа оказывают отрицательное влияние

на окружающую среду часто разгерметизация трубопровода заканчивается взрывами и пожарами.

Долговечность стальных трубопроводов обеспечивают нанесением на их внутренние и наружные поверхности изоляционных покрытий (ИП), защищающих металл от коррозии. Пассивная защита трубопровода с помощью ИП обеспечивает его длительное безаварийное функционирование в течение многих лет. Чаще всего применяют многослойное ИП, в котором каждый слой имеет свое специфическое функциональное назначение, а сочетание этих слоев обеспечивает надежную защиту трубопровода от коррозии.

Однако из-за технологических отклонений при нанесении ИП часто возникают дефекты (поры, трещины, расслоения), которые развиваются при эксплуатации трубопровода и приводят к появлению повреждений. Наличие значительного числа дефектов и повреждений ИП обуславливает возникновение его отказа по одному или нескольким параметрам качества. Наиболее значимым параметром, характеризующим качество ИП, является прочность. Снижение прочности ИП ниже минимально допустимого значения приводит к отказу – разрушению ИП и последующей резкой интенсификации процесса коррозии стального трубопровода, приводящего к его разгерметизации, что делает трубопровод неработоспособным. Поэтому актуальна задача оценки влияния размера дефекта на вероятность возникновения отказа ИП трубопровода по параметру прочности [1–4].

Рассмотрим линейную модель влияния размера дефекта на вероятность возникновения отказа изоляционного покрытия трубопровода по параметру прочности. Для этого разработаем модель влияния размера дефекта на вероятность возникновения отказа ИП по параметру прочности (рис.) [5, 6].

Примем допущение, что влияние размера дефекта на прочность ИП выражается линейным законом ($u_{\sigma} = \text{const}$):

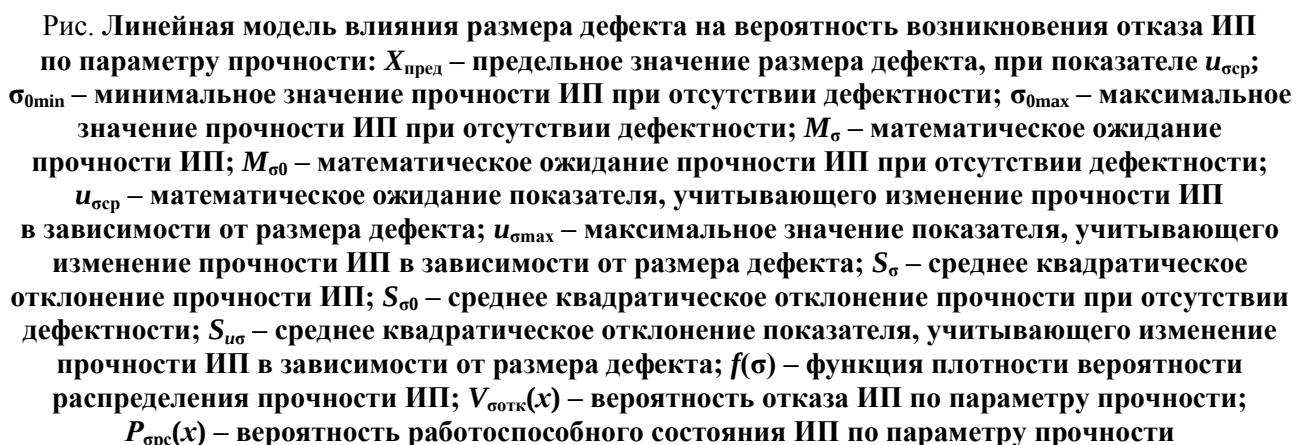
$$\sigma = \sigma_{0\text{нач}} - u_{\sigma} \cdot x, \quad (1)$$

где $\sigma_{0\text{нач}}$ – начальное значение прочности ИП, Па; x – характерный размер дефекта, м; u_{σ} – показатель, учитывающий изменение прочности ИП в зависимости от размера дефекта, Па/м.

Если прочность бездефектного ИП характеризуется величиной $\sigma_{0\text{нач}}$, лежащей в диапазоне между $\sigma_{0\text{min}}$ и $\sigma_{0\text{max}}$, и некоторым показателем u_{σ} , то из выражения (1) можно определить размер дефекта $x = X_{\text{отк}}$, при котором достигается минимальная прочность ИП $\sigma = \sigma_{\text{min}}$ и возникает его отказ по параметру прочности:

$$X_{\text{отк}} = \frac{\sigma_{0\text{нач}} - \sigma_{\text{min}}}{u_{\sigma}}, \quad (2)$$

где σ_{min} – минимальное значение прочности ИП, Па; $X_{\text{отк}}$ – размер дефекта, приводящий к отказу ИП по прочности, м.



– математическое ожидание:

– среднее квадратическое отклонение:

Зависимости (3) и (4) для M_{σ} и S_{σ} определяют область работоспособного состояния и отказа ИП по прочности σ в зависимости от размера дефекта x .

Минимальное значение прочности ИП $\sigma_{\min}$ является границей работоспособности ИП по прочности. Если $M_{\sigma}=\sigma_{\min}$, то $V_{\text{отк}}=P_{\text{орс}}=0,5$, при этом размер дефекта считается предельным $x=X_{\text{пред}}$.

При некотором размере дефекта $x=X$ вероятность отказа ИП по параметру прочности $V_{\text{отк}}(x=X)$ определяется вероятностью снижения прочности ИП σ ниже минимального значения $\sigma_{\min}$ (площадь под кривой функции плотности вероятности распределения прочности ИП $f(\sigma)$, лежащая ниже границы работоспособности $\sigma_{\min}$). С учетом выражений (3) и (4) вероятность работоспособного состояния ИП по параметру прочности $P_{\text{орс}}(x=X)$ численно равна площади под кривой $f(\sigma)$, находящейся выше границы работоспособности $\sigma_{\min}$:

$$P_{\text{орс}}(x=X) = P_{\text{орс}}(\sigma \geq \sigma_{\min}) = \Phi \left(\frac{(M_{\sigma} - u_{\sigma \text{cp}} \cdot x) - \sigma_{\min}}{((S_{\sigma})^2 + (S_{u\sigma} \cdot x)^2)^{0,5}} \right),$$

где $\Phi(z)$ – функция нормального распределения (функция Лапласа $0,5 \leq \Phi(z) \leq 1$); $P_{\text{орс}}(x)$ – вероятность работоспособного состояния ИП по параметру прочности при размере дефекта x .

Вероятность отказа ИП по параметру прочности $V_{\text{отк}}(x)$:

$$V_{\text{отк}}(x) = 1 - P_{\text{орс}}(x).$$

По аналогии с выражением (2) и зная значение показателя $u_{\sigma \text{cp}}$, можно найти предельное значение размера дефекта $x=X_{\text{пред}}$, при котором вероятность отказа ИП $V_{\text{отк}}(x=X_{\text{пред}})=0,5$:

$$X_{\text{пред}} = \frac{M_{\sigma} - \sigma_{\min}}{u_{\sigma \text{cp}}}.$$

В случае наихудшего варианта, сочетающего минимальную прочность ИП $\sigma_{0\min}$ и наибольшее значение показателя $u_{\sigma \text{max}}$, можно рассчитать запас надежности ИП:

$$K_{\text{н}} = \frac{\sigma_{0\min} - u_{\sigma \text{max}} \cdot X}{\sigma_{\min}}, \quad (5)$$

где $K_{\text{н}}$ – коэффициент запаса надежности.

Запас надежности ИП уменьшается по мере увеличения размера дефекта x , и не оказывающий влияния на прочность ИП максимальный размер дефекта $x=X_{\text{гар}}$ может быть рассчитан по выражению (5) при условии $K_{\text{н}}=1$:

$$X_{\text{гар}} = \frac{\sigma_{0\min} - \sigma_{\min}}{u_{\sigma \text{max}}},$$

где $X_{\text{гар}}$ – максимальный размер дефекта, который не оказывает влияния на прочность ИП, м.

Таким образом, предложенная модель позволяет оценить влияние размера дефекта на вероятность отказа ИП по параметру прочности. Надежность стальных трубопроводов для транспортировки углеводородов обеспечивается ИП, на качество которых влияют количество и размеры дефектов, образующихся при формировании ИП. Важным параметром качества ИП является прочность, обусловленная дефектностью ИП.

Для оценки влияния размера дефекта на работоспособность ИП по параметру прочности предложена модель, по которой можно определить вероятность отказа ИП по прочности, а также следующие характерные размеры дефекта:

– $X_{\text{отк}}$ – размер дефекта, приводящий к отказу ИП;
 – $X_{\text{гар}}$ – максимальный размер дефекта, который не оказывает влияния на прочность ИП;
 – $X_{\text{пред}}$ – предельное значение размера дефекта, при котором вероятность отказа ИП $V_{\text{отк}}(x=X_{\text{пред}})=0,5$.

Таким образом, предложенная модель позволяет оценить опасность возникновения аварийных отказов ИП по параметру прочности с учетом размеров дефектов ИП.

Литература

1. Борисов Б.И. Защитная способность изоляционных покрытий подземных трубопроводов. М.: Недра, 1987. 123 с.
2. Протасов В.Н. Полимерные покрытия в нефтяной промышленности. М.: Недра, 1985.
3. Ратнер С.Б., Ярцев В.П. Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? М.: Химия, 1992. 320 с.
4. Ярцев В.П., Киселёва О.А. Прогнозирование поведения строительных материалов при неблагоприятных условиях эксплуатации: учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. 124 с.
5. Беляев Ю.К., Богатырев В.А., Болотин В.В. Надежность технических систем: справ. М.: Радио и связь, 1985. 608 с.
6. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. М.: Изд-во «Мир», 1980. 604 с.

References

1. Borisov B.I. Zashchitnaya sposobnost' izolyacionnyh pokrytij podzemnyh truboprovodov. M.: Nedra, 1987. 123 s.
2. Protasov V.N. Polimernye pokrytiya v neftyanoj promyshlennosti. M.: Nedra, 1985.
3. Ratner S.B., Yartsev V.P. Fizicheskaya mekhanika plastmass. Kak prognoziruyut rabotosposobnost'? M.: Himiya, 1992. 320 s.
4. Yartsev V.P., Kiselyova O.A. Prognozirovanie povedeniya stroitel'nyh materialov pri neblagopriyatnyh usloviyah ekspluatatsii: ucheb. posobie. Tambov: Izd-vo Tamb. gos. tekhn. un-ta, 2009. 124 s.
5. Belyaev Yu.K., Bogatyrev V.A., Bolotin V.V. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem: sprav. M.: Radio i svyaz', 1985. 608 s.
6. Kapur K., Lamberson L. Nadezhnost' i proektirovanie sistem. M.: Izd-vo «Mir», 1980. 604 s.

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ПОРШКОВЫХ ОГНЕТУШИТЕЛЕЙ

**А.С. Поляков, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации;
Д.Ф. Кожевин, кандидат технических наук, доцент;
И.А. Сорокин.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены вопросы эффективности порошковых огнетушителей в части их конструктивного исполнения и применяемого огнетушащего вещества. Приведены результаты исследования серийных и экспериментальных моделей порошковых огнетушителей, учитывающие сформированный безразмерный комплекс эффективности и подтверждающие целесообразность его практического применения.

Ключевые слова: эффективность, огнетушитель, огнетушащий порошок, испытания

METHOD FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF POWDER FIRE EXTINGUISHERS

A.S. Polyakov; D.F. Kozhevin; I.A. Sorokin.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The issues of efficiency of powder fire extinguishers in terms of their design and the fire extinguishing agent used are considered. The results of the study of serial and experimental models of powder fire extinguishers, taking into account the formed dimensionless efficiency complex and confirming the feasibility of its practical application, are presented.

Keywords: efficiency, fire extinguisher, fire extinguishing powder, testing

В современном понимании эффективность – это соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами [1]. Другими словами, эффективность – комплексный и одновременно интегральный показатель качества продукции, числитель которого должен отражать достигнутый результат, а знаменатель – использованные затраты для достижения этого результата. Его нельзя считать исключительно экономическим или только техническим показателем.

Применение термина к порошковым огнетушителям (как и для любого типа огнетушителей) вызывает необходимость выделить две составляющие эффективности – эффективность конструкции (Эк) и эффективность огнетушащую (Эо) как способность заданной массы огнетушащего вещества (ОТВ) потушить пожар.

Это следует из определения системы как совокупности взаимосвязанных и взаимодействующих самостоятельных элементов, образующих единство – порошковый

огнетушитель (ОП). Тем более, что при использовании одной и той же конструкции ОП могут применяться разнообразные по составу ОТВ.

Эффективность Эо принято оценивать рангом потушенного модельного очага пожара (МОП) и расходом ОТВ, пошедшего на тушение [2, 3]. Форма и размеры МОП установлены нормативными документами [2].

Эк оценивают косвенно: на основе работоспособности его элементов (например, по нормируемым значениям давления в корпусе, времени истечения и длины струи ОТВ), но итоговая оценка степени совершенства конструкции не предусмотрена нормативными документами.

Следовательно, необходимо определение ЭК ОП, исходя в первую очередь из тех характеристик, которые обеспечивают доставку в очаг пожара назначенной массы ОТВ на требуемое расстояние, в установленные сроки и при минимально необходимом давлении вытесняющего газа.

Далее показатели эффективности рассмотрены применительно к ОП.

В результате проведенного анализа требований, предъявляемых к показателям назначения, внутренней системе хранения и транспортирования огнетушащего порошка, авторами определены параметры, влияющие на Эк, их минимальные значения, а также вариант исполнения конструкции ОП.

Учитывая требования, предъявляемые к параметрам перспективных разработок систем хранения ОТВ [4–6], для оценки Эк ОП должен быть сформирован обобщенный безразмерный комплекс из следующих величин:

- расход ОТВ, $[Q_{\text{отв}}]=\text{кг/с}$;
- давление в огнетушителе, $[P]=\text{кг}/(\text{м}\cdot\text{с}^2)$;
- время выхода ОТВ, $[\tau_{\text{вых}}]=\text{с}$;
- длина струи ОТВ, $[L_{\text{стр}}]=\text{м}$.

На основании π -теоремы [7] сформирован безразмерный комплекс, отражающий Эк огнетушителя:

$$\pi_{\text{ЭК}} = Q_{\text{отв}} P^x L_{\text{стр}}^y \tau_{\text{вых}}^z.$$

Решение этого уравнения показывает, что при $x=-1$, $y=-1$, $z=-1$ безразмерный комплекс $\pi_{\text{ЭК}}$ принимает вид:

$$\pi_{\text{ЭК}} = \frac{Q_{\text{отв}}}{P L_{\text{стр}} \tau_{\text{вых}}}.$$

Правдоподобность комплекса не вызывает сомнения, так как он сформирован из величин, каждую из которых в настоящее время применяют при оценке ОП. Возможность и целесообразность практического использования комплекса подтверждена экспериментально на серийных и модельных образцах ОП, чему и посвящена данная статья.

Оценка эффективности серийных огнетушителей

ОП, применяемые при натурных огневых испытаниях, имели действующие сертификаты соответствия. Количество огнетушителей соответствовало предъявляемым требованиям [2]. Исследования огнетушащей способности проведены на ОП различных производителей.

В качестве образцов выбраны ОП-1 и ОП-2 (с массой ОТВ в количестве 1 кг и 2 кг соответственно).

На каждой модели ОП проведено три огневых испытания. В тех случаях, когда ОП не потушил пожар заявленного ранга, проводили тушение МОП ранга ниже заявленного производителем (например, для ОП-2 – на соответствие рангу 13В).

Результаты исследования эффективности ОП представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Результаты исследования огнетушителей ОП-1 и ОП-2 по тушению МОП ранга 13В

Условное обозначение ОП	Масса, кг					Заявляемый ранг МОП	Результат эксперимента по тушению
	огнетушителя			порошка в огнетушителе			
	до испытаний		после испыта ний	до испытаний (по паспорту)	после испытаний фактически		
	по паспорту	Факти- чески					
ОП-1(з)- АВСЕ	1,55±0,05	1,605	0,985	1,00±0,05	0,535 (от 51,0 до 56,3 %)*	13В	не потушен
	1,55±0,05	1,615	1,050	1,00±0,05	0,565 (от 53,8 до 59,5 %)*	13В	не потушен
	не более 1,8	1,720	0,705	1,00±0,05	0,070 (от 7,4 до 6,7 %)*	13В	потушен
	1,65±0,05	1,600	0,995	1,00±0,05	0,400 (от 42,1 до 38,1 %)*	13В	не потушен
ОП-1(з)- АВСЕ МИГ	не более 2,2	2,000	1,060	1,00±0,05	0,060 (от 6,3 до 5,7 %)*	13В	потушен
ОП-2(г)- АВСЕ-01	–	3,560	1,850	2,0±0,2	0,390 (от 21,7 до 17,7 %)*	21В	13В не потушен**
ОП-2(з)- АВСЕ	3,0±0,1	2,900	1,610	2,0±0,1	0,490 (от 16,9 до 15,8 %)*	21В	13В не потушен**
	2,9±0,1	2,900	1,005	2,0±0,1	0,105 (от 5,8 до 4,8 %)*	21В	13В потушен**
	не более 3,1	2,850	0,920	2,0±0,1	0,045 (от 2,4 до 2,1 %)*	21В	13В потушен**

Примечание: * – в скобках количество порошка, оставшегося после проведения эксперимента. Диапазон с учетом допуска погрешности заправки огнетушителя порошком на производстве (в соответствии с паспортом); ** – дополнительная серия испытаний по тушению МОП ранга 13В назначалась после неудовлетворительного результата при тушении МОП ранга 21В

Результаты экспериментов (табл. 1, 2) показали, что большинство образцов ОП-1 не способно тушить заявленные МОП ранга 13В. Более того, некоторые экземпляры ОП-2 не справляются не только с заявляемыми рангами МОП, но и не способны тушить меньшие ранги. Так отдельные образцы ОП-2 не справились с тушением даже МОП ранга 13В.

По результатам огневых испытаний сертифицированных ОП рассчитан безразмерный комплекс эффективности $\pi_{\text{ЭК}}$ (табл. 3).

Таблица 2. Результаты исследования огнетушителей ОП-2 по тушению МОП ранга 21В

Условное обозначение ОП	Масса, кг					Заявляемый ранг МОП	Результат эксперимента по тушению
	огнетушителя			порошка в огнетушителе			
	до испытаний		после испыта ний	до испытаний (по паспорту)	после испытаний фактически		
	по паспорту	Факти- чески					
ОП-2(з)- АВСЕ	не более 4,0	2,810	0,920	2,00±0,05	0,205 (от 10,5 до 10,0 %)*	21В	потушен
	не более 4,0	2,780	0,860	2,00±0,05	0,190 (от 9,7 до 9,3 %)*	21В	потушен
ОП-2(г)- АВСЕ-01	—	3,560	1,850	2,0±0,2	0,390 (от 21,7 до 17,7 %)*	21В	не потушен
ОП-2(з)- АВСЕ-01	2,9±0,1	2,900	1,005	2,0±0,1	0,105 (от 5,8 до 4,8 %)*	21В	не потушен
	не более 3,1	2,850	0,920	2,0±0,1	0,045 (от 2,4 до 2,1 %)*	21В	не потушен
ОП-2(з)- АВСЕ МИГ	не более 3,6	3,330	1,305	2,0±0,1	0,115 (от 6,1 до 5,6 %)*	21В	потушен

Таблица 3. Значения безразмерного комплекса $\pi_{\text{эк}}$ сертифицированных ОП

Условное обозначение ОП	Результат тушения стандартного МОП	Величины безразмерного комплекса				Значение комплекса $\pi_{\text{ЭК}}$
		расход ОТВ, Q, кг/с	давление в огнетушителе, P кг/(м·с ²)	время выхода ОТВ, $\tau_{\text{вых}}$, с	длина струи ОТВ L, м	
ОП, соответствующие ОП-1 (по массе заряда ОТВ)						
ОП-1(3)-АВСЕ	не потушен	0,082	1,6·10 ⁶	6	2	4,25·10 ⁻³
	не потушен	0,077				3,99·10 ⁻³
	потушен	0,155				8,07·10 ⁻³
	не потушен	0,100				4,25·10 ⁻³
ОП-1(3)-АВСЕ МИГ	потушен	0,157	1,6·10 ⁶	6	2	8,16·10 ⁻³
ОП, соответствующие ОП-2 (по массе заряда ОТВ)						
ОП-2(3)-АВСЕ	потушен	0,302	1,6·10 ⁶	6	3	10,47·10 ⁻³
	потушен	0,300				10,42·10 ⁻³
ОП-2(г)-АВСЕ-01	не потушен	0,201	1,2·10 ⁶	8	3	6,99·10 ⁻³
ОП-2(3)-АВСЕ-01	не потушен	0,238	1,4·10 ⁶	8	3	7,07·10 ⁻³
	не потушен	0,245				9,28·10 ⁻³
ОП-2(3)-АВСЕ МИГ	потушен	0,315	1,6·10 ⁶	6	3	10,94·10 ⁻³

В результате огневых испытаний сертифицированных ОП получены следующие значения эффективности (в условных единицах):

– огнетушители ОП-1, успешно потушившие МОП ранга 13В, имеют $\pi_{\text{эк}}$ от $8,07 \cdot 10^{-3}$ до $8,16 \cdot 10^{-3}$;

- огнетушители ОП-1, не справившиеся с тушением МОП ранга 13В, имеют $\pi_{\text{ЭК}}$ от $3,99 \cdot 10^{-3}$ до $4,25 \cdot 10^{-3}$;
- огнетушители ОП-2, успешно потушившие МОП ранга 21В, имеют $\pi_{\text{ЭК}}$ от $10,42 \cdot 10^{-3}$ до $10,94 \cdot 10^{-3}$;
- огнетушители ОП-2, не справившиеся с тушением МОП ранга 21В, имеют $\pi_{\text{ЭК}}$ от $6,99 \cdot 10^{-3}$ до $9,28 \cdot 10^{-3}$.

Таким образом, для оценки эффективности огнетушителей по комплексу $\pi_{\text{ЭК}}$ могут быть установлены значения в диапазоне $8,07 \cdot 10^{-3} \div 8,16 \cdot 10^{-3}$ для ОП-1 и $10,42 \cdot 10^{-3}$ до $10,94 \cdot 10^{-3}$ для ОП-2.

Оценка эффективности перспективных конструкций огнетушителей

Исследована экспериментальная модель ОП в двух вариантах исполнения, отличающихся размерами и количеством отдельных изолированных друг от друга сосудов для хранения огнетушащего порошка: 1 вариант имеет четыре сосуда диаметром 40 мм каждый, 2 вариант – шесть сосудов с диаметром 32 мм.

Оба варианта конструкций со встроенной пористой емкостью обеспечивают остаток порошка менее допускаемых стандартом 15 %. Лучшие из них обеспечивают возможность уменьшения остатка порошка до 1–2 % (при давлении 0,8 МПа), остальные варианты – не более 7,5 %.

Экспериментально подтверждено, что масса оставшегося после срабатывания огнетушителя соответствует предъявляемым требованиям. Однако наилучший результат имеет конструкция с четырьмя параллельно соединенными отдельными сосудами для ОТВ.

Определение огнетушащей способности осуществлено тушением МОП рангов 13В и 21В при массе заряда ОТВ 1 кг и 2 кг, соответствующих стандартным зарядам огнетушителей ОП-1 и ОП-2.

В результате огневых испытаний по тушению МОП рангов 13В и 21В получены положительные результаты, то есть очаги успешно потушены и самовоспламенения не произошло ни в одном случае.

Для сравнения эффективности экспериментального образца ОПэ с сертифицированными образцами рассчитан безразмерный комплекс $\pi_{\text{ЭК}}$ (табл. 4).

Таблица 4. Значения безразмерного комплекса $\pi_{\text{ЭК}}$ экспериментальных образцов ОПэ

Условное обозначение ОП	Результат тушения стандартного МОП	Величины безразмерного комплекса				Значение комплекса $\pi_{\text{ЭК}}$
		расход ОТВ, Q, кг/с	давление в огнетушителе, Р кг/(м·с ²)	время выхода ОТВ, $\tau_{\text{вых}}$, с	длина струи ОТВ L, м	
ОП, соответствующие ОП-1 (по массе заряда ОТВ)						
ОП-1э (вариант исполнения 1)	потушен	0,163	0,8·10 ⁶	6	2	16,98·10 ⁻³
ОП-1э (вариант исполнения 2)	потушен	0,153				15,97·10 ⁻³
ОП, соответствующие ОП-2 (по массе заряда ОТВ)						
ОП-2э (вариант исполнения 1)	потушен	0,308	0,8·10 ⁶	6	3	21,39·10 ⁻³
ОП-2э (вариант исполнения 2)	потушен	0,307	0,8·10 ⁶	6	3	21,32·10 ⁻³

По результатам испытания получены следующие значения безразмерного комплекса $\pi_{эк}$:

- для ОПэ (с массой заряда ОТВ 1 кг) – от $15,97 \cdot 10^{-3}$ до $16,98 \cdot 10^{-3}$;
- для ОПэ (с массой заряда ОТВ 2 кг) – от $21,32 \cdot 10^{-3}$ до $21,39 \cdot 10^{-3}$.

Характерно то, что ОПэ с меньшим остатком ОПС после срабатывания имеет большее значение безразмерного комплекса $\pi_{эк}$. При этом значения безразмерного комплекса $\pi_{эк}$ экспериментального образца ОПэ больше, чем для испытанных сертифицированных огнетушителей (табл. 3).

Оценка экономической составляющей эффективности испытанных огнетушителей проведена по методу Парето [8, 9]. Диаграмма с результатами оценки разделена прерывистыми линиями на зоны эффективности огнетушителей (А, В, С, D), где π_i – рейтинговый показатель i -го ОП; $\pi_{ср}$ – среднее значение рейтинговых показателей ОП; c_i – стоимость i -го ОП; $c_{ср}$ – среднее значение стоимости ОП (рис.).

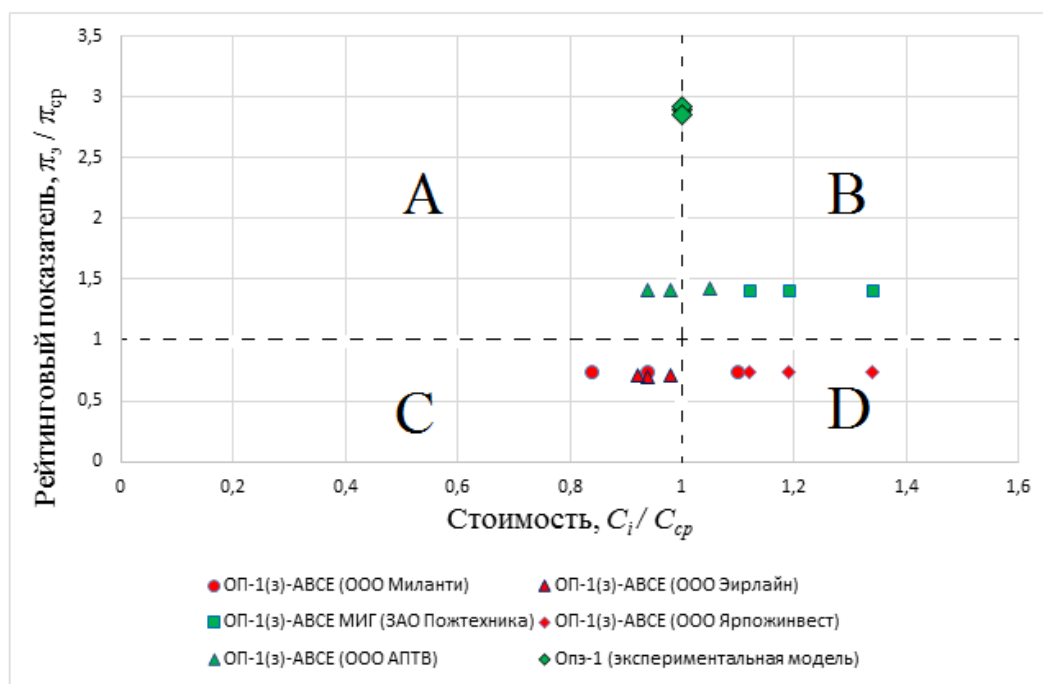


Рис. Сравнение эффективности огнетушителей ОП-1 по рейтинговому показателю

В соответствии с методом Парето, попадание огнетушителя в зоны А или В свидетельствует о его эффективности. Разница состоит в наименьшей (зона А) или более высокой (зона В) стоимости огнетушителя, а при попадании огнетушителя в зону С или D – о его неэффективности, независимо от стоимости. Данное положение подтверждено проведенными огневыми испытаниями по определению огнетушащей способности:

1. Для огнетушителей с массой заряда ОПС 1 кг:

– маркеры, выделенные красным цветом на диаграмме, расположены в зонах С и D и соответствуют огнетушителям, которые не справились с тушением МОП, и не могут быть отнесены к эффективным вне зависимости от их стоимости;

– маркеры, имеющие зеленый цвет и расположенные в зонах А и В, соответствуют огнетушителям, потушившим МОП. Такие огнетушители подтвердили свою эффективность, хотя имеют высокую стоимость.

2. Для огнетушителей с массой заряда ОПС 2 кг эффективность испытанных огнетушителей распределилась в аналогичном порядке.

3. Рациональное соотношение (наименьшая стоимость и наибольший эффект) показала экспериментальная модель ОП в исполнении ОПэ-1 и ОПэ-2.

Выводы

Минимальные значения безразмерного комплекса эффективности $\pi_{\text{эк}}$ у экспериментальной модели ОП в два раза больше, чем у серийных ОП, и составляют $16,67 \cdot 10^{-3}$ для ОПэ-1 и $22,01 \cdot 10^{-3}$ для ОПэ-2.

Сертифицированные ОП подтвердили соответствие значениям определенного для ОП-1 и ОП-2 диапазона (табл. 3). Экспериментальная модель ОПэ имеет значения безразмерного комплекса $\pi_{\text{эк}}$, превосходящие установленные диапазоны для огнетушителей с массами заряда 1 кг и 2 кг в два раза (табл. 4), что говорит об эффективности данной модели ОП.

Результаты испытаний, полученные на одном и том же ОТВ (огнетушащий порошок марки «Вексон-ABC 25»), позволяют исключить его влияние на эффективность конструкции и сделать следующее заключение:

- показатель $\pi_{\text{эк}}$ пригоден для оценки эффективности конструкции ОП;
- конструкции экспериментального ОП с пористой емкостью для хранения ОТВ по эффективности превосходят серийные образцы-аналоги.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 9000–2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь (Издание с Поправкой). URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.02.2020).
2. ГОСТ Р 51057–2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.09.2019).
3. ГОСТ Р 53280.4–2009. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 4: Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний. URL: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.09.2019).
4. Кожевин Д.Ф., Сытдыков М.Р., Поляков А.С. Полезная модель порошкового огнетушителя с пористым сосудом для огнетушащего состава // Пожаровзрывобезопасность. 2012. № 1. С. 79–82.
5. Сытдыков М.Р., Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. Оценка совершенства пневматического тракта порошковых огнетушителей на основе метода анализа размерностей // Пожаровзрывобезопасность. 2012. № 4. С. 51–54.
6. Сытдыков М.Р., Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. Оценка характеристик порошковых огнетушителей, определяющих полноту вытеснения огнетушащего состава // Проблемы управления рисками в техносфере. 2011. № 4 (20). С. 16–24.
7. Бриджмен, П. Анализ размерностей. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 148 с.
8. Виноградов И.М. Математическая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1977–1985.
9. Ногин В.Д. Логическое обоснование принципа Эджворта – Парето // Журнал вычислительной математики и вычислительной техники. 2002. Т. 42. № 7. С. 951–957.
10. Технические условия ТУ 2149-028-10968286-2014. Огнетушащий порошок «ВЕКСОН® - ABC 25». URL: <https://ecochim.ru> (дата обращения: 01.09.2019).

References

1. GOST R ISO 9000–2015. Sistemy menedzhmenta kachestva. Osnovnye polozheniya i slovar' (Izdanie s Popravkoj). URL: <http://docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 01.02.2020).
2. GOST R 51057–2001. Tekhnika pozharная. Ognetchiteli perenosnye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy. URL: <http://docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 01.09.2019).

3. GOST R 53280.4–2009. Ustanovki pozharotusheniya avtomaticheskije. Ognjetushashchie veshchestva. CHast' 4: Poroshki ognjetushashchie obshchego naznacheniya. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy. URL: <http://docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 01.09.2019).
4. Kozhevin D.F., Sytdykov M.R., Polyakov A.S. Poleznaya model' poroshkovogo ognjetushitelya s poristym sosudom dlya ognjetushashchego sostava // Pozharovzryvobezopasnost'. 2012. № 1. S. 79–82.
5. Sytdykov M.R., Kozhevin D.F., Polyakov A.S. Ocenka sovershenstva pnevmaticheskogo trakta poroshkovyh ognjetushitelej na osnove metoda analiza razmernostej // Pozharovzryvobezopasnost'. 2012. № 4. S. 51–54.
6. Sytdykov M.R., Kozhevin D.F., Polyakov A.S. Ocenka harakteristik poroshkovyh ognjetushitelej, opredelyayushchih polnotu vytesneniya ognjetushashchego sostava // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2011. № 4 (20). S. 16–24.
7. Bridzhmen, P. Analiz razmernostej. Izhevsk: NIC «Regulyarnaya i haoticheskaya dinamika», 2001. 148 s.
8. Vinogradov I.M. Matematicheskaya enciklopediya. M.: Sovetskaya enciklopediya, 1977–1985.
9. Nogin V.D. Logicheskoe obosnovanie principa Edzhvorta – Pareto // Zhurnal vychislitel'noj matematiki i vychislitel'noj tekhniki. 2002. T. 42. № 7. S. 951–957.
10. Tekhnicheskie usloviya TU 2149-028-10968286-2014. Ognjetushashchij poroshok «VEKSON® - AVS 25». URL: <https://ecochim.ru> (data obrashcheniya: 01.09.2019).

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

**А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены возможности информационных технологий для поддержки принятия решений путем разработки программ для ЭВМ. Приведены результаты реализации в виде программ для ЭВМ таких перспективных методов поддержки решений, как метод анализа иерархий, метод аналитических сетей и метод оценки эффективности решений.

Ключевые слова: метод анализа иерархий, метод аналитических сетей, метод системных матриц, алгоритм, компьютерная программа

INFORMATION TECHNOLOGY AS MEANS OF SUPPORT THE ANALYTICAL PROCESS

A.Yu. Labinskiy. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article presents the special feature of employment the analytical process. The special feature of using a algorithm and computer program of the hierarchy process and the analytical network process.

Keywords: analytical hierarchy process, analytical network process, system matrix method, algorithm, computer program

Поддержка принятия управленческих решений с помощью информационных технологий может быть реализована путем создания с помощью различных языков программирования программ для ЭВМ, реализующих перспективные методы принятия решений. В данной статье представлены результаты создания программ для ЭВМ, реализующих три перспективных метода: метод анализа иерархий [1], метод аналитических сетей [2] и метод оценки эффективности решений [3]. В настоящее время существуют интегрированные среды разработки (ИСР) программного обеспечения. При разработке приведенных ниже программ использовались ИСР Delphi и Visual Studio и языки программирования Object Pascal, Visual C# и Visual C++.

Реализация метода анализа иерархий была выполнена в ИСР Delphi на языке Object Pascal в виде программы для ЭВМ с интерфейсом, представленным на рис. 1.

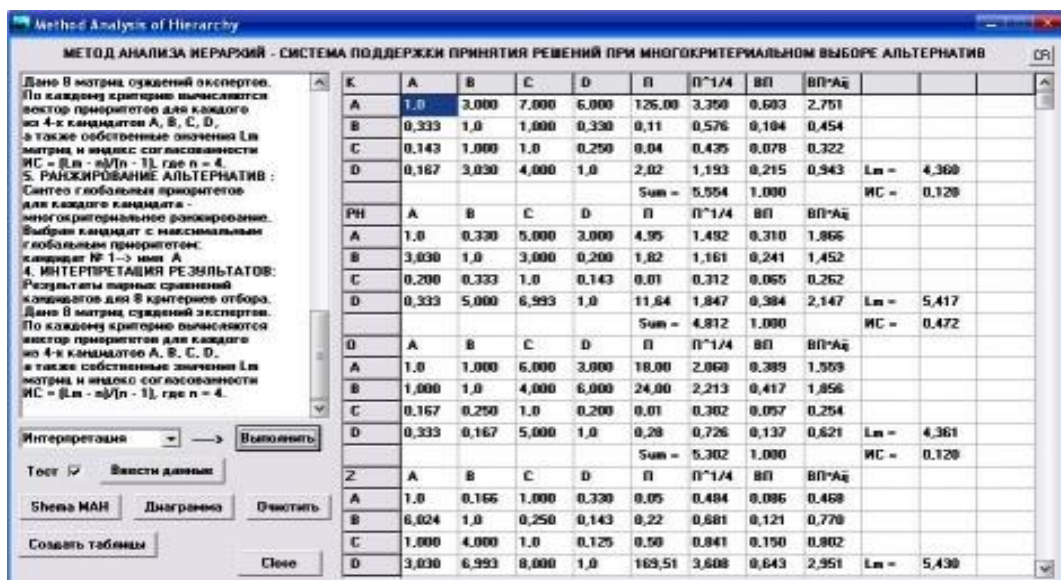


Рис. 1. Интерфейс программы, реализующей метод анализа иерархий

Укрупненный алгоритм программы в виде отдельных модулей представлен в табл. 1 (модуль подключения стандартных библиотек), табл. 2 (модуль определения используемых компонентов) и табл. 3 (модуль определения используемых процедур).

Таблица 1

Укрупненный текст модуля на языке Object Pascal
«uses Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs, StdCtrls, Menus, TeEngine, Series, ExtCtrls, TeeProcs, Chart, Grids, Math, ComCtrls;»

Таблица 2

Укрупненный текст модуля на языке Object Pascal
«type TFLSForm = class(TForm) Memo1: TMemo; StringGrid1: TStringGrid; MainMenu1: TMainMenu; HelpBtn: TButton; InputBtn: TButton; CalcBtn: TButton; GraphBtn: TButton; ClearGraphBtn: TButton; ClearBtn: TButton; CloseBtn: TButton; ComboBox1: TComboBox; PageControl1: TPageControl; TabSheet1: TTabSheet; TabSheet2: TTabSheet; Chart1: TChart; Series1: TLineSeries;»

Таблица 3

Укрупненный текст модуля на языке Object Pascal
« procedure FormCreate(Sender: TObject); procedure LoadBtnClick(Sender: TObject); procedure InputBtnClick(Sender: TObject); procedure CalcBtnClick(Sender: TObject); procedure GraphBtnClick(Sender: TObject); procedure ClearBtnClick(Sender: TObject); procedure SaveBtnClick(Sender: TObject); procedure HelpBtnClick(Sender: TObject); procedure CloseBtnClick(Sender: TObject);»

В качестве примера рассмотрено решение задачи отбора четырех сотрудников ситуационного центра по восьми критериям отбора. Интерпретация результатов парных сравнений кандидатов по восьми критериям отбора позволяет выполнить многокритериальное ранжирование альтернатив (кандидатов), результат которого может быть представлен в графическом виде в специальном окне (рис. 2).

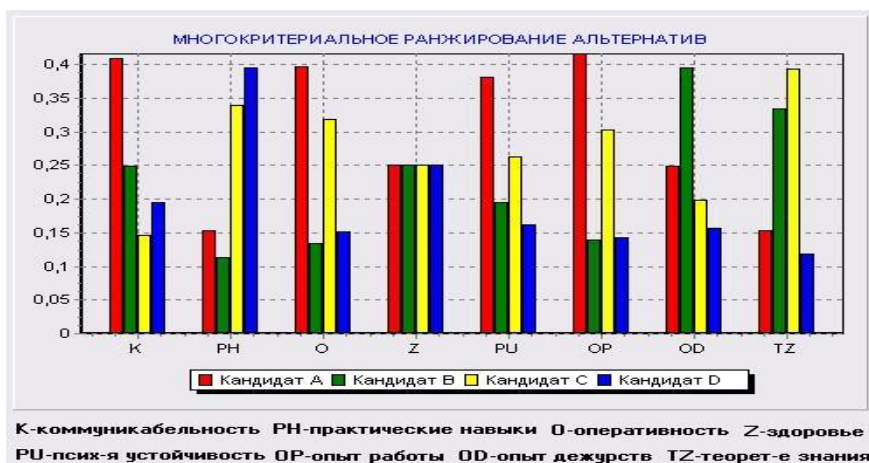


Рис. 2. Многокритериальное ранжирование кандидатов на должность сотрудника ситуационного центра по восьми критериям отбора

Реализация метода аналитических сетей была выполнена в ICP Visual Studio на языке Visual C# в виде программы для ЭВМ с интерфейсом, представленным на рис. 3.

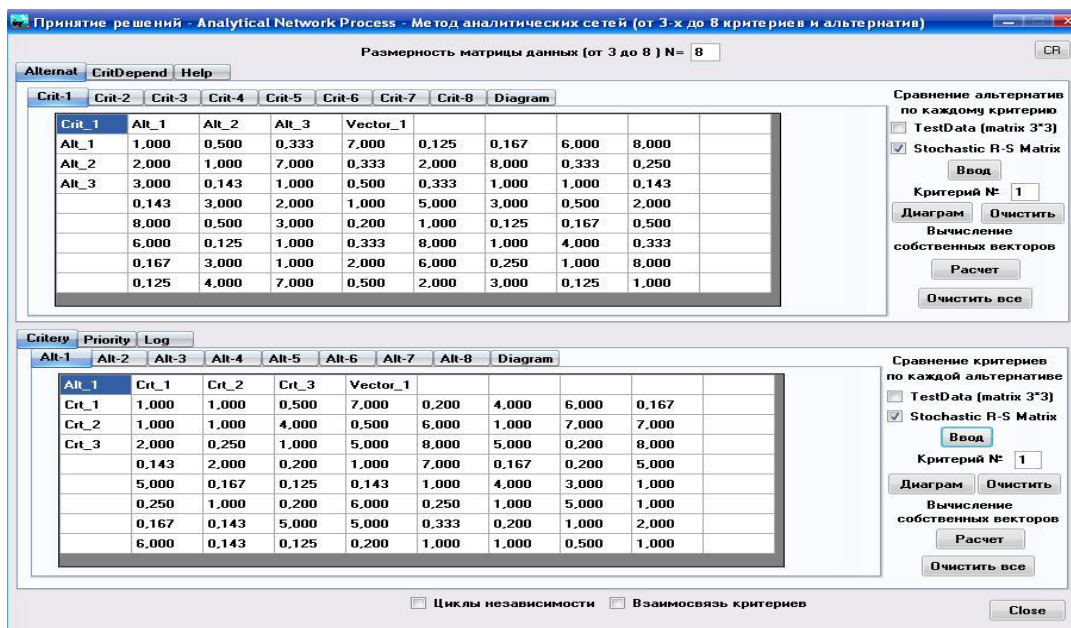


Рис. 3. Интерфейс программы, реализующей метод аналитических сетей

Разработанная программа для ЭВМ, реализующая метод аналитических сетей, позволяет моделировать систему принятия решений на основе матриц парных сравнений критериев и альтернатив. Программа позволяет учитывать от трех до восьми критериев и альтернатив, используя от трех до восьми матриц парных сравнений критериев и от трех до восьми матриц парных сравнений альтернатив, которые приводятся к стохастическому виду. Результат решения задачи принятия решений может быть представлен в графическом виде (рис. 4).

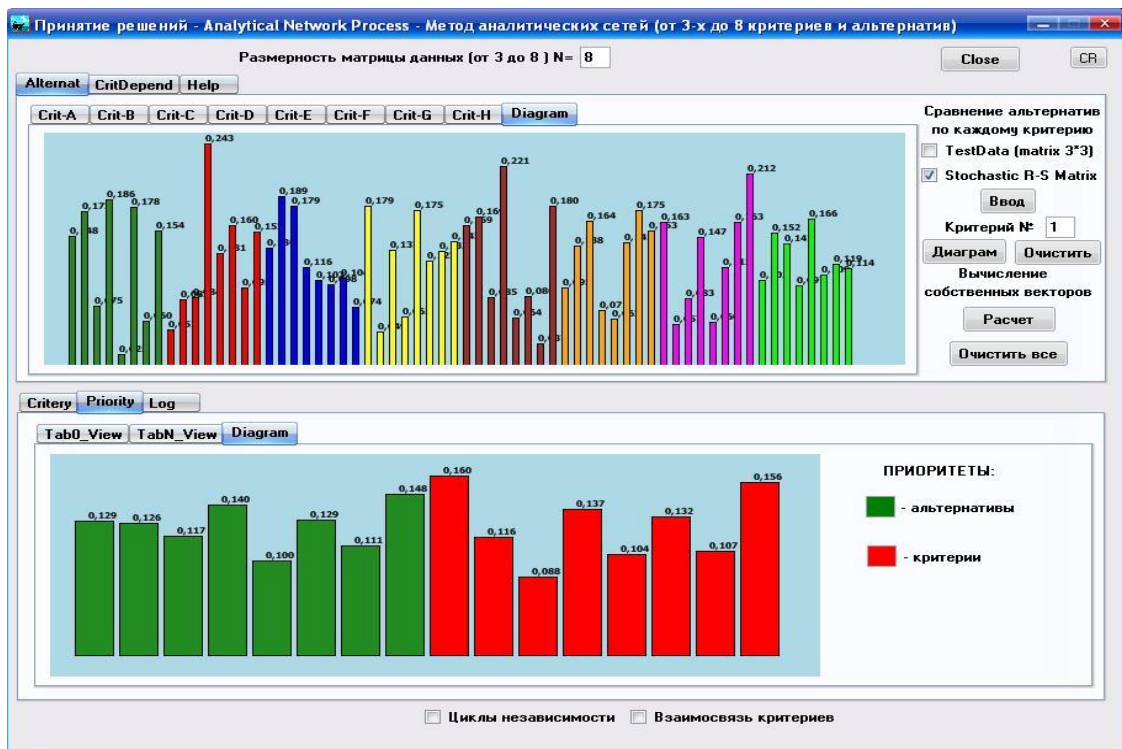


Рис. 4. Результат решения задачи поддержки принятия решений

В случае восьми альтернатив и критериев, а также наличия взаимозависимости критериев, программа обрабатывает 24 матрицы данных размерностью 8*8 и две матрицы данных (суперматрицы) размером 16*16.

Укрупненный алгоритм программы в виде отдельных модулей представлен в табл. 4 (модуль подключения стандартных библиотек), табл. 5 (модуль построения диаграммы) и табл. 6 (модуль загрузки файла с данными).

Таблица 4

Укрупненный текст модуля на языке C#
<pre> using System; using System.Collections.Generic; using System.ComponentModel; using System.Collections; using System.Data; using System.Drawing; using System.Text; using System.Windows.Forms; </pre>

Таблица 5

Укрупненный текст модуля на языке C#
<pre> void drawDiagram(object sender, EventArgs e) { int i, w, h, min, max, x1, y1; g=System.Graphics; System.Drawing.Font.dFont = gcnew System.Drawing.Font("Tahoma", 9); System.Drawing.Font^ hFont = gcnew System.Drawing.Font("Tahoma", 14,FontStyle.Regular); int w=(int)g->MeasureString(header, hFont).Width; int x=(this->ClientSize.Width - w) / 2; g.DrawString(header,hFont, Brushes.DarkGreen, x, 5); } </pre>

```

        for (int i=0; i<d.Length; i++)
        {y1=ClientSize.Height - 20 -(int)((ClientSize.Height - 100) *
          (d[i] - min) / (max - min));
          g.DrawString(Convert.ToString(d[i]),
            dFont, Brushes.Black,x1, y1 - 20);
          g.FillRectangle(Brushes.ForestGreen,x1, y1, w, h);
          g.DrawRectangle(Pens.Black,x1, y1, w, h);
          x1=x1+w+5; } }»

```

Таблица 6

```

Укрупненный текст модуля на языке C#
«void Loadbtn_Click(object sender, EventArgs e)
{ int i = 0;
  listBox.Items.Add("ЗАГРУЗКА ФАЙЛА ДАННЫХ");
  MessageBox.Show(MessageBox.Show( e.Message + "\n",
    "Выберите файл входной переменной!",
    MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
    System.IO.StreamReader sr;
  try{ sr = gcnew System.IO.StreamReader(
    Application.StartupPath + "\\usd.dat");
    d = gcnew array<double>(10); String^ t = sr.ReadLine();
    while (( t != String.Empty) && (i < d.Length))
    { d[i++] = Convert.ToDouble(t); t = sr.ReadLine(); }
    sr.Close(); }
  catch (System.IO.FileNotFoundException..ex)
  { MessageBox.Show( e.Message + "\n","Файла данных нет",
    MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
    } }»

```

Реализация метода оценки эффективности решений была выполнена в ИСР Visual Studio на языке Visual C++ в виде программы для ЭВМ с интерфейсом, представленным на рис. 5.

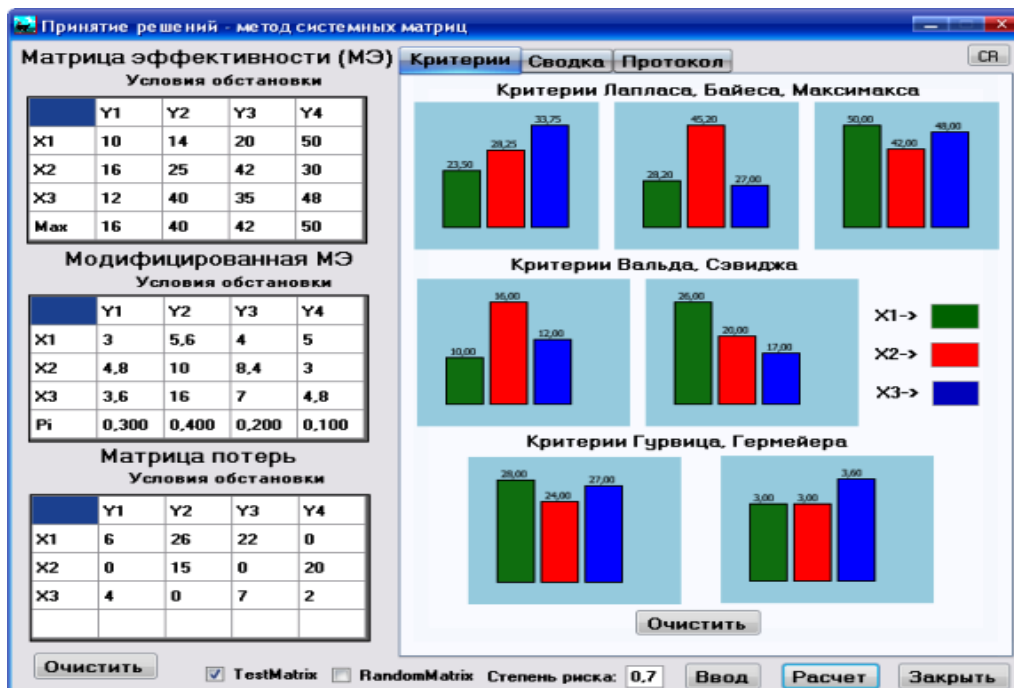


Рис. 5. Интерфейс программы, реализующей метод оценки эффективности решений

Программа позволяет рассчитывать значения различных критериев оптимальности, отражающих специфические обстоятельства конкретной операции и предпочтения лица, принимающего решение. Рассчитываются значения семи наиболее часто используемых критериев: Лапласа, Байеса-Лапласа, Максимакса, Вальда, Сэвиджа, Гурвица и Гермейера. Для критерия Гурвица задается степень риска R : $0 < R < 1$.

В процессе оценки эффективности решений производится преобразование матрицы эффективности в модифицированную матрицу эффективности и в матрицу потерь.

Программа позволяет представлять результаты расчета в наглядном графическом виде. На рис. 5 представлены результаты решения задачи оценки эффективности решений по ликвидации последствий паводка [3].

Программа позволяет также просматривать результаты оценки эффективности решений по различным критериям в виде сводной таблицы (рис. 6).

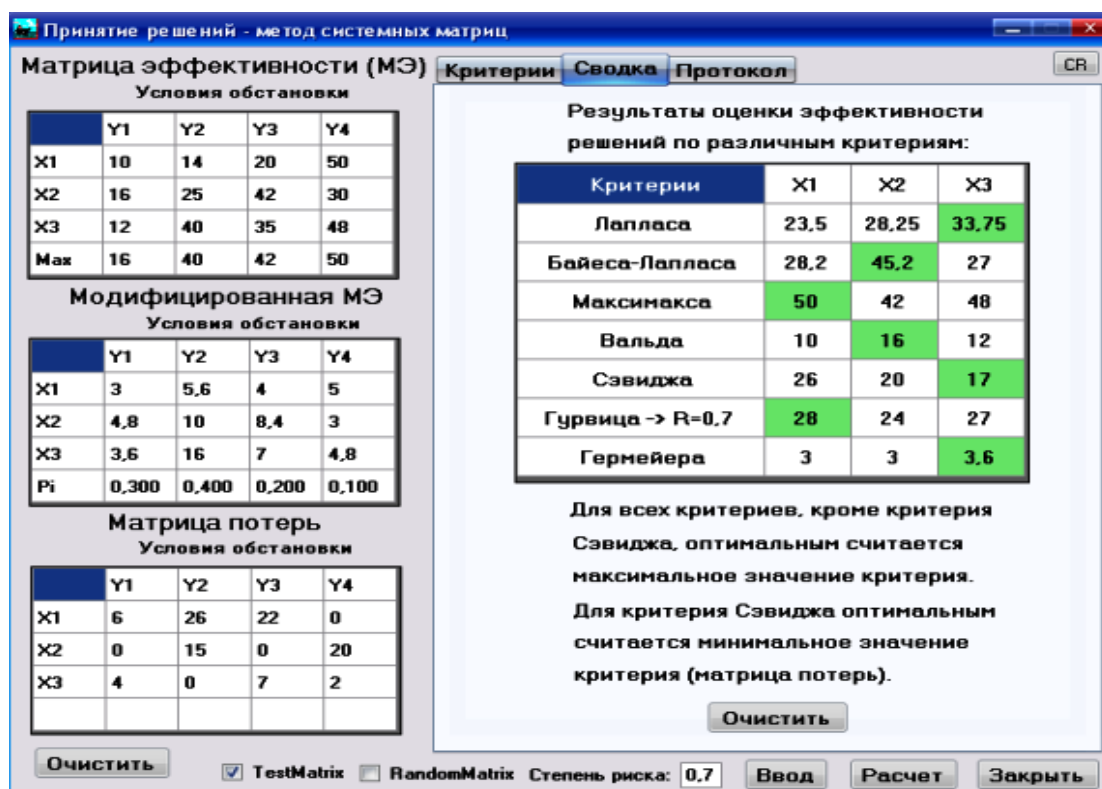


Рис. 6. Сводная таблица результатов оценки эффективности решений по различным критериям

Укрупненный алгоритм программы в виде отдельных модулей представлен в табл. 7 (модуль определения массивов) и табл. 8 (модуль построения диаграммы).

Таблица 7

Укрупненный текст модуля на языке C++
<pre>«d=gcnew array<double>(10); xt=gcnew array<double>(10); yt=gcnew array<double>(10); zt=gcnew array<double>(10); static array<int^> ^btnTag = {7,8,9,-3,4,5,6,-4, 1,2,3,-2, 0,-1,-5};»</pre>

Укрупненный текст модуля на языке C++
<pre> «void drawDiagram(System::Object^ sender, System::Windows::Forms::PaintEventArgs^ e) { int i, w, h, min, max, x1, y1; System::Drawing::Graphics^ g=e->Graphics; System::Drawing::Font^ dFont = gcnew System::Drawing::Font("Tahoma", 9); System::Drawing::Font^ hFont = gcnew System::Drawing::Font("Tahoma", 14,FontStyle::Regular); int w=(int)g->MeasureString(header, hFont).Width; int x=(this->ClientSize.Width - w) / 2; g->DrawString(header,hFont, Brushes::DarkGreen, x, 5); for (int i=0; i<d.Length; i++) { y1 = ClientSize.Height - 20 -(int)((ClientSize.Height - 100) * (d[i] - min) / (max - min)); g->DrawString(Convert::ToString(d[i]), dFont, Brushes::Black,x1, y1 - 20); g->FillRectangle(Brushes::ForestGreen,x1, y1, w, h); g->DrawRectangle(Pens::Black,x1, y1, w, h); x1=x1+w+5; } }» </pre>

Блок-схема программы, реализующей метод оценки эффективности решений, представлена на рис. 7. На блок-схеме отражена обработка основных событий интерфейса программы: нажатие пользователем кнопок «Ввод», «Расчет» и «Заккрыть». При нажатии кнопки «Ввод» происходит ввод исходных данных и заполнение матрицы эффективности (МЭ). При нажатии кнопки «Расчет» происходит расчет элементов и заполнение модифицированной МЭ и матрицы потерь. Затем происходит расчет критериев оптимальности и заполнение сводной таблицы, а также построение диаграмм по каждому критерию. При нажатии кнопки «Заккрыть» происходит закрытие программы.

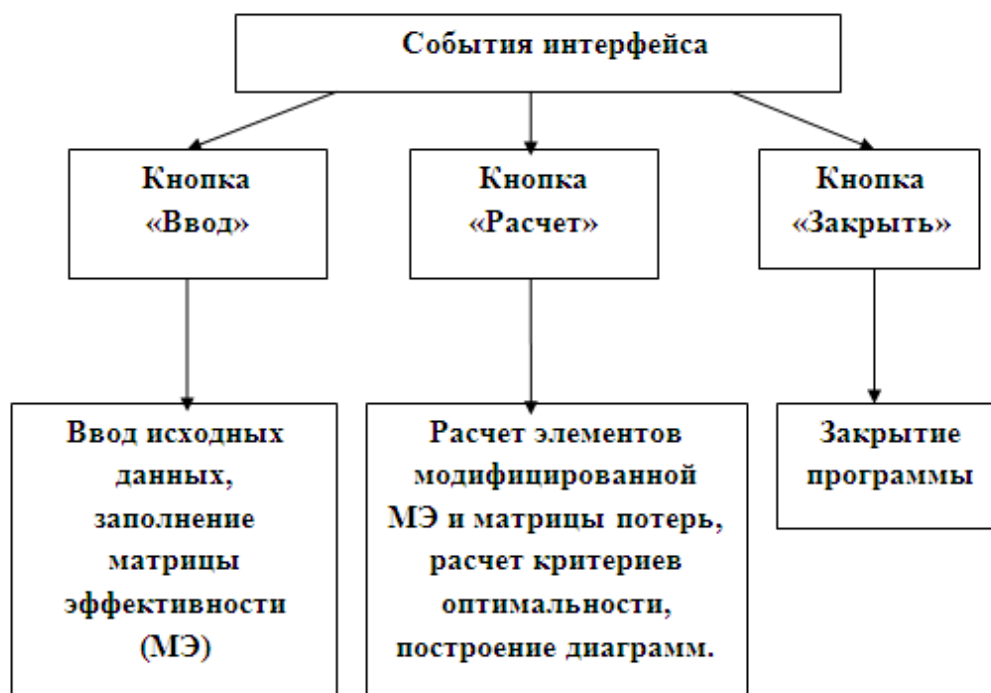


Рис. 7. Блок-схема программы, реализующей метод оценки эффективности решений

Существуют интегрированные средства разработки программного обеспечения, например, Delphi и Visual Studio, которые облегчают создание программ для ЭВМ на языках программирования Object Pascal, Visual C# и Visual C++. Информационные технологии могут успешно применяться как средство поддержки принятия управленческих решений путем создания с помощью различных языков программирования программ для ЭВМ, реализующих перспективные методы принятия решений.

Литература

1. Артамонов В.С., Лабинский А.Ю., Уткин О.В. Модификация нечеткого метода анализа иерархий // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 4. С. 77–84.
2. Лабинский А.Ю., Козлов А.А. Принятие решений с помощью метода аналитических сетей // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 4. С. 24–32.
3. Системный анализ и принятие решений: учеб. / В.С. Артамонов [и др.]. СПб.: С.-Петербур. ун-т ГПС МЧС России, 2017.

References

1. Artamonov V.S., Labinskij A.Yu., Utkin O.V. Modifikaciya nechetkogo metoda analiza ierarhij // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2016. № 4. S. 77–84.
2. Labinskij A.Yu., Kozlov A.A. Prinyatie reshenij s pomoshch'yu metoda analiticheskikh setej // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 4. S. 24–32.
3. Sistemnyj analiz i prinyatie reshenij: ucheb. / V.S. Artamonov [i dr.]. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2017.

ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПО РАЗРАБОТКЕ ПЛАНОВ РЕАГИРОВАНИЯ НА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

А.В. Максимов, кандидат технических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

В настоящее время отсутствует единая методика разработки плана реагирования на чрезвычайные ситуации. Поэтому в статье автором была предложена идея повышения стандартизации и автоматизации плана управления в чрезвычайной ситуации, основанного на технологии сетевого планирования. Разработаны процессная модель и модель данных, позволяющие повысить эффективность и организованность при наступлении чрезвычайной ситуации.

Ключевые слова: модель данных, процессная модель, сетевое планирование, план реагирования на чрезвычайные ситуации

ORGANIZATIONAL SUPPORT OF THE INFORMATION SYSTEM FOR DEVELOPING EMERGENCY RESPONSE PLANS

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

Currently, there is no single methodology for developing an emergency response plan. Therefore, in the article, the author proposed the idea of increasing the standardization and automation of the emergency management plan based on network planning technology. A process model and data model have been developed to improve efficiency and organization in the event of an emergency.

Keywords: data model, process model, network planning, emergency response plan

Согласно определению Федерального закона Российской Федерации от 21 декабря 1994 г. № 68 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (ФЗ РФ № 68-ФЗ) чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [1]. Как правило, ЧС возникают периодически (ежегодные лесные пожары, пал травы и т.п.) и внезапно (падение самолетов, наводнения, пожары в торгово-развлекательных комплексах и т.д.). Так, несмотря на положительную динамику снижения числа ЧС в Российской Федерации, за последние годы наблюдается рост материального ущерба, напрямую влияя на социально-экономическое положение страны в целом. Только на восстановление от последствий паводка в Иркутской области государством в 2019 г. было выделено около 20 млрд руб. [2]. Данные факты не только подтверждают, но и актуализируют осуществление более качественной оценки происходящих бедствий в нашей стране и за ее пределами с целью подготовки к их предупреждению или минимизации негативных последствий. Основой к проведению таких оценок безопасности, выявлению их опасных факторов, применению новых методов являются проводимые учеными научные исследования. Поэтому в последние десятилетия нашим государством финансируется и уделяется достаточно большое внимание данному направлению науки, в частности, такому разделу, как

управление ЧС. Под управлением ЧС будем понимать взаимосвязь функционально связанных органов управления Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) с целью предупреждения и ликвидации бедствий.

По данному направлению имеются многочисленные научные труды как среди отечественных ученых (А.А. Таранцев, Н.Г. Топольский и др.), так и зарубежных (Е. Lettieri, S. Sardquist и др.) [3–6]. В данных трудах частично рассматривались вопросы, связанные с выработкой типовых схем размещения оперативных штабов, необходимого для них оборудования, совершенствования организации и осуществления сбора и обработки получаемой информации для принятия решений, математического моделирования действий подразделений, обеспечивающих безопасность, уточнения организационно-штатной структуры органов управления силами и средствами на происшествиях и др.

При решении каждой из таких управленческих задач авторами применяются различные методы исследования, в которых, благодаря развитию компьютерных и сетевых технологий, все чаще уделяется внимание искусственному интеллекту, а именно интеллектуальным системам поддержки принятия решений (СППР) [7]. Среди которых наибольшее распространение при управлении в ЧС получили системы с возможностями применения ГИС (пространственные системы поддержки принятия решений) и реализации имитационного моделирования (дискретно-событийное и агентное моделирование). Основные направления, в которых работают СППР – это прогнозирование и раннее предупреждение бедствий. Причем в результате исследования [8] перечисленных направлений автором отмечается важность получения вспомогательных решений путем внедрения методологии интеллектуального планирования в виду его большого потенциала.

Методология интеллектуального планирования основана на сетевом плане задач, которая реализовывает автоматизированные управленческие решения с помощью информационной системы. На данный момент интеллектуальное планирование ЧС реализовано только в задачах по принятию управленческих решений на основе сетевого графика, ограничивая тем самым возможности лиц, принимающих решения. Одним из решений данной проблемы является конкатенация традиционных планов реагирования на ЧС и сетевого графика работ.

В рамках реализации ФЗ РФ № 68-ФЗ органами управления РСЧС и их элементами разрабатывается и утверждается План действий по предупреждению и ликвидации ЧС, являющийся руководящим документом в части обеспечения безопасности населения и территории в случае угрозы наступления неблагоприятного происшествия. При возникновении ЧС руководитель работ по ликвидации определяется нормативно-правовыми актами или назначается руководителем субъекта Российской Федерации, затем им преобразуется образец разработанного Плана под складывающуюся обстановку, например, какой тип ЧС произошел, ресурсный потенциал региона, места эвакуации и т.д. Таким образом, адаптируя План действий по предупреждению и ликвидации ЧС, можно быстро сформировать полный и стандартизированный план реагирования на происшествие.

Процессная модель управления ЧС

Метод функционального моделирования IDEF0 применяется для моделирования деятельности и управления системой. Он наследует язык графического моделирования SADT (Structured Analysis and Design Technique), разработанный SofTech Inc. В своей первоначальной форме IDEF0 определяется как графический язык моделирования, включая в себя как семантику и синтаксис, так и описание систематической методологии разработки моделей. IDEF0 применяется для описания управления системой, в том числе функциональной схемы процессов её жизненного цикла и обработки данных. Данная методология обладает способностью представлять все виды операций системы на любом уровне, обеспечивая достаточно точное и наглядное описание, повышая тем самым согласованность интерпретации и использования. Поэтому для более детального описания

процесса управления ЧС, основанного на сетевом плане задач (рис. 1) для построения, применяется графическая нотация IDEF0, которая с точки зрения системы способна объективнее раскрыть ее внутреннее содержание (объекты системы, их взаимосвязь).

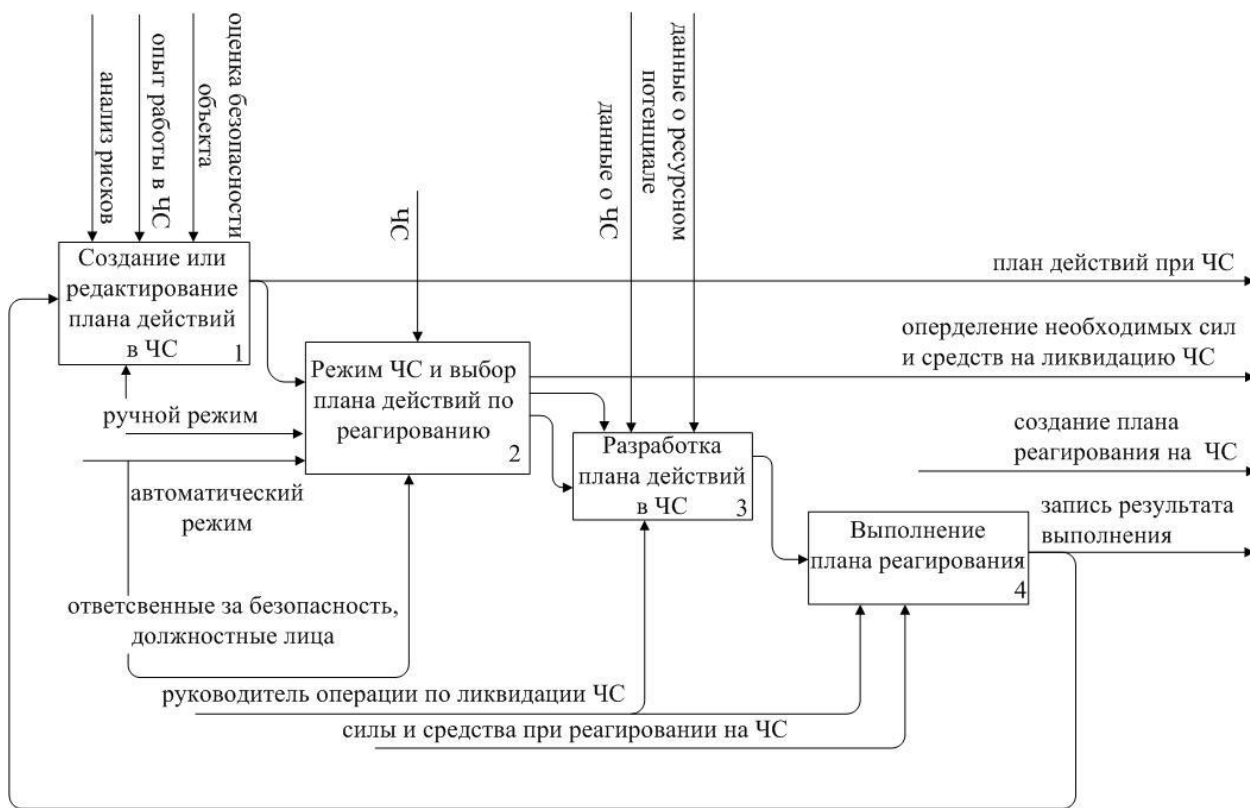


Рис. 1. Процессная модель управления ЧС на основе плана действий по предупреждению и ликвидации ЧС в среде BPWin

Эта модель включает в себя четыре процесса:

1. Создание или редактирование плана действий в ЧС.

В первую очередь необходимо проанализировать любой риск возникновения разных типов и видов ЧС (природные, техногенные, экологические и т.п.) в субъекте, территориальном образовании или организации. В соответствии с нормативно-правовыми актами, накопленным опытом в операциях по предупреждению и ликвидации происшествий, научными разработками в данной сфере и профессиональными знаниями специалистов-экспертов разрабатывается детальный план по реагированию на ЧС. Для повышения оперативности плана подготовки к реагированию каждая ЧС рассматривается как задача со ссылками на технологию управления проектами, прикладной смысл которой заключается в применении сетевого планирования в качестве плана реагирования на ЧС во время её наступления. Например, план действий по тушению крупного лесного пожара, как показано на рис. 2.

Необходимо отметить, что планы действий в ЧС и инструкции разрабатываются непосредственно ответственным за безопасность в организации и утверждаются у ее руководителя. После этого необходимо пройти обязательную процедуру проверки и регистрации в органах местного самоуправления, Ростехнадзора и МЧС России по субъекту. Поэтому перспективным также видится возможность реализации такого плана действий с интеграцией мнений специалистов перечисленных выше ответственных государственных структур. Такой шаг, во-первых, позволит определить приоритетные направления действий в случае возникновения происшествия, а, во-вторых, разработанный

«цифровой» вид плана удобен для хранения и применения в качестве прототипа. Результатом этого процесса является формирование плана по предупреждению и ликвидации ЧС в рамках функционирования организации.

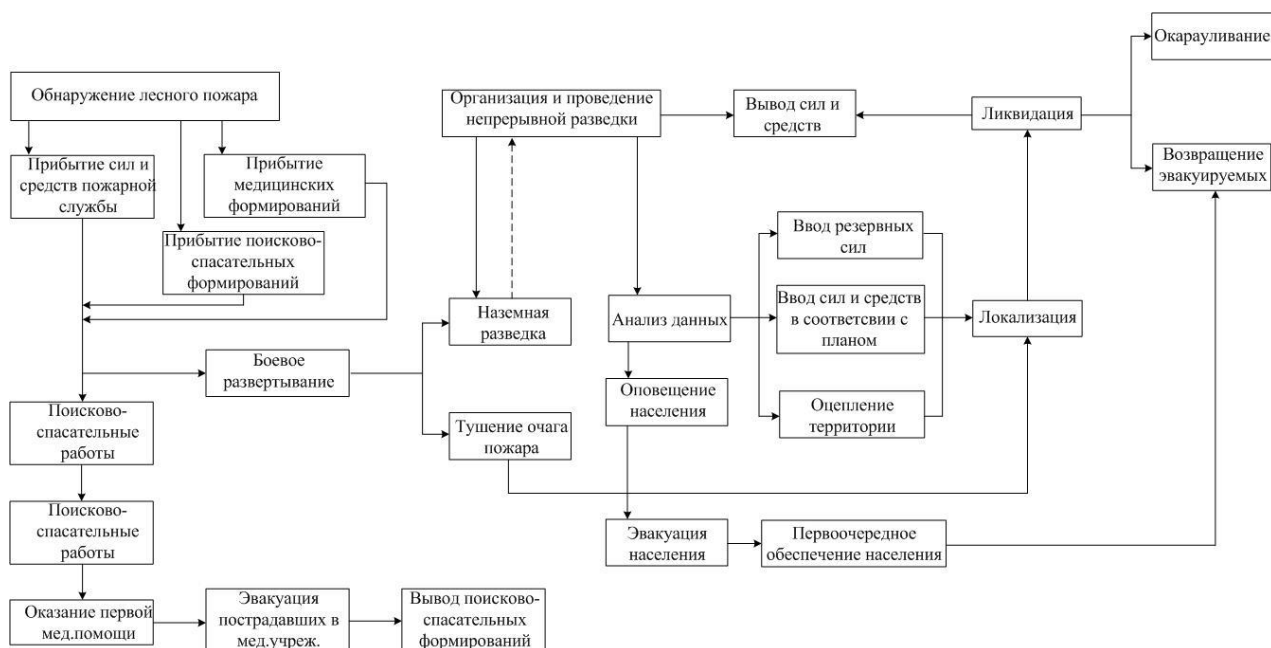


Рис. 2. Примерный вариант плана тушения лесного пожара

2. Режим ЧС и выбор плана действий по реагированию.

При возникновении и оповещении о ЧС должностным лицам, ответственным за субъект или территориальное образование, требуется выбрать соответствующий план реагирования на происшествие по типу и масштабу. Этот процесс может быть завершён с помощью автоматизированного запроса, интеллектуального поиска и аргументации на основе конкретных сценариев.

3. Разработка плана действий в ЧС.

Несмотря на то, что план по предупреждению и ликвидации ЧС разрабатывается путем многочисленных итераций и правок специалистов и экспертов, в большей степени он ограничен, прежде всего, статистическими данными и достаточно хаотичным развитием ЧС. Таким образом, практически невозможно заранее разработать типовой вариант плана реагирования на происшествие, и он нуждается в изменении или адаптации относительно складывающейся обстановки, позволяя тем самым повысить качество управленческих решений.

4. Выполнение плана реагирования.

Данный процесс заключается в выполнении выработанного на предыдущем шаге плана действий при возникновении ЧС. После завершения операции по ликвидации происшествия федеральными органами исполнительной власти, сотрудниками МЧС России, аккредитованными экспертными организациями составляется подробный анализ, включающий в себя: фото и видеоматериалы ЧС; опрос очевидцев; причины возникновения; оперативность, достаточность, полноту и качество мероприятий, выполненных при ликвидации ЧС, позволяя тем самым внести дополнения или коррективы в существующий план действий по предупреждению и ликвидации ЧС [9]. Если актуализация плана реагирования на происшествия несет в себе множество исправлений, то может быть рассмотрен новый.

Модель данных

Для реализации модели данных управления ЧС её необходимо связать с приведенной выше процессной моделью, реализованной методами сетевого планирования. Такая связь гарантирует завершенность, согласованность и корректность анализа, обеспечивая доступ к данным о ЧС для всех потребителей. Необходимо отметить, что преобразование процессной модели в среде BPwin в модель данных не автоматизирован, поэтому в качестве инструментов разработки применяются: прикладное программное средство SAP Powerdesigner (UML язык программирования), Microsoft IIS6.0 (веб-сервер) и SQL Server 2005 (сервер баз данных) (рис. 3), причем функциональная модель используется как проектная документация.

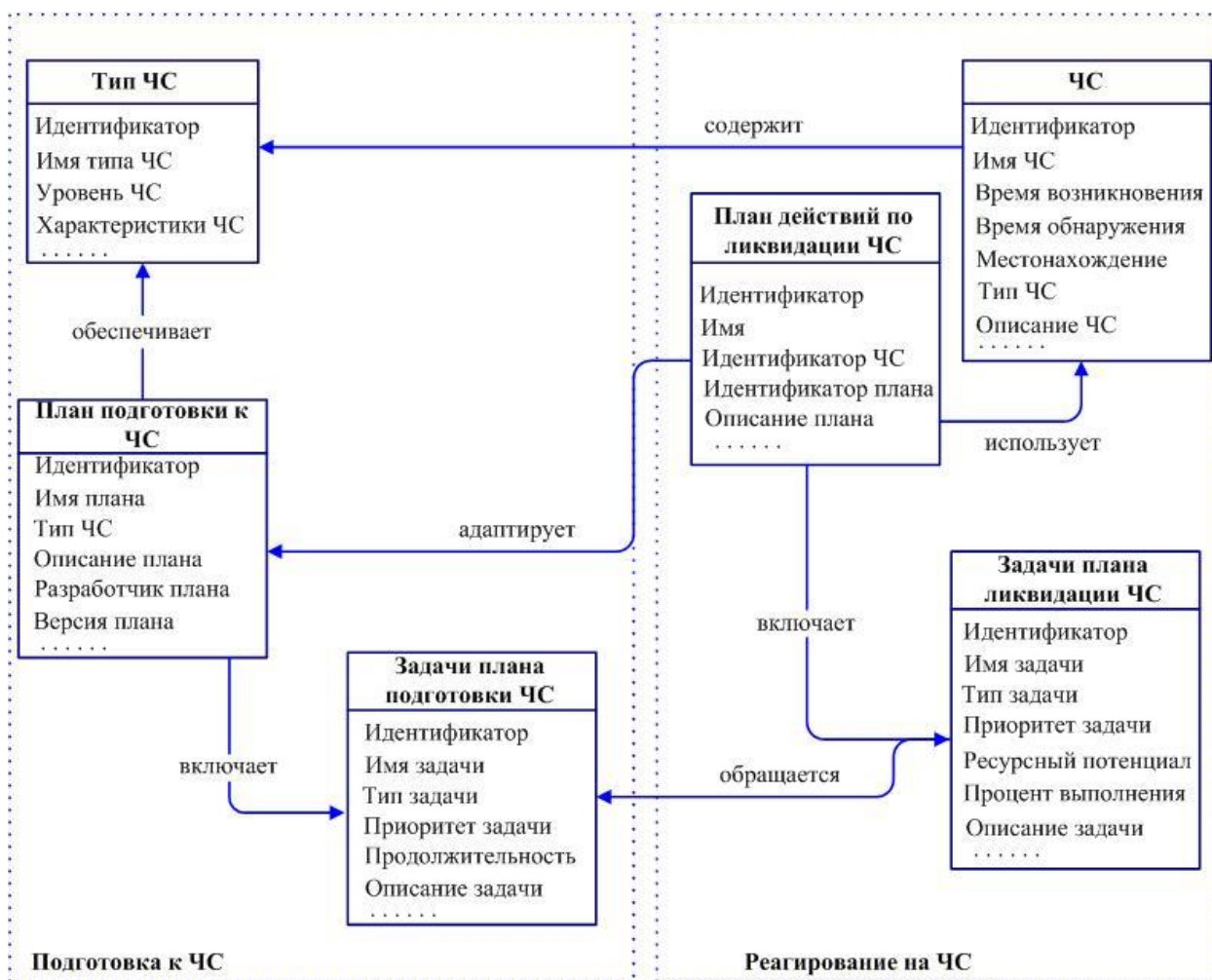


Рис. 3. Концептуальная модель данных управления ЧС в среде SAP PowerDesigner

Стрелки в процессорной модели (рис. 1) обозначают некоторую информацию, использующуюся в моделируемой системе, в модели данных (рис. 3) на логическом уровне информация уже отображается в виде сущностей (соответствуют блокам на физическом уровне), состоящих из атрибутов сущностей (соответствуют колонкам блоков). Для обеспечения компактности и непротиворечивости хранения данных они в блоках нормализованы, где каждый факт хранится в одном месте.

Построение блоков модели данных заключается в следующем:

- тип и уровень ЧС, который может возникнуть на объекте организации, определяется как блок «Тип ЧС»;

- блок «План подготовки к ЧС» – это заранее определенная подготовка к ЧС для каждого её типа или уровня;
- блок «План действий по ликвидации ЧС» состоит из двух взаимосвязанных блоков «Задачи плана подготовки ЧС» и «Задачи плана ликвидации ЧС», которые описывают конкретную деятельность, необходимую выполнить в процессе подготовки или ликвидации ЧС, такую как имя задачи, тип задачи, предшествующую задачу, приоритет и т.д.;
- блок «ЧС» включает в себя описание типа, уровня, времени, места и описание других важных характеристик.

Блоки «Тип ЧС», «План подготовки к ЧС» и «Задачи плана подготовки ЧС» образуют укрупненный раздел «Подготовка к ЧС», а «ЧС», «План действий по ликвидации ЧС» и «Задачи плана ликвидации ЧС» соответственно «Реагирование на ЧС».

Предлагаемая модель позволит значительно повысить степень стандартизации и автоматизации управления ЧС на любом объекте, где возможны наступления такого рода неблагоприятные события.

Управление ЧС – комплексная междисциплинарная наука, объединяющая в себе такие дисциплины, как менеджмент, компьютерные науки и исследования операций, направлена, прежде всего, на снижение материального ущерба и обеспечение безопасности людей [10]. Одним из самых важных критериев при управлении ЧС является эффективность, которая напрямую зависит от качества разработанного плана действий при реагировании на происшествия. Однако построение такого детализированного плана и его совершенствование требует не только опыта сотрудников РСЧС, но и применения новых методик и подходов. Одним из таких подходов является сетевое планирование, позволяя в виде процессной модели и модели данных подробно описать любой проект, в том числе и план действий по ликвидации ЧС, результатом которого будет организованность и эффективность лиц, принимающих участие в ликвидации ЧС.

Литература

1. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федер. закон Рос. Федерации от 21 дек. 1994 г. № 68-ФЗ (в ред. от 3 июля 2019 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Interfax. URL: <https://www.interfax.ru/russia/668144> (дата обращения: 11.03.2020).
3. Артамонов В.С., Погорельская К.В., Таранцев А.А. Методика определения рационального числа операторов и линий связи центра управления силами федеральной противопожарной службы // Пожаровзрывобезопасность. 2007. Т. 16. № 6. С. 4–9.
4. Применение систем поддержки принятия решений руководителями оперативных подразделений при тушении пожаров в крупных городах / И.М. Тетерин [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2008. № 4 (20). С. 7.
5. Lettieri E., Masela C. Disaster management: findings from a systematic review // Disaster Prevention and Management. 2009. Vol. 18. pp. 118–136.
6. Sardquist S. An Engineering Approach to Fire-Fighting Tactic // Dept of Fire Safety Engineering, Land Institute of Technology. 2010. 83 p.
7. 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.
8. L. Mung, H.W. Q.I Chao Research on Unconventional Event Emergency Decision-making Methodologies // China Safety Science Journal. 2012. Vol. 21. pp. 158–163.
9. Методические рекомендации по анализу, описанию и изучению действий органов управления, сил и средств РСЧС по ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (утв. МЧС России 10 июля 2012 г. № 2-4-87-14-28). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

10. Матвеев А.В. Организационные и методические аспекты обеспечения безопасности потенциально опасных объектов. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2019. 144 с.

References

1. O zashchite naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij prirodnogo i tekhnogenного характера: Feder. zakon Ros. Federazii ot 21 dek. 1994 g. № 68-FZ (v red. ot 3 iyulya 2019 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
2. Interfax. URL: <https://www.interfax.ru/russia/668144> (data obrashcheniya: 11.03.2020).
3. Artamonov V.S., Pogorel'skaya K.V., Tarancev A.A. Metodika opredeleniya racional'nogo chisla operatorov i linij svyazi centra upravleniya silami federal'noj protivopozharnoj sluzhby // Pozharovzryvbezopasnost'. 2007. T. 16. № 6. S. 4–9.
4. Primenenie sistem podderzhki prinyatiya reshenij rukovoditelyami operativnyh podrazdelenij pri tushenii pozharov v krupnyh gorodah / I.M. Teterin [i dr.] // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. 2008. № 4 (20). S. 7.
5. Lettieri E., Masela C. Disaster management: findings from a systematic review // Disaster Prevention and Management. 2009. Vol. 18. pp. 118–136.
6. Sardquist S. An Engineering Approach to Fire-Fighting Tactic // Dept of Fire Safety Engineering, Lund Institute of Technology. 2010. 83 p.
7. 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.
8. L. Mung, H.W. Q.I Chao Research on Unconventional Event Emergency Decision-making Methodologies // China Safety Science Journal. 2012. Vol. 21. pp. 158–163.
9. Metodicheskie rekomendacii po analizu, opisaniyu i izucheniyu dejstvij organov upravleniya, sil i sredstv RSCHS po likvidacii chrezvychajnyh situacij prirodnogo i tekhnogenного характера (utv. MCHS Rossii 10 iyulya 2012 g. № 2-4-87-14-28). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
10. Matveev A.V. Organizacionnye i metodicheskie aspekty obespecheniya bezopasnosti potencial'no opasnyh ob"ektov. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2019. 144 s.

ПЕРСПЕКТИВА ЭКСТЕНСИОНАЛЬНЫХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

В.А. Дюк, доктор технических наук.

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко

Российской академии наук.

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России;

Государственный Эрмитаж.

Ф.О. Брюс.

АО «Концерн «НПО Аврора»

Основной проблемой использования наиболее популярного экстенсionalного метода k -ближайших соседей считают необходимость хранить в памяти всю обучающую выборку. Данная проблема получает свое решение путем формирования для объектов выборки собственных контекстно-зависимых локальных метрик, существенно расширяющих «сферу действия» объектов. В статье рассматривается пример, иллюстрирующий продуктивность представления о локальных контекстно-зависимых метриках в задачах классификации данных.

Ключевые слова: машинное обучение, контекстно-зависимые локальные метрики, экстенсionalные методы

PERSPECTIVE OF EXTENSIONAL METHODS OF MACHINE LEARNING IN THE INFORMATION-ANALYTICAL SAFETY SYSTEMS

V.A. Duke. Solomenko institute of transport problems of the Russian academy of sciences.

**A.V. Bogdanov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia;
State hermitage museum.**

F.O. Bruce. Aurora JSC

The need to keep in memory the entire training sample is considered to be the main problem of using the most popular extensional k -nearest neighbors method. This problem gets its solution by forming own context-dependent local metrics for each object of the sample, significantly expanding the «scope» of objects. The article considers example illustrating the productivity of local context-dependent metrics concept for solving data classification problems.

Keywords: machine learning, context-dependent local metrics, extensional methods

В информационно-аналитических системах безопасности сегодня все шире используются предиктивные модели, построенные методами машинного обучения (Machine Learning – ML). Разные компании применяют различные алгоритмы ML от простейших, типа наивного байесовского классификатора до достаточно изощренных, типа метода опорных векторов (Support Vector Machine – SVM).

Представляется целесообразным попытаться объяснить, с чем связано такое многообразие подходов, и обосновать эффективное, но мало обсуждаемое направление, связанное с экстенциональными методами машинного обучения.

Специфика современных требований обработке следующая:

- данные имеют неограниченный объем;
- данные являются разнородными (количественными, качественными, текстовыми);
- результаты должны быть конкретны и понятны;
- инструменты для обработки сырых данных должны быть просты в использовании.

Проблемы, с которыми сегодня сталкиваются аналитические системы [1] (в сжатом виде) следующие:

- нечеткость целевых показателей и критериев;
- неопределенность, неточность, разнотипность и неизвестная размерность описаний;
- гетерогенность эквивалентных состояний исследуемых систем;
- наличие русел и джokers разного, заранее неизвестного формата с неизвестной локализацией;
- неточная разметка больших данных.

Поиск, описание и структурирование закономерностей в предметных областях с подобными характеристиками породили большое количество подходов. В таблице приведена статистика применяемых методов машинного обучения по результатам опросов большого количества специалистов.

Таблица. Статистика применяемых методов машинного обучения

Методы (алгоритмы)	2007 г. (203 опрошенных) в %	2011 г. (311 опрошенных) в %	2016 г. (844 опрошенных) в %	2017 г. (732 опрошенных) в %	2018/2019 гг. (833 опрошенных) в %
Регрессионный анализ	51	58	67	61	56
Логические методы (деревья решений и др.)	63	60	55	51	48
Метод ближайших соседей	13	–	46	39	33
Ансамбли алгоритмов		28	34	–	30
Метод опорных векторов	16	39	29	34	22
Нейросети (классические)	17	27	24	–	–
Наивный байесовский классификатор	16	22	24	–	–
Нейросети (глубокое обучение)	–	–	19	–	25
Методы поиска ассоциативных правил	26	29	15	–	–
Генетические алгоритмы	11	9	9	–	–

Наиболее популярная на сегодня типология методов машинного обучения приведена в книге [2]. Эта типология выглядит следующим образом:

- Символизм – поиск логических закономерностей.
- Коннекционизм – нейронные сети.
- Эволюционизм – адаптивная оптимизация структуры моделей.
- Бейесионизм – оценивание распределений над параметрами.
- Аналогизм – «близким объектам близкие ответы».
- Композиционизм – кооперация моделей.

В данной типологии используется сугубо феноменологический подход и, на взгляд авторов, она не отражает двух фундаментальных способов представления знаний – интенционального и экстенционального [3]. Напомним, что в философской трактовке интенционал и экстенционал – это парные категории семантики, обозначающие смысл и значение языкового выражения. Интенционал – это термин, обозначающий содержание слова-понятия, то есть совокупность мыслимых признаков обозначаемого данным понятием предмета. Экстенционал – это термин, обозначающий объем слова-понятия, то есть совокупность обозначаемых данным понятием предметов.

В машинном обучении интенциональное представление реализуется посредством операций над атрибутами (признаками, свойствами) и не предполагает произведения операций над конкретными информационными фактами (объектами).

Экстенциональное представление связано с описанием и фиксацией конкретных объектов из предметной области и реализуется в операциях, элементами которых служат объекты как целостные системы.

Имеется следующая глубокая аналогия со способами переработки информации мозгом человека:

- левое полушарие оперирует закономерностями, отражающими связи атрибутов этого мира;
- для правого полушария характерна целостная прототипная репрезентация окружающего мира.

На рис. 1 даны расширенные представления об оппозиции интенциональное-экстенциональное.



Рис. 1. Два фундаментальных способа представления знаний

Экстенциональные методы машинного обучения

В соответствии с двумя фундаментальными способами представления знаний авторами было ранее предложено разделить все методы машинного обучения на две группы:

- интенциональные методы, основанные на операциях с признаками;
- экстенциональные методы, основанные на операциях с объектами.

Интенциональные методы фиксируют связи между свойствами объектов, которыми объясняется структура данных. Вид фиксируемых связей предполагается заранее известным и суть методов интенционального подхода заключается в определении параметров той или иной заранее заданной модели. К интенциональным относятся, например, методы регрессионного анализа, дискриминантного анализа, методы нейросетевого подхода и др.

Экстенциональное представление знаний основано на описании и фиксации конкретных объектов из предметной области (объект описывается зафиксированными значениями признаков). Экстенциональное представление реализуется в операциях, элементами которых служат объекты как целостные многомерные структуры.

В экстенциональных методах объекты рассматриваются как прецеденты и используется только одна операция – определение сходства (различия) этих прецедентов с неизвестным объектом. Сходство (различие) выражается геометрически через расстояние в p -мерном пространстве признаков. В зависимости от условий конкретной задачи роль отдельного прецедента может меняться в широких пределах от главной до весьма косвенного участия. Этим объясняется дальнейшее разделение данной группы методов на подклассы.

Это методы сравнения с прототипом, метод k -ближайших соседей и алгоритмы вычисления оценок [4].

На практике из экстенциональных методов сегодня наиболее популярен метод k -ближайших соседей. Для метода k -ближайших соседей (k -БС) получены теоретические оценки его эффективности в сравнении с оптимальным байесовским классификатором [5, 6].

Как видно из таблицы, по частоте применения этот метод располагается на третьем месте. Нередко данный метод используется как baseline, как отправная точка для сравнения эффективности других алгоритмов. Относительно недавно в статье «Блиц-проверка алгоритмов машинного обучения: скорми свой набор данных библиотеке scikit-learn» (<https://habr.com/ru/post/475552/>) были приведены сведения о блиц-проверке алгоритмов машинного обучения в разных задачах, по результатам которой метод k -БС в очередной раз продемонстрировал свою высокую эффективность.

Контекстно-зависимые локальные метрики

Основным недостатком, который ограничивает эффективность применения экстенциональных методов, по мнению авторов, является представление об общем для всех объектов пространстве признаков и, соответственно, единой метрике для измерения расстояний между объектами. Такое представление уместно, например, при изучении однородных физических феноменов на статистическом уровне системной организации, в которых объект можно рассматривать как реализацию многомерной случайной величины с ясным физическим смыслом, когда есть все основания интерпретировать зафиксированные особенности объектов как случайные отклонения, обусловленные воздействием шумов, погрешностями измерительных приборов и т.п.

В задачах анализа данных, когда имеем дело с системами надкибернетического уровня сложности, такими как современные информационно-аналитические системы безопасности, каждый объект следует рассматривать как самостоятельный информационный факт (совокупность событий), имеющий ценные уникальные особенности [3]. Указанные особенности раскрываются путем конструирования для любого объекта собственного локального пространства признаков и нахождения индивидуальной меры, определяющих иерархию его сходства с другими объектами, релевантную заданному контексту.

Индивидуально сконструированные локальные метрики обеспечивают каждому объекту как представителю своего класса максимально возможную «сферу действия», которой нельзя достигнуть при построении общего пространства признаков и использовании одинаковой метрики для всех объектов. Описание каждого эмпирического факта оказывается полностью избавленным от неинформативных элементов, что позволяет в дальнейшем иметь дело с чистыми «незашумленными» структурами данных. В этом описании остается только то, что действительно важно для отражения сходства и различия эмпирического факта с другими фактами в контексте решаемой задачи.

В свете представлений о контекстно-зависимых локальных метриках очевидно, что один и тот же объект может поворачиваться разными гранями своего многомерного описания сообразно заданному контексту. К любому объекту, запечатленному в памяти как целостная многомерная структура, «привязан» набор различных локальных метрик, каждая из которых оптимизирует иерархию его сходства (различия) с другими объектами соответственно целям определенной задачи отражения отношений между объектами реального или идеального мира.

Практический пример

В качестве иллюстрации положения о контекстно-зависимых локальных метриках приведем фрагмент результатов решения задачи распознавания транспортных средств по их силуэтам в информационно-аналитической системе безопасности объекта. Экспериментальный материал взят из репозитория данных UCI (UCI Machine Learning Repository), один из вариантов решения данной задачи описан в работе [7].

Применение напрямую метода k -БС приводит к удовлетворительным, но не самым лучшим, по сравнению, в частности, с методом «случайный лес» (random forest), результатам. При этом увеличение числа ближайших соседей k только ухудшает точность классификации транспортных средств. Этот феномен хорошо объясняется, если рассмотреть диаграмму рассеяния расстояний от какого-либо объекта до всех остальных объектов выборки. Приведем такую диаграмму, например, для объекта № 152, относящегося к классу легковых автомобилей (рис. 2).

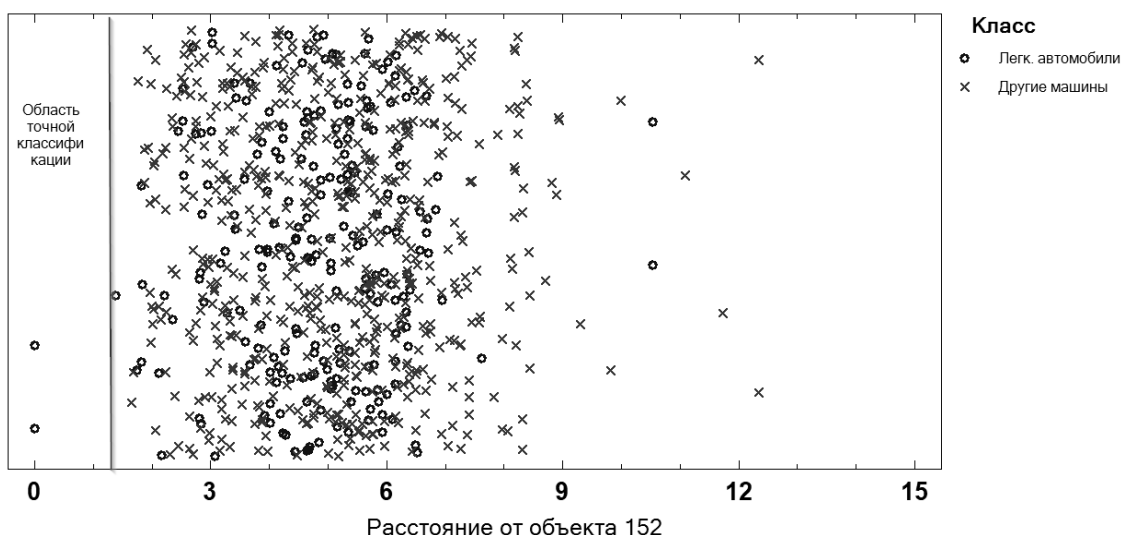


Рис. 2. Диаграмма рассеяния расстояний объектов выборки до объекта 152 в исходном пространстве признаков

Как следует из рис. 2, в исходном 18-мерном пространстве признаков к выбранному объекту 152 лишь первый ближайший сосед попадает в область точной классификации

класса «легковые автомобили». Далее по мере увеличения номера ближайшего соседа разные классы фактически «перемешаны», встречаются с сопоставимыми значениями вероятностей. Аналогичная картина наблюдается и для других объектов выборки.

Для конструирования локальной метрики могут применяться различные критерии и алгоритмы, рассмотрение которых выходит за рамки настоящей статьи. В данном случае в качестве критерия оптимальности локальной метрики использовалась площадь под концентрированной кривой ошибок (Concentrated Receiver Operating Characteristic – CROC) [8], для алгоритма поиска взвешенной метрики Хэмминга.

В результате построения локальной взвешенной метрики для объекта № 152 из 18 исходных признаков эффективными оказались только два признака – x_3 с весом 2,1 и x_5 , взятый с весом 4,8. Диаграмма рассеяния расстояния объектов выборки до объекта 152 в его собственном локальном пространстве приведена на рис. 3.

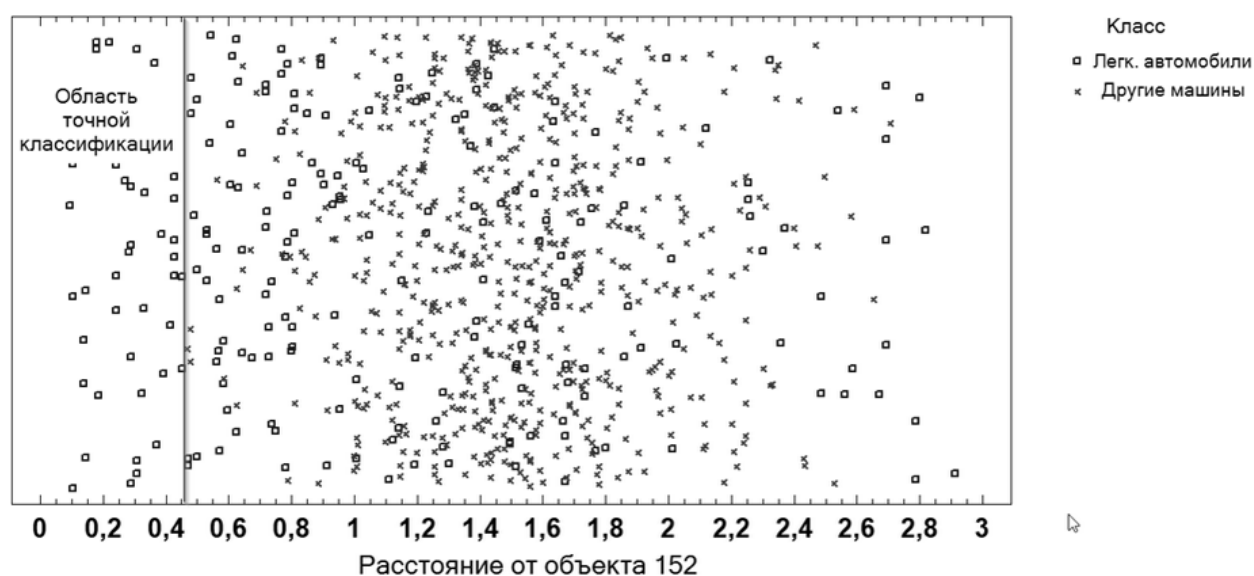


Рис. 3. Диаграмма рассеяния расстояний объектов выборки до объекта 152 в его собственном локальном пространстве

Из рис. 3 видно, что область точной классификации класса «легковые автомобили» существенно расширилась. Если раньше в исходном пространстве признаков в эту область попадал всего один объект, то теперь в локальном оптимизированном пространстве сюда вошло 43 объекта. Аналогичным образом можно расширить «сферу действия» других объектов выборки, построив для них собственные локальные метрики. Очевидно, что при таком подходе устраняется основной недостаток экстенсionalного метода k -БС (необходимость хранить в памяти всю обучающую выборку), не затрагивая при этом его преимуществ. В этом подходе, основанном на построении собственных локальных метрик для объектов выборки, видно основную перспективу развития экстенсionalных методов в машинном обучении информационно-аналитических систем безопасности.

Экстенсionalные методы машинного обучения обладают рядом неоспоримых достоинств. Это строго доказанная асимптотическая точность в задачах классификации данных, свобода от априорных предположений о структуре данных, устойчивость к аномальным выбросам, интерпретируемость и др. Вместе с тем основной проблемой использования наиболее популярного экстенсionalного метода k -БС является необходимость хранить в памяти всю обучающую выборку. Данная проблема получает свое разрешение путем формирования для объектов выборки собственных контекстно-зависимых локальных метрик, существенно расширяющих «сферу действия» объектов как представителей своего класса. При таком подходе модели машинного обучения

информационно-аналитических систем безопасности, основанные на экстенциональном подходе, представляют собой ансамбли относительно небольшого числа объектов с привязанными к ним собственными оптимизированными метриками. В этом видно основную перспективу развития экстенциональных методов. Вместе с тем для эффективной реализации данного подхода необходимо дополнительно решать задачи выбора критериев и способов построения контекстно-зависимых локальных метрик, методов формирования композиций объектов-прецедентов по матрицам близости с нарушением метрических отношений и разработки быстрых алгоритмов поиска ближайших объектов. Указанные задачи являются предметом дальнейших исследований авторов.

Литература

1. Флегонтов А.В., Дюк В.А., Фомина И.К. Мягкие знания и нечеткая системология гуманитарных областей // Программные продукты и системы. 2008. № 3. С. 88–92.
2. Domingos P. The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World. New York: Basic Books, 2015.
3. Дюк В.А. Компьютерная психодиагностика. СПб.: Братство, 1994.
4. Журавлев Ю.И., Никифоров В.В. Алгоритмы распознавания, основанные на вычислении оценок // Кибернетика. 1971. С. 1–11.
5. Cover T., Hart P. Nearest neighbour pattern classification // IEEE Trans. Inform. Theory. V. IT-13. 1967. P. 21–27.
6. Duda R.O., Hart P.E. Pattern classification and scene analysis, Wiley, New York, 1973.
7. Дюк В.А., Малыгин И.Г. Сравнение алгоритмов распознавания типов транспортных средств по параметрам их силуэтов // Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 4 (42). Т. 4. С. 107–201.
8. Swamidass S.J., Azencott C., Daily K., Baldi P. A CROC stronger than ROC: measuring, visualizing and optimizing early retrieval // Bioinformatics. 2010. 26 (10): 1348–1356.

References

1. Flegontov A.V., Dyuk V.A., Fomina I.K. Myagkie znaniya i nechetkaya sistemologiya gumanitarnykh oblastej // Programmnye produkty i sistemy. 2008. № 3. S. 88–92.
2. Domingos P. The Master Algorithm: How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World. New York: Basic Books, 2015.
3. Dyuk V.A. Komp'yuternaya psihodiagnostika. SPb.: Bratstvo, 1994.
4. Zhuravlev Yu.I., Nikiforov V.V. Algoritmy raspoznavaniya, osnovannye na vychislenii ocenok // Kibernetika. 1971. S. 1–11.
5. Cover T., Hart P. Nearest neighbour pattern classification // IEEE Trans. Inform. Theory. V. IT 13. 1967. P. 21–27.
6. Duda R.O., Hart P.E. Pattern classification and scene analysis, Wiley, New York, 1973.
7. Dyuk V.A., Malygin I.G. Sravnenie algoritmov raspoznavaniya tipov transportnykh sredstv po parametram ih siluetov // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 4 (42). T. 4. S. 107–201.
8. Swamidass S.J., Azencott C., Daily K., Baldi P. A CROC stronger than ROC: measuring, visualizing and optimizing early retrieval // Bioinformatics. 2010. 26 (10): 1348–1356.

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЙСТВИЙ СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ

**В.А. Седнев, доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.
Академия ГПС МЧС России.**

А.В. Седнев.

**Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет),
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук.**

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

Рассмотрены частные и обобщенные критерии, характеризующие готовность спасательных подразделений к выполнению возложенных задач, успех их решения в целом, а также роль инженерного обеспечения действий спасательных формирований, что влияет на состав спасательных сил и средств и организацию выполнения задач.

Ключевые слова: инженерное обеспечение действий спасательных формирований, оптимизационные задачи, критерий оптимизации, обобщенный критерий эффективности

METHODS FOR CONSTRUCTING GENERALIZED CRITERIA FOR ENGINEERING PERFORMANCE RESCUE TEAMS' ACTIONS

V.A. Sednev. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.V. Sednev. Moscow state technical university them. N.E. Bauman
(national research university), Institute of Engineering A.A. Blagonravova Russian academy
of sciences.

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

The article considers specific and generalized criteria that characterize the readiness of rescue units to perform assigned tasks, the success of their solution in General, as well as the role of engineering support for rescue units, which affects the composition of rescue forces and means and the organization of tasks.

Keywords: engineering support of the actions of the rescue forces, optimization problems, optimization criterion, a generalized criterion of efficiency

Инженерное обеспечение спасательных формирований охватывает разноплановые задачи [1], такие как: инженерная разведка зоны чрезвычайной ситуации; производство разрушений, устройство проходов в завалах и разрушениях; проведение инженерных мероприятий по тушению пожаров и др.

Под системой инженерного обеспечения действий спасательных сил понимается совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих штатных и приданных инженерных подразделений, других формирований, привлекаемых для выполнения задач инженерного обеспечения и применяемых по единому замыслу, а также имеющихся и создаваемых объектов (систем объектов), используемых в интересах инженерного обеспечения действий спасательных сил.

В качестве критериев эффективности ее функционирования могут быть приняты показатели, характеризующие готовность спасательных инженерных подразделений, повышение их возможностей и возможностей других формирований по выполнению задач инженерного обеспечения, успех их выполнения.

При оценке эффективности инженерного обеспечения действий спасательных формирований возникает необходимость рассмотрения, как правило, нескольких критериев. В этом случае требуется принятие одного из них в качестве главного либо получение некоторого обобщенного критерия, который использовался бы при решении оптимизационных задач.

В случае выбора главного критерия остальные критерии, как правило, рассматриваются в качестве ограничений. Основным недостатком подхода является то, что варианты сравниваются только по одному критерию, а значения других критериев, если они удовлетворяют ограничениям, не учитываются. Достоинство – сравнительная простота построения критерия.

В случае если каждый частный критерий оптимизации может быть выражен функцией ряда параметров, учет частных критериев может быть выполнен следующим образом [1, 2]:

- для каждого частного критерия, предполагая остальные заданными, может быть решена задача оптимизации как задача отыскания условного экстремума функции многих переменных;

- после решения такой задачи для всех частных критериев определяется область рациональных значений параметров, при которых наилучшим образом удовлетворяются требования к рассматриваемой системе.

Ограничения по использованию метода на практике связаны со сложностью явного задания уравнений для частных критериев, а также больших затрат времени на проведение вычислений.

Еще одним методом, учитывающим значения всех оптимизируемых параметров, является метод «формирования критерия предпочтения», согласно которому:

- из совокупности частных показателей выбирается один, который рассматривается как основная функция цели (главный критерий) – y_1 ;

- по выбранному критерию производится оптимизация системы при учёте только ее функциональных ограничений. При этом определяются не только экстремальные значения y_1 и соответствующие значения параметров оптимизации, но и величины других рабочих показателей, которые рассматриваются в качестве неосновных функций цели;

- вводится некоторая уступка Δy_1 по основному показателю и система оптимизируется поочерёдно по всем неосновным функциям цели при условии, что ограничения на другие критерии, кроме основного, не принимаются во внимание. Определяются лучшее $y_j^{\max}$ и худшее значения $y_j^{\min}$ каждого неосновного критерия и соответствующие им значения параметров оптимизации;

- результаты, полученные на предыдущем шаге, используются для нормирования неосновных критериев. Вводится функция принадлежности $\mu(y_j)$, определяющая изменение j -го критерия в интервале от худшего до лучшего. В первом приближении можно говорить о линейной функции $\mu(y_j)$:

$$\mu(y_j) = \frac{y_j - y_j^{\min}}{y_j^{\max} - y_j^{\min}},$$

где y_j – некоторое промежуточное (текущее) значение j критерия.

После определения всех функций принадлежности для всей совокупности неосновных критериев вводится общая функция принадлежности:

$$\mu(y) = \min(\mu(y_2), \dots, \mu(y_m)),$$

которая позволяет получать результаты по любому критерию не ниже наперед заданного уровня, если этот уровень достижим в конкретных условиях.

Для сопоставления основного критерия оптимальности и функции принадлежности, объединяющей неосновные критерии, вводится функция принадлежности по всем критериям.

При этом лучшее значение основного критерия получается в результате частной оптимизации, а в качестве худшего значения принимается уровень, ухудшенный по отношению Y_1 на величину уступки.

Функция принадлежности представляется в виде:

$$\mu(y) = \min(\mu(y_1), \mu(y_2), \dots, \mu(y_m))$$

и осуществляется поиск варианта проекта, удовлетворяющего условию:

$$\mu(y) = \max_{x^* \in S} \min(\mu(y_1), \mu(y_2), \dots, \mu(y_m)).$$

При этом найденный вариант X^* должен находиться в области допустимых значений параметра оптимизации S .

Изложенная последовательность вычислений может быть выполнена несколько раз для различных значений Δy_1 , при этом оценивается влияние уступки на конечный результат оптимизации.

Необходимость проведения большого объема вычислений для получения конечного результата ограничивает использование метода на практике.

Введение обобщенного критерия эффективности также должно соответствовать главной цели действий, характеризовать, как правило, конечный результат, успех решения задачи в целом. Задачу построения обобщенного критерия эффективности по частным критериям эффективности можно сформулировать как задачу построения функции:

$$K = \varphi(K_1, K_2, K_3, \dots, K_n),$$

где $K_1, \dots, K_n$ – частные критерии.

Наиболее распространены случаи построения этой функции на основе аддитивных (суммирование) и мультипликативных (умножение) преобразований:

$$K = \sum_{i=1}^N b_i \cdot K_i; \quad (1)$$

$$K = \prod_{i=1}^N K_i^{\lambda_i}; \quad (2)$$

$$K = \left(\prod_{i=1}^N b_i \cdot K_i \right)^{1/N}. \quad (3)$$

Применительно к процессам инженерного обеспечения действий спасательных формирований наибольшее распространение имеет соотношение (1).

Так, например, если вероятность сохранения сооружения i -го типа обозначить через q_i , а через K_i – их количество, то математическое ожидание числа сохранившихся сооружений может быть определено по формуле вида:

$$Q = \sum_{i=1}^N K_i q_i, \quad (4)$$

то есть по соотношению вида (1).

Значения q_i в этом случае следует рассматривать как частные критерии, а величину Q , как обобщенный критерий эффективности.

Живучесть спасательных формирований, оцениваемая по величине сохраняющегося их потенциала, также вычисляется по формуле вида (1).

Соотношение (2) чаще применяется для получения обобщенного показателя надежности технических средств и систем при последовательном (без дублирования) соединении элементов.

Построение обобщенного критерия эффективности осуществляется на основе оценки «расстояния» между показателями эффективности оптимальных $K_i^o, i = 1, n$ и оцениваемых K_i решений:

а) на основе суммы абсолютных отклонений:

$$K = \sum_{i=1}^N |K_i^o - K_i|; \quad (5)$$

б) на основе суммы относительных отклонений:

$$K = \sum_{i=1}^N \left| \frac{K_i^o - K_i}{K_i^o} \right|; \quad (6)$$

в) на основе среднеквадратического отклонения:

$$K = \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{K_i^o - K_i}{K_i^o} \right)^2 \right]^{1/2}. \quad (7)$$

В формулах вида (5–7) величина K_i^o может рассматриваться также как требуемое значение частного критерия эффективности.

Это может быть требуемый темп подготовки пути, требуемая живучесть спасательных подразделений, объектов;

г) на основе наибольшего абсолютного отклонения от оптимального:

$$K = \max_i |K_i^o - K_i|; \quad (8)$$

д) на основе наибольшего относительного отклонения от оптимального:

$$K = \max_i \left| \frac{K_i^o - K_i}{K_i^o} \right|; \quad (9)$$

е) на основе наибольшего «расстояния» между оптимальным и оцениваемым решением с учетом коэффициента оперативно-тактической значимости частной задачи:

$$K = \max_i \left| \frac{K_i^o - K_i}{K_i^o} \cdot \omega_i \right|, \quad (10)$$

где ω_i – коэффициент тактической значимости i задачи, а, если в качестве показателя эффективности частной задачи выступает время ее выполнения T_i , то, по аналогии с формулой (10), в качестве обобщенного критерия эффективности может быть принята величина:

$$K = \max_i \left(\frac{T_i - T_i^o}{T_i^o} \cdot \omega_i \right), \quad (11)$$

где T_i^o – требуемое время выполнения i задачи.

Один из таких методов – метод оценки эффективности по эффективности «системы-эталона», использующий обобщенный критерий на основе относительных отклонений частных критериев различной размерности.

Под «системой-эталон» понимается оптимальная, идеально функционирующая система, которой соответствует вектор $(y_1^{(0)}, y_2^{(0)}, \dots, y_n^{(0)})$, где компонентами являются максимальные значения для максимизируемых и минимальные значения для минимизируемых оцениваемых параметров. В этом случае обобщенный критерий может быть сформулирован в виде:

– суммы относительных отклонений для частных критериев различной размерности:

$$K = \sum_{i=1}^m \frac{y_i^{(0)} - y_i}{y_i^{(0)} - y_i^{\min}} + \sum_{i=m+1}^n \frac{y_i - y_i^{(0)}}{y_i^{\max} - y_i^{(0)}},$$

где y_i ($i=1 \dots m$) – параметры системы, подлежащие максимизации; y_i ($i=m+1 \dots n$) – параметры системы, подлежащие минимизации; $y_i^{\min}$, $y_i^{\max}$ – наименьшие значения для максимизируемых и наибольшее для минимизируемых параметров оптимальности по всему множеству вариантов;

– или наибольшего абсолютного отклонения от идеального для каждого из параметров:

$$K = \max \left(\frac{y_i^{(0)} - y_i}{y_i^{(0)} - y_i^{\min}}, \frac{y_j - y_j^{(0)}}{y_j^{\max} - y_j^{(0)}} \right),$$

где $i=1 \dots m$, $j=m+1 \dots n$.

Основным недостатком подхода является невозможность учитывать ценность (полезность) параметров оптимизации y_i , используемых при решении задачи выбора варианта, а также сложность выбора системы-эталона, то есть лучшей из функционирующих систем.

Обобщенные критерии эффективности в оптимизационных задачах, как правило, принимаются в качестве целевых функций.

Наряду с (1–11) возможно построение и других соотношений для определения обобщенных критериев эффективности. Такая необходимость может возникнуть на основе анализа физической сущности рассматриваемых задач.

Для примера применения формул (1) и (10) с целью вычисления обобщенного критерия эффективности инженерного обеспечения переправы через водную преграду

предположим, что в составе первого эшелона переправляются три спасательных подразделения. В качестве частных критериев эффективности примем показатели вида:

$$K_i^\phi = \frac{V_i^\phi}{V_H^o},$$

где V_i^ϕ – возможный (расчетный) темп переправы через водную преграду i спасательным подразделением; V_H^o – темп переправы или требуемый темп.

Полагая в формуле (1) число спасательных подразделений $n=3$, $b_i=1/3$, получим:

$$K^\phi = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 K_i^\phi = \frac{1}{3} \cdot \frac{\sum_{i=1}^3 V_i^\phi}{V_H^o} = \frac{V_{CP}}{V_H^o}.$$

Следовательно, обобщенным показателем эффективности может быть отношение среднего темпа переправы к темпу переправы – V_H^o .

Недостатком критерия является «осреднение» его по частным критериям.

Если расчет выполнить по формуле (10), то:

$$K^\phi = \max \left(\frac{V_H^o - V_i^\phi}{V_H^o} \cdot \omega_i, 0 \right),$$

где ω_i – коэффициент, учитывающий на каком направлении – главном или другом – осуществляет переправу через водную преграду i спасательное подразделение; ноль в скобках показывает, что нецелесообразно рассматривать варианты, при которых $V_i^\phi > V_H^o$.

При решении оптимизационных задач с целевой функцией вида (10) в качестве оптимального принимается такой вариант распределения сил (средств), при котором наибольшее отклонение по частным критериям будет минимальным. Для большинства задач целесообразно использовать критерии вида (1–11).

Эффективность инженерного обеспечения должна оцениваться в целом по влиянию на выполнение задач спасательными формированиями, то есть по конечному результату в интересах функционирования более общей системы.

Литература

1. Исследование операций: учеб. / Л.А. Егоров [и др.]; под ред. Б.Н. Юркова. М.: Военно-инженерная академия, 1990. 529 с.
2. Чуев Ю.В. Исследование операций в военном деле. М.: Воениздат, 1970. 256 с.

References

1. Issledovanie operacij: ucheb. / L.A. Egorov [i dr.]; pod red. B.N. Yurkova. M.: Voenno-inzhenernaya akademiya, 1990. 529 s.
2. Chuev Yu.V. Issledovanie operacij v voennom dele. M.: Voenizdat, 1970. 256 s.

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ПРОТОКОЛА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ IP-ТЕЛЕФОНИИ

А.Б. Маховиков, кандидат технических наук, доцент;

К.В. Матрохина.

Санкт-Петербургский горный университет.

Е.Н. Трофимец, кандидат педагогических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрен оригинальный протокол защищенной передачи информации для организации IP-телефонии в корпоративных системах связи. Проведен анализ известных используемых протоколов защиты информации в IP-телефонии, выявлены их достоинства и недостатки. Дано описание процесса установления соединения, передачи текстовых сообщений и голосовой связи на основе разработанного протокола, обоснованы его практическая значимость и целесообразность внедрения.

Ключевые слова: корпоративная сеть, IP-телефония, протокол передачи информации, шифрование, управление данными

TO THE DEVELOPMENT OF THE INFORMATION PROTECTION PROTOCOL IN CORPORATE IP TELEPHONY SYSTEMS

A.B. Makhovikov; K.V. Matrokhina. Saint-Petersburg mining university.

E.N. Trofimets. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCON of Russia

The paper considers the protocol of secure information transfer for the corporate IP-telephony system. The article analyzes the advantages and disadvantages of the known protocols used. The description of the process of establishing a connection, sending text messages and voice communication in the developed protocol is given. Its practical significance and expediency of use are described.

Keywords: corporate network, IP-telephony, information transfer protocol, encryption, data management

В настоящее время мессенджеры стали неотъемлемой частью нашей жизни. Они используются для совершения звонков и видеоконференций, отправки текстовых и голосовых сообщений. Однако в корпоративном секторе популярные мессенджеры в качестве инструментов IP-телефонии используются достаточно редко. Причина данного обстоятельства состоит в том, что серверы, на которых хранится вся передаваемая информация, принадлежат компаниям-разработчикам, следствием чего является возникновение потенциальной угрозы конфиденциальности корпоративной информации.

Таким образом, актуальной является задача разработки системы, в которой была бы реализована идея объединения использования типовых клиентских приложений, установленных на смартфонах сотрудников, с технологией обработки передаваемой информации на собственном корпоративном сервере. Одним из основных элементов такой системы является протокол передачи данных, который должен обеспечивать гарантированную защиту от возможной утечки конфиденциальной информации.

Используемые протоколы защиты информации в IP-телефонии

Обеспечение безопасности передаваемой информации является одной из важнейших задач любой современной технологии связи, в том числе и IP-телефонии. В данных технологиях реализованы методы, направленные на предотвращение ряда угроз, возникающих при передаче данных по каналам связи: sniffing, перехват и манипулирование данными, подмена и взлом пользовательских данных, ограничение доступности. Обсуждению данных проблем посвящены работы Б.С. Гольдштейна [1], А.В. Рослякова [2], Г.С. Казиева [3], А.В. Пролетарского [4] и других авторов.

В настоящее время в корпоративном секторе для организации IP-телефонии, видео и аудиоконференций, передачи мгновенных сообщений обычно используются SIP-сервера (рис. 1). При этом следует отметить, что для организации IP-телефонии вместо типовых приложений для смартфонов используются IP-телефоны.



Рис. 1. Пример организации корпоративной системы связи на базе протокола SIP

Для обеспечения защиты информации при её передаче в рассматриваемой сети используются три вида протоколов:

- протоколы защиты медиаинформации (SRTP);
- протоколы генерации/распределения ключей для протоколов защиты медиаинформации (ZRTP);
- протоколы защиты сигнализации (SIP) [5].

Вышеупомянутые протоколы имеют недостатки, а значит не могут гарантировать комплексной защиты информации. Протокол TLS использует одинаковый набор ключей (открытого и закрытого) для аутентификации сервера и для обмена ключами протокола SRTP.

Протокол ZRTP использует некриптостойкие ключи для шифрования.

В связи с этим для создаваемой корпоративной системы IP-телефонии было принято решение разработать собственный протокол защищенной передачи информации.

Система включает в себя серверное приложение для операционных систем CentOS или MS Windows, приложение под MS Windows для администрирования системы и клиентские приложения для смартфонов под управлением операционных систем Google Android и Apple iOS, размещенные, соответственно, в Google Play и AppStore. Принципиальная система представлена на рис. 2.

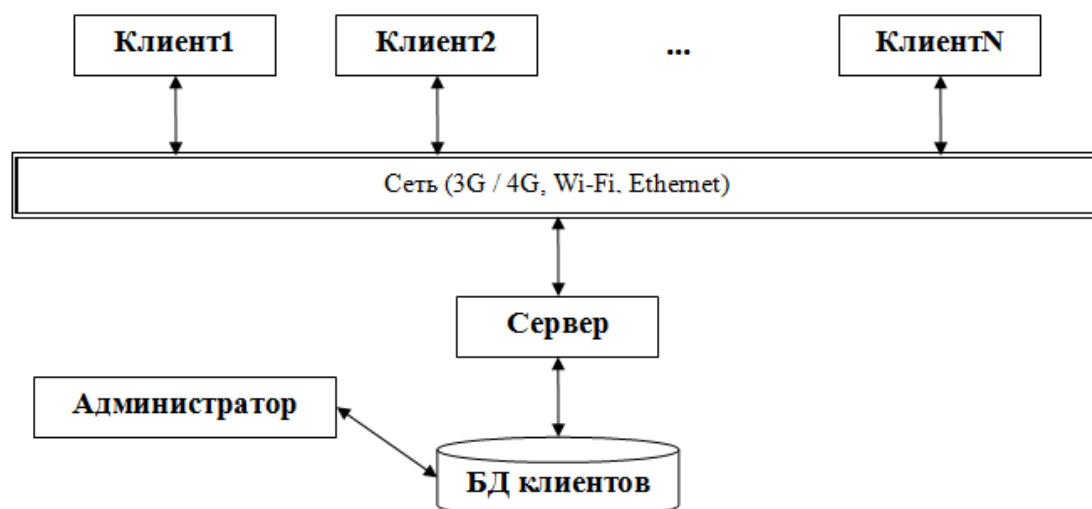


Рис. 2. Структурная схема системы (БД – база данных)

Сервер является центральным элементом комплекса и в процессе своего функционирования взаимодействует со всеми остальными элементами по защищенным каналам связи. Базовые и сеансовые ключи генерируются при установке или переустановке сервера.

Сервер является приложением для операционных системы CentOS или MS Windows. Основными функциями сервера являются:

- хранение основных ключей;
- хранение сведений о сотрудниках компании и их смартфонах;
- обеспечение авторизации клиентов;
- обеспечение клиентов списками контактов;
- установление и разрыв соединения между клиентами;
- генерация базовых и сеансовых ключей.

Структурная схема сервера представлена на рис. 3.

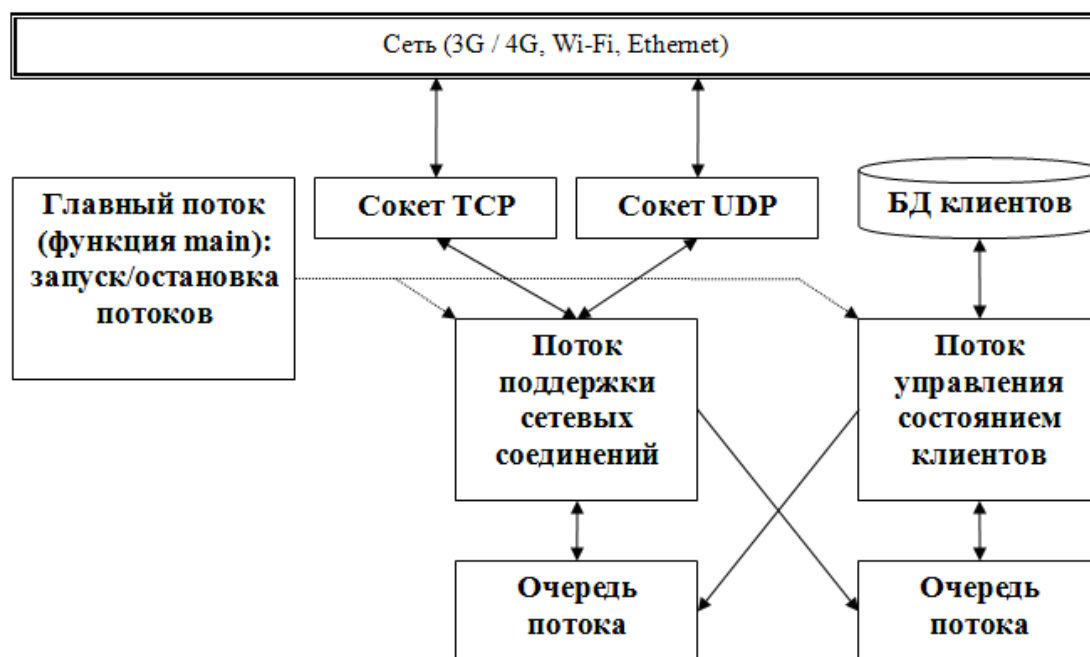


Рис. 3. Структурная схема сервера

Клиент представляет собой приложение для смартфонов под управлением операционных систем Google Android, Apple iOS. Ядро системы для Google Android написано Java Native Interface и Си, для Apple iOS на Object Си и Си.

Основными функциями клиента являются:

- осуществление звонков;
- передача текстовых сообщений;
- обмен файлами между абонентами сети.

Структурная схема клиента представлена на рис. 4.

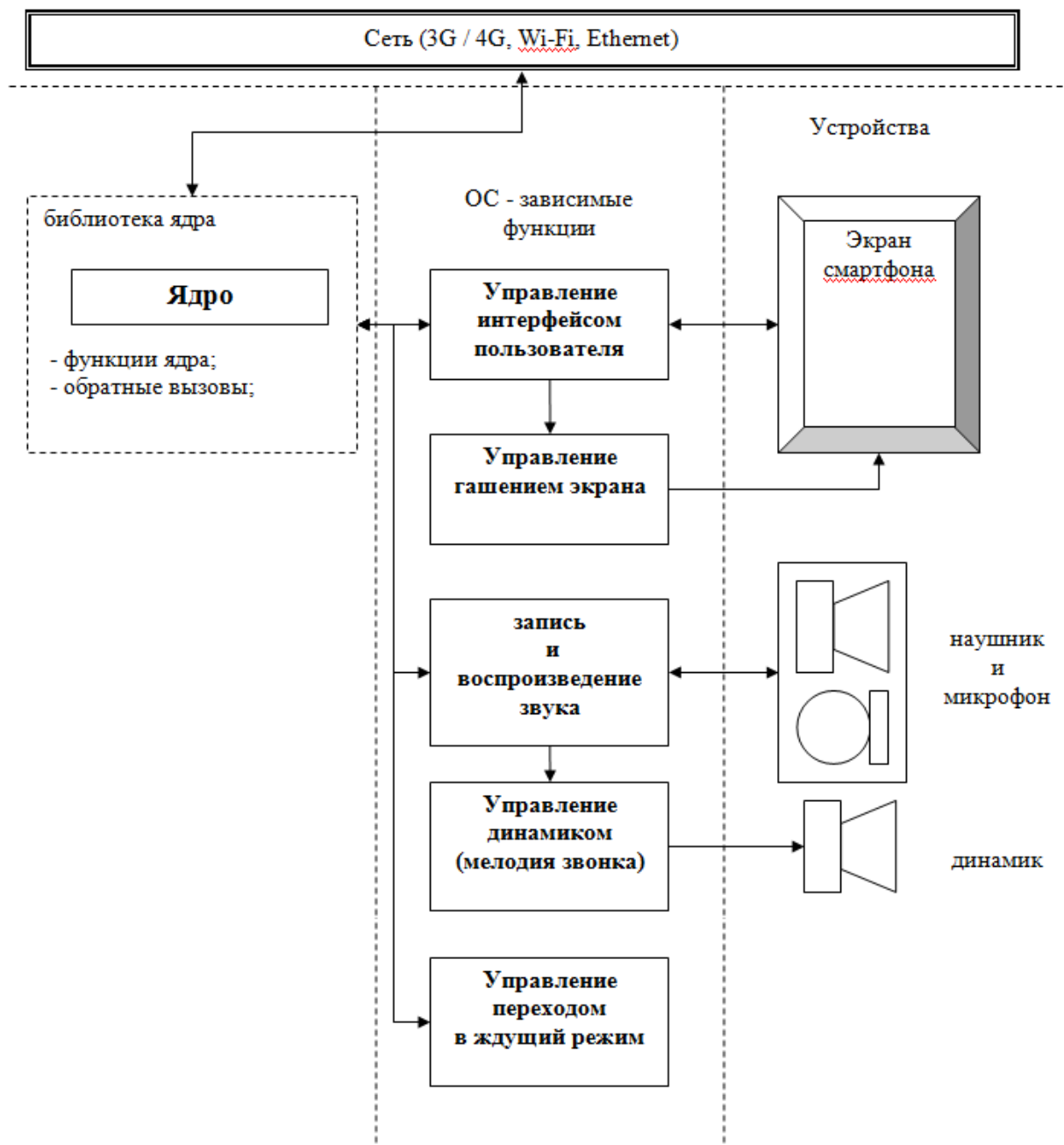


Рис. 4. Структурная схема клиента

Так как разрабатываемая система связи является корпоративной, то существует принципиальная возможность настройки абонентских смартфонов непосредственно в офисе компании. В ходе этой настройки в клиентские приложения вводятся базовые ключи

шифрования, которые, таким образом, не нужно передавать по каналам связи. Это означает возможность применения только алгоритмов симметричного шифрования, которые, по сравнению с ассиметричными алгоритмами, отличаются большей криптостойкостью при меньшей длине ключа и меньшими вычислительными затратами. Одним из лучших таких алгоритмов считается российский ГОСТ 28147–89. Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования [6].

Далее описаны процессы, которые осуществляются на основе разработанного протокола, на базе ГОСТ 28147–89 в разработанной системе.

Описание функций разработанного протокола

Авторизация. После запуска клиент переходит в состояние «соединяюсь» и по известным IP-адресу и порту устанавливает TCP-соединение с сервером. В случае успешного соединения сервер переходит в состояние «ожидая авторизацию», а клиент переходит в состояние «авторизуюсь» и направляет пакет со своим идентификатором и двумя сгенерированными числами, которые являются половиной идентификатора сессии и сессионного ключа. Пакет зашифрован с помощью базового ключа клиента. Если совпадают первые половины идентификатора сессии и сессионного ключа, то авторизация считается успешной.

После успешной авторизации клиент начинает периодически «пинговать» сервер. В каждом зашифрованном пинг-пакете, а также во всех пакетах, передаваемых с клиента, содержится уникальный идентификатор подключения, который использовался при авторизации. IP-адрес и порт клиента запоминаются сервером. Если в течение определенного интервала времени пинг-пакеты не приходят, то авторизация данного клиента пропадает. Дополнительно отключение клиента возможно путем отправки специального сообщения. Как только сервер получает пакет с сообщением об успешной авторизации, он отправляет клиенту список абонентов.

Поддержание канала. Для поддержания канала в активном состоянии клиент через определенные промежутки времени отправляет на сервер «пинг-пакеты». Сервер на них отвечает и определяет время, когда поступил последний пакет, если превышено допустимое время ожидания, то сервер разрывает соединение.

Клиент также непрерывно измеряет время, прошедшее с момента прихода последнего пинг-пакета от сервера, и в случае превышения допустимого его значения (то есть в случае «молчания» сервера), разрывает соединение и предпринимает попытку снова осуществить авторизацию. Попытки авторизации производятся клиентом через равные промежутки времени в бесконечном цикле. При этом абонент имеет возможность в любое время завершить работу клиента. На рис. 5 представлена диаграмма, отражающая функции «Авторизовать и поддерживать соединение».

Передача текстовых сообщений. Для обмена текстовыми сообщениями клиент-отправитель создает у себя сессию sms-структуру данных, содержащую идентификатор клиента-адресата, тип сессии («sms») и информацию об отправленных и принятых сообщениях, включающую текст, время отправки, время жизни, статус («отправлено», «доставлено», «прочитано») и время последнего изменения статуса. Клиент-отправитель с заданной периодичностью просматривает сессию и удаляет из нее сообщения, время жизни которых истекло.

Для отправки сообщения клиент-отправитель формирует пакет «sms», включающий идентификаторы клиента-отправителя, клиента-адресата, сообщения, содержимое сообщения, время жизни и время его создания. Этот пакет шифруется сессионным ключом и отправляется на сервер. Статус сообщения устанавливается равным «отправлено» и в сессию заносится время отправки. Сервер расшифровывает пакет, изымает оттуда идентификатор клиента-адресата, перешифровывает пакет его сессионным ключом и пересылает его ему.

Клиент-адресат расшифровывает пакет, и, если он еще не обменивался сообщениями с данным клиентом-отправителем, то создает сессию, содержащую идентификатор клиента-отправителя и тип сессии («смс»). Содержимое сообщения, время жизни и время его создания, идентификатор сообщения заносятся в сессию. Статус сообщения устанавливается равным «доставлено», время изменения статуса равным текущему времени, и на сервер отправляется пакет «подтверждение смс», содержащий идентификаторы клиента-адресата, клиента-отправителя, сообщения, его статус «доставлено» и время доставки. После прочтения сообщения абонентом статус меняется на «просмотрено» и на сервер посылается пакет со статусом «просмотрено» и временем просмотра. Пакеты «подтверждение смс» шифруются сессионным ключом клиента-адресата.

Сервер расшифровывает пакет, изымает оттуда идентификатор клиента-отправителя, перешифровывает пакет его сессионным ключом и пересылает его ему.

При получении пакета «подтверждение смс» клиент-отправитель заносит в сессию статус сообщения и время изменения статуса.

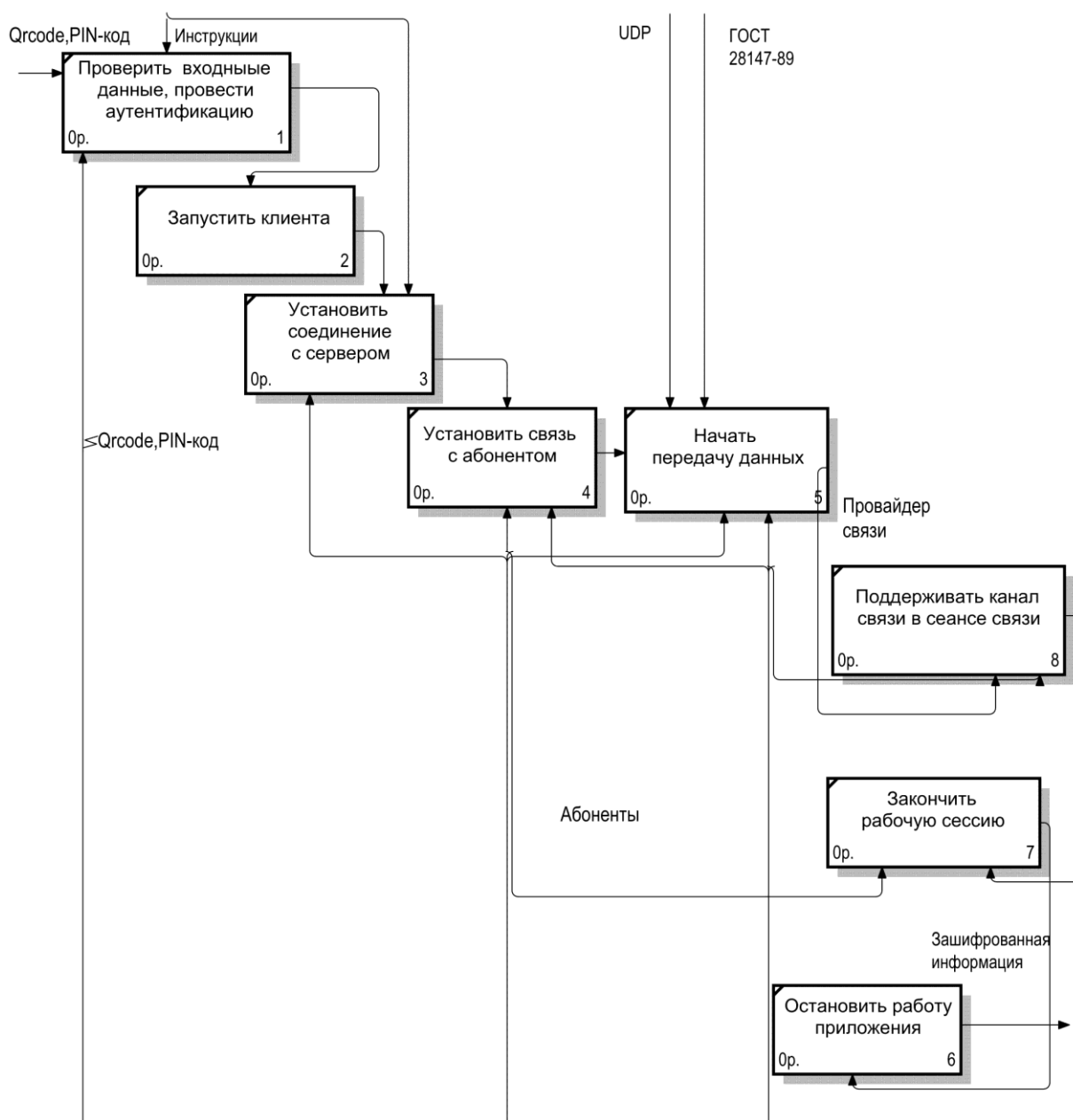


Рис. 5. Диаграмма декомпозиции «Авторизовать и поддерживать соединение»

Звонок. Клиент-инициатор организывает у себя сессию звонка (вызывая абонента) – структуру данных, содержащую идентификатор клиента-адресата, тип сессии («звонок»), состояние сессии («ожидая ответ») и идентификатор сессии клиента-инициатора. Также он генерирует сеансовый ключ.

Далее клиент-инициатор передает серверу пакет «старт», содержащий тип сессии («звонок»), идентификаторы сессии клиента-инициатора, клиента-адресата, клиента-адресата и сеансовый ключ. Этот пакет зашифрован сеансовым ключом.

При получении стартового пакета сервер инициирует у себя сессию звонка, используя информацию из него. Более того, сервер генерирует идентификатор сессии клиента-адресата. Далее он отправляет клиенту-адресату пакет «старт», содержащий тип сессии («звонок»), идентификаторы сессии клиентов и сеансовый ключ.

Получив стартовый пакет, клиент-адресат уведомляет абонента о входящем звонке.

Сессия переводится в состояние «разговор» в случае, если входящий звонок принят.

Далее клиенты отправляют на сервер короткие UDP-пакеты. Данные пакеты зашифрованы сеансовым ключом. Роль сервера состоит в перенаправлении пакетов между клиентом-инициатором и клиентом-адресатом. Как только будут получены UDP пакеты, сессия переходит в рабочее состояние, и она передает голосовые пакеты на сервер. Пакеты зашифрованы сеансовым ключом.

Если один из клиентов не отвечает в течение определенного времени на звонок, то другой клиент (взаимодействующий) отправляет серверу пакет «конец связи». Когда сервер получает данный пакет, он удаляет рабочую сессию (рис. 6).

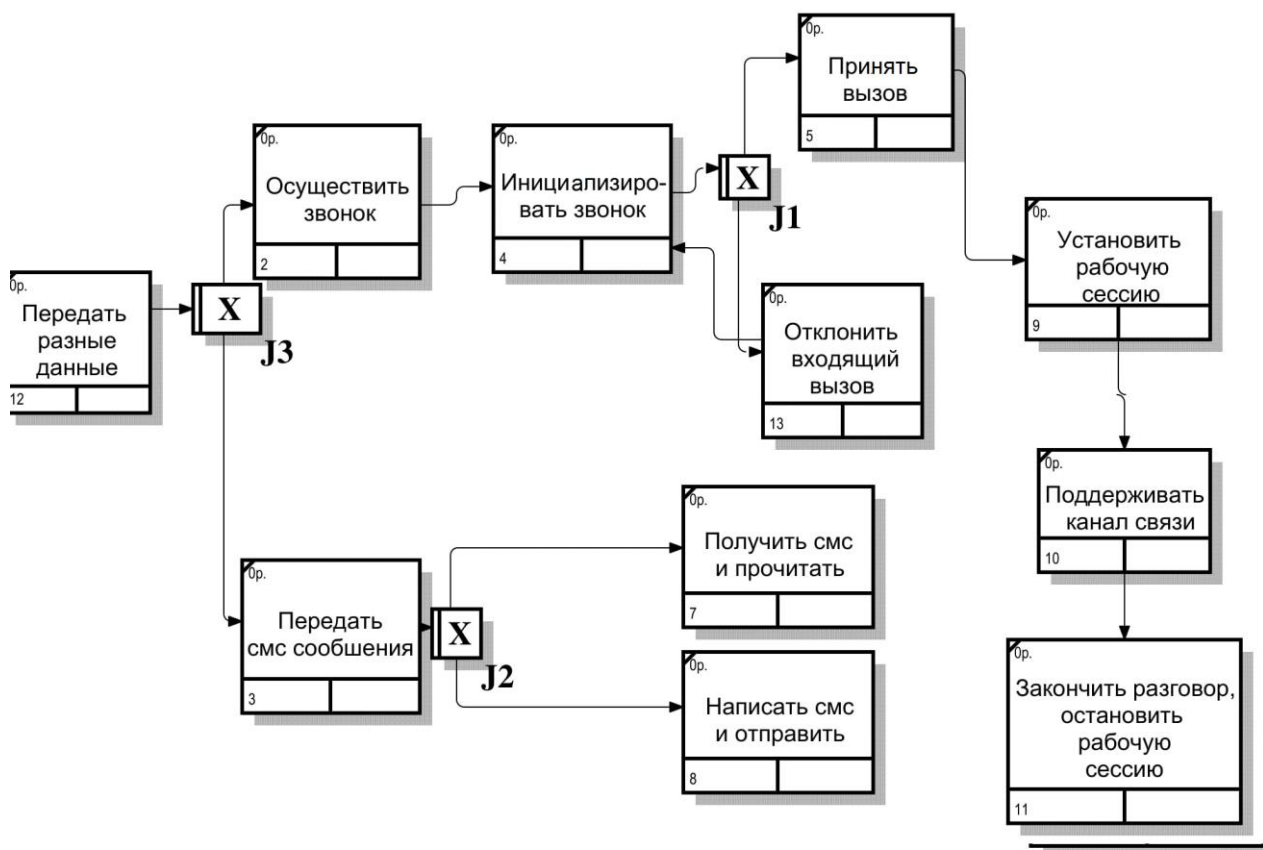


Рис. 6. Декомпозиция блока «Передать данные»

В современном мире информация является одним из ценнейших ресурсов, поэтому ее защита – важная задача. В силу возрастающей популярности IP-телефонии, все острее встает вопрос обеспечения ее безопасности в общем и конфиденциальности разговоров в частности.

Знание основных источников опасности для сетей IP-телефонии, а также понимание методов устранения этих угроз поможет сохранить репутацию и финансовые ресурсы компании.

В данной статье приведено описание функций разработанного защищенного протокола и структурные компоненты системы.

Протокол применен в защищенной корпоративной системе связи Hidden Net, которая прошла тестирование во многих зарубежных и российских компаниях. В результате был сделан вывод, что Hidden Net удобная, надежная система, гарантирующая конфиденциальность информации и целостность данных.

Литература

1. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-Телефония. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. 336 с.
2. Росляков А.В., Самсонов М.Ю., Шibaева И.В. IP-телефония. 2-е изд. М.: Эко-Трендз, 2003. 252 с.
3. Казиева Г.С. IP-телефония и видеосвязь. Алматы: АИЭС, 2007. С. 56.
4. IP-телефония в компьютерных сетях / А.В. Пролетарский [и др.]. 2-е изд., испр. М.: НОУ Интуит, 2015. 226 с.
5. Ковцур М.М. Протоколы обеспечения безопасности IP-телефонии // Первая миля. 2012. Т. 32. № 5. С. 18–27.
6. ГОСТ 28147–89. Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ГОСТ 28147–89](https://ru.wikipedia.org/wiki/ГОСТ_28147–89) (дата обращения: 25.03.2020).

References

1. Gol'dshtejn B.S., Pinchuk A.V., Suhovickij A.L. IP-Telefoniya. SPb.: BHV-Peterburg, 2014. 336 s.
2. Roslyakov A.V., Samsonov M.Yu., Shibaeva I.V. IP-telefoniya. 2-e izd. M.: Eko-Trendz, 2003. 252 s.
3. Kazieva G.S. IP-telefoniya i videosvyaz'. Almaty: AIES, 2007. S. 56.
4. IP-telefoniya v komp'yuternyh setyah / A.V. Proletarskij [i dr.]. 2-e izd., ispr. M.: NOU Intuit, 2015. 226 s.
5. Kovcur M.M. Protokoly obespecheniya bezopasnosti IP-telefonii // Pervaya milya. 2012. T. 32. № 5. S. 18–27.
6. GOST 28147–89. Sistemy obrabotki informacii. Zashchita kriptograficheskaya. Algoritm kriptograficheskogo preobrazovaniya. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/GOST 28147–89](https://ru.wikipedia.org/wiki/GOST_28147–89) (data obrashcheniya: 25.03.2020).

К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ БЕСПИЛОТНОГО ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА МЕТОДОМ КРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА

А.А. Доронина;

Д.А. Поночевный, кандидат экономических наук.

**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики**

Проведен сравнительный анализ беспилотных грузовиков методом критериального анализа, позволяющий количественно и качественно оценить различные модели беспилотных транспортных средств в российских реалиях. Были оценены такие показатели, как мощность транспортного средства, степень его автономности, тип двигателя, грузоподъемность, запас хода, стоимость модели и многие другие. Предметом исследования были выбраны основные характеристики беспилотных грузовиков. Объектом исследования – грузовой беспилотный транспорт. Цель работы заключается в поиске оптимального беспилотного транспортного средства в российских реалиях. В работе поставленная тема решается путём использования современных методов анализа и сбора данных, а также различных методов с использованием моделей на примере искусственного интеллекта, после оценки специфики российского рынка грузоперевозок (метод критериального анализа). В исследовании применяются методы наблюдения, аналитический, структурно-функциональные, системные методы, а также сравнительный анализ. Актуальность работы обусловлена увеличением числа разработок, направленных на внедрение в хозяйственную деятельность беспилотных транспортных средств. В статье представлен процесс оптимизации выбора беспилотного транспортного средства для нужд хозяйствующих субъектов Российской Федерации. На сегодняшний день сущность перевозочного процесса сводится к необходимости подготовки определённого набора данных для их четкого ранжирования и более точной обработки. Проведенное исследование по оценке наиболее оптимального варианта при выборе беспилотного транспортного средства в российских реалиях позволило сделать вывод о том, что российский беспилотный грузовик КамАЗ 5350 проявил себя наилучшим образом при методе критериального анализа. В будущем предполагается активное использование методов искусственных нейронных сетей, генетических алгоритмов, методов нечеткой логики и многих других. Предложенный способ решения задач позволяет в кратчайшие сроки определить наиболее оптимальный вариант согласно поставленной проблеме.

Ключевые слова: беспилотный грузовик, беспилотные транспортные средства, искусственный интеллект, инновации, технологии, метод критериального анализа

TO THE QUESTION OF THE NEED FOR A COMPARATIVE ASSESSMENT OF AN UNMANNED CARGO VEHICLES, USING THE METHOD OF CRITERIAL ANALYSIS

A.A. Doronina; D.A. Ponochevny.

Saint-Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics

A comparative analysis of unmanned trucks, using the criterial analysis method, is carried out, which allows us to quantitatively and qualitatively evaluate various models of unmanned

vehicles in Russian reality. Such indicators as the vehicle's power, its level of autonomy, engine type, load capacity, power reserve, model cost, and many others features. The subject of the study was the method of criteria analysis. The object of the study is an unmanned vehicle. The purpose is to find the optimal unmanned vehicle in Russian realities. Methods: The topic is solved by using modern methods of analysis and data collection, as well as various methods using models based on artificial intelligence, after evaluating the specifics of the Russian cargo transportation market. We use: observation methods, analytical, structural-functional, system methods, and comparative analysis. The relevance of the work is in the fact that the development of artificial intelligence, neural models and systems is gaining all over the world, including Russia. Today, the essence of the transportation process is reduced to the need of preparing a certain set of data for their clear ranking and more accurate processing. Results: The study conducted to evaluate the most optimal option when choosing an unmanned vehicle is that the Russian KAMAZ 5350 unmanned truck is the best in Russian reality when using the criteria analysis method. Practical significance: In the future, it is expected to actively use artificial neural network methods, genetic algorithms, fuzzy logic methods, and many others. The proposed method of solving problems allows us to determine the best option, according to the problem very quickly.

Keywords: unmanned trucks, autonomous vehicles, artificial intelligence, innovations, technologies, method of criterial analysis

В будущем процесс перевозки груза невозможно представить без использования искусственного интеллекта, который предполагает наличие в конструкции автомобиля датчиков (лидары, радары, круиз контроль и т.д.), устройств для обработки данных и принятия решений. Так при организации доставки грузов предполагается активное использование методов искусственных нейронных сетей, генетических алгоритмов, методов нечеткой логики [1]. Актуальность работы обусловлена увеличением числа разработок, направленных на внедрение в хозяйственную деятельность беспилотных транспортных средств. В данной статье представлен процесс оптимизации выбора беспилотного транспортного средства для нужд хозяйствующих субъектов Российской Федерации. На сегодняшний день сущность перевозочного процесса сводится к необходимости подготовки определённого набора данных для их четкого ранжирования и более точной обработки. В будущем предполагается активное использование методов искусственных нейронных сетей, генетических алгоритмов, методов нечеткой логики и многих других.

Сравнение беспилотных грузовиков

Рассмотрим некоторые методы. Особенностью метода искусственных нейронных сетей является выявление качественной обучающей выборки, то есть набора алгоритмов для обработки и получения итоговых значений.

Применение таких методов, как генетические алгоритмы, подразумевает поиск оптимальных решений, основываясь на принципах естественного отбора, путем случайного подбора, комбинирования и вариации различных параметров. Все происходит без анализа причинно-следственных связей, а с итоговым построением целевой функции [2].

Нечеткая логика подразумевает преобразование чётких переменных в нечеткие подмножества для построения четких выходных переменных, подчиняемых правилам, «если..., то...».

Так для искусственного интеллекта характерны все виды сбора и построения моделей, поэтому в работе будут использоваться данные методы построения логических умозаключений.

Основная цель работы заключена в изучении вопроса беспилотных грузовиков, а также проведения сравнительного анализа существующих автономных транспортных средств. Беспилотные транспортные средства способны самостоятельно принимать решения на основе алгоритма при движении в транспортном потоке, будь то движение по прямой или же совершение маневров по пути следования. При этом процесс доставки грузов – это целая

система по организации перевозок и реализации услуг, ориентированных на постоянно меняющийся спрос на транспортную продукцию и получение устойчивой прибыли в условиях жесткой конкуренции.

Для правильного выбора модели при системе организации перевозок необходимо учитывать тенденции изменения транспортной инфраструктуры в целом, оценку сильных и слабых сторон компании и/или конкретного транспортного средства для оценки состояния и перспективы роста. В результате анализа литературных источников авторами были проанализированы базовые характеристики некоторых беспилотных транспортных средств по основным критериям (табл. 1) [3].

Таблица 1. Сравнительная характеристика беспилотных грузовиков

Характеристика	Критерий	Tesla Semi	КамАЗ 5350	MAN TGX	Volvo FL Electric
Мощность, л.с.	max	1032	260	540	252
Время разгона до 100 км/ч, сек.	min	5	35	75	15
Стоимость заправки ¹ (электричество/топливо) на 100 км	min	750	1296	1000	780
Максимальная скорость, км/ч	max	400	100	88	90
Тип двигателя ²	max	2	1	1	2
Запас хода, км	max	800	1000	300	300
Грузоподъемность, тыс. т	max	36	6	18	11
Автономность (0–5)	max	3	2	4	3
Стоимость, тыс. долл.	min	200	215	96	130

¹ Средняя стоимость 1 Квт*ч составляет 6 руб.; 1 л – 48 руб. (на март 2019 г. по Северо-Западу);

² для транспортного средства «2» – обозначаются электромоторы (max), «1» – дизельные двигатели (min)

Далее рассмотрим пример расчета основных характеристик беспилотного грузовика. В табл. 1 представлены основные характеристики исследуемых беспилотных транспортных средств, в частности грузовиков, для оценки и выбора оптимального варианта в российских реалиях. Все данные взяты с официальных источников, для транспортных средств, которые не выпускаются массово, принимаем прогнозируемую цену при выпуске в серийном производстве [3]. В результате анализа выявили критерии (как рассматриваемая характеристика того или иного транспортного средства должна соответствовать минимальному или максимальному значению) для каждого из параметров транспортного средства, исходя из характеристик того или иного беспилотного грузовика.

В связи с тем, что транспортные средства оценивались не только российского происхождения, то в большей степени учитывались географические реалии, а также климатические особенности центральной части России. Поэтому под оптимальными показателями будем понимать те характеристики, которые присущи основным грузоперевозчикам (доставить груз быстрее, с наименьшими издержками по времени и денежных средств) [4].

На основе полученных данных был выполнен расчет оптимального варианта беспилотного транспортного средства в российских реалиях при помощи компьютерных программ, в частности, использовали возможности базовых программных продуктов для работы с электронными таблицами для визуализации и анализа данных.

Для дальнейшего расчёта были определены параметры и распределены транспортные средства по рейтингу (табл. 2). Для начала определили минимальное и максимальное значения, исходя из основных показателей по беспилотным транспортным средствам, указанных в 1 и 2 столбцах табл. 2. Далее были определены интервалы между этими двумя значениями (3 столбец табл. 2). Для расчета интервала между минимальными и максимальными значениями показателей был задействован такой инструмент, как

перцентиль, который дает конкретный результат по заданному параметру из множества значений.

Перцентиль – это сотая доля всего объема совокупности для определения минимальных и максимальных значений интервала, измеряемая в процентах, то есть это такая функция, которая используется для определения порога допустимых значений. В свою очередь, 10-й перцентиль слева (назовем 10 % идеальных), показывает идеальные значения признака, 15-й перцентиль слева (15 % лучших) – наиболее подходящий, а 50-й перцентиль (50 % норма) – это среднее арифметическое (или среднее арифметическое значение признака). Соответственно 15 %-й справа (15 % отстающий) – это наименее подходящее значение, а 10-й перцентиль справа – далекий от идеала признак.

Для дальнейшего расчёта в табл. 2, примем основанные критерии (min/max) по табл. 1, как 0,1/0,9 для 10-процентного перцентиля и 0,75/0,25 для 15-процентного перцентиля, соответственно, для расчёта перцентиля по каждому из показателей характеристик.

Таблица 2. **Определение границ нормы по беспилотным транспортным средствам**

№ п/п	Мах	Мин	Интервал	10 % идеальных	15 % лучших	50 % норма	15 % отстающих	10 % устаревших
1	1032	252	780	954	837	642	447	330
2	75	5	70	12	22,5	40	57,5	68
3	1296	750	546	804,6	886,5	1023	1159,5	1241,4
4	400	88	312	368,8	322	244	166	119,2
5	1	2	1	1,9	1,75	1,5	1,25	1,1
6	1000	300	700	930	825	650	475	370
7	36	6	30	33	28,5	21	13,5	9
8	4	2	2	3,8	3,5	3	2,5	2,2
9	215	96	119	107,9	125,75	155,5	185,25	203,1
10				5	4	3	2	1

Рассмотрим пример расчёта 10 % идеальных показателей по первой характеристике в табл. 1: задаем значения перцентиля от максимального до минимального значения, с порогом анализа в 0,9, так как первая характеристика основывается на максимуме функции. В случае с минимумом функции порог анализа ставится равным 0,1. Остальные значения в 4–7 столбцах рассчитываются аналогично, согласно заданным ограничениям (max/min). Для 15 % лучших показателей для максимума функции устанавливается перцентиль 0,75, а для минимума функции порог отсечения – 0,25. Аналогично для 10 % и 15 % устаревших и отстающих, в зависимости от установленных критериев в табл. 1. В ходе вычислений получаем пороговые значения по каждому критерию по наилучшим и наихудшим показателям рассматриваемых транспортных средств. Так и получаем, что для выбора оптимального варианта по беспилотному грузовику – самый лучший вариант – это 10-й перцентиль слева (10 % идеальных), как и показано в 10 строке табл. 2.

Для определения коэффициентов по каждому из грузовиков расписываем формулу для вычисления на примере максимальной скорости:

If max $U \geq 10$ % идеала, then значение 5;

If max $U \geq 15$ % лучших, then значение 4;

If max $U \geq 15$ % отстающих, then значение 2;

If max $U \geq 10$ % устаревших, then значение 1;

Иначе критерий 3 (50 % норма).

Результаты вычислений представлены в табл. 3.

Для дальнейшего расчёта определили веса по значимости в выборе транспортного средства (табл. 3). Стоимость беспилотного транспортного средства является в меньшем приоритете, так как стоимость чего-то нового и инновационного всегда в разы завышена, поэтому необходимо определять наиболее важные критерии при выборе беспилотного транспортного средства [5].

Таблица 3. Распределения весов по критериям для выбора беспилотного транспортного средства

Характеристика	Tesla Semi	КамАЗ 5350	MAN TGX	Volvo FL Electric	Веса
Мощность, л.с.	5	3	2	3	0,05
Время разгона до 100 км/ч, сек.	3	5	5	5	0,05
Расход топлива (электричества), л (КВт ч) на 100 км	3	5	5	3	0,2
Максимальная скорость, км/ч	5	3	3	3	0,01
Тип двигателя	5	3	3	5	0,2
Запас хода, км	2	5	3	3	0,2
Грузоподъемность, тыс. т	5	3	2	1	0,2
Автономность (0–5)	2	3	5	2	0,1
Стоимость, тыс. долл.	5	5	3	5	0,04
Среднее значение оценок	3,89	3,89	3,44	3,33	1
Занятое место	1	1	3	4	

В данном исследовании при выборе транспортного средства приоритетным являются показатели расхода топлива/электричества [3, с. 265], тип двигателя (из-за активного распространения экономичного потребления и концепция нулевых выбросов), запас хода и грузоподъемность.

По результатам исследования, из полученных данных перемножили получившиеся характеристики на установленные веса. И так же, как и в предыдущем этапе, проранжировали полученные значения для определения занимаемого места при поставленных условиях исследования.

Полученные результаты позволили распределить транспортные средства по рангу в зависимости от приоритетных критериев: стоимость заправки на 100 км, тип двигателя (в приоритете электродвигатели), запас хода транспортного средства, а также его грузоподъемность. Для получения итоговых показателей при выборе грузового беспилотного транспортного средства перемножили рассчитанные критерии на спрогнозированные авторами веса (табл. 4).

Таблица 4. Результаты расчетов по беспилотным грузовикам

Tesla Semi	КамАЗ 5350	MAN TGX	Volvo FL Electric
0,25	0,15	0,1	0,15
0,15	0,25	0,25	0,25
0,6	1	1	0,6
0,05	0,03	0,03	0,03
1	0,6	0,6	1
0,4	1	0,6	0,6
1	0,6	0,4	0,2
0,2	0,3	0,5	0,2
0,2	0,2	0,12	0,2
3,85	4,1	3,6	3,23
2	1	3	4

Из полученных результатов видно, что оптимальным вариантом при выборе беспилотного автомобиля оказался грузовик КамАЗ 5350 российского производства (рис.).

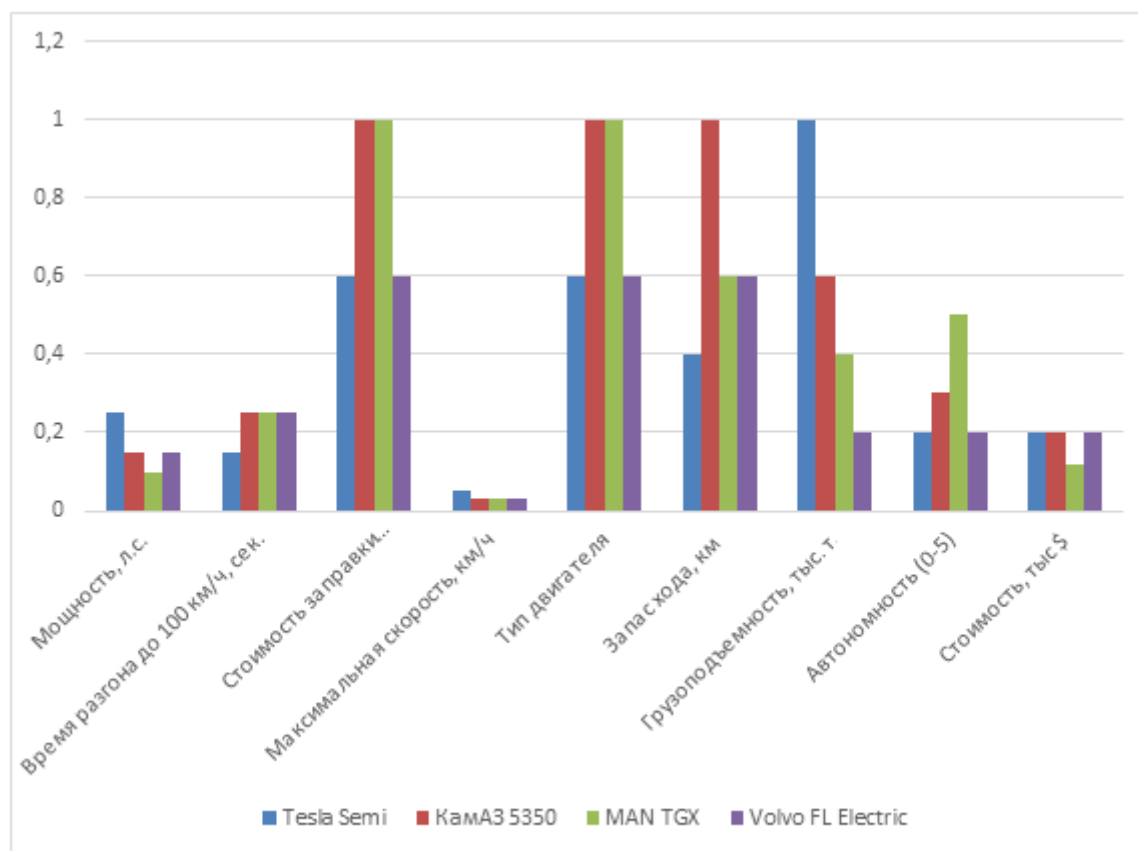


Рис. Распределение беспилотных грузовиков согласно расчётам

Таким образом, проведенное исследование по оценке наиболее оптимального варианта при выборе беспилотного транспортного средства позволило сделать вывод о том, что российский беспилотных грузовик КамАЗ 5350 проявил себя наилучшим образом при методе критериального анализа.

В рамках той проблемы, которую авторы рассмотрели, использовались методы, которые могут быть полезны при проведении исследования в разных областях, не только для выбора транспортного средства.

Предложенный метод (критериального анализа) также возможно скорректировать при появлении новых образцов беспилотного грузового транспорта. В работе представлена основная технология в построении логических заключений. На сегодняшний день были оценены именно существующие лидеры современных беспилотных грузовиков.

Литература

1. Опора России. URL: <http://opora.ru/> (дата обращения: 31.05.2020).
2. Мин М. Как технологии изменят транспорт. URL: <https://www.ucheba.ru/article/2333> (дата обращения: 31.05.2020).
3. Будрина Е.В., Доронина А.А. Обзор электрозаправочных станций для беспилотных транспортных средств в городе Санкт-Петербург // Технологии построения когнитивных транспортных систем: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. СПб.: ИПТ РАН – Санкт-Петербург, 2019. 324 с.
4. Ставничий Ю.А. Транспортные системы городов. М.: Стройиздат, 1980. 220 с.
5. Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ. URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/221869863> (дата обращения: 31.05.2020).

References

1. Opora Rossii. URL: <http://opora.ru/> (data obrashcheniya: 31.05.2020).
2. Min M. Kak tekhnologii izmenyat transport. URL: <https://www.ucheba.ru/article/2333>, (data obrashcheniya: 31.05.2020).
3. Budrina E.V., Doronina A.A. Obzor elektrozapravochnyh stancij dlya bespilotnyh transportnyh sredstv v gorode Sankt-Peterburg // Tekhnologii postroeniya kognitivnyh transportnyh sistem: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. SPb.: IPT RAN – Sankt-Peterburg, 2019. 324 s.
4. Stavnichij Yu.A. Transportnye sistemy gorodov. M.: Strojizdat, 1980. 220 s.
5. Institut statisticheskikh issledovanij i ekonomiki znaniy NIU VSHE. URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/221869863> (data obrashcheniya: 31.05.2020).

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СЛУЧАЙНЫХ ГРАФОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Ф.Л. Шуваев, кандидат технических наук;

М.В. Татарка, кандидат технических наук.

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского

Показаны математические модели случайных графов, принципы формирования и параметры, на основе которых они строятся. Проведено имитационное моделирование, в ходе которого получены оценки характеристик, описывающих графы: диаметра, среднего расстояния пути, транзитивности и коэффициента ассортативности. На базе математического аппарата регрессионного анализа рассчитаны взаимосвязи между собой характеристик графов в соответствующем пространстве параметров. Проведен эмпирический эксперимент, в ходе которого сравнивались характеристики описанных в статье математических моделей и реальной сети.

Ключевые слова: граф, регрессионный анализ, имитационное моделирование, транзитивность, коэффициент ассортативности, диаметр графа, среднее расстояние пути графа

ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODELS OF RANDOM GRAPHS USED IN SIMULATION OF INFORMATION AND COMMUNICATION NETWORKS

F.L. Shuvaev; M.V. Tatarka. Military space academy of A.F. Mozhaysky

Shown are mathematical models of random graphs, principles of formation and the parameters on the basis of which they are built. Simulation conducted during which estimates of the characteristics describing the graphs were obtained: diameter, average distance of the path, transitivity and coefficient of integrity. Based on the mathematical apparatus of the regression analysis, the relationships between the characteristics of the graphs in the corresponding parameter space are calculated. An empirical experiment was conducted, during which the characteristics of the mathematical models described in the article were compared and real network.

Keywords: graph, regression analysis, simulation modeling, transitivity, assortativeness coefficient, graph diameter, average graph path distance

При проектировании информационно-коммуникационных сетей (ИКС), а также для обеспечения их информационной безопасности одним из самых мощных инструментов является имитационное моделирование. По сравнению с другими методами такое моделирование позволяет рассматривать ИКС большой емкости, улучшать качество решений по управлению ресурсом сети и точнее прогнозировать их последствия. При этом базовыми математическими моделями для анализируемых ИКС являются случайные графы. Они дают фундаментальное понимание свойств анализируемых сетей и служат основой для имитационного моделирования. Учитывая высокие темпы развития вычислительных возможностей ЭВМ, среди имитационного моделирования, актуальной задачей становится анализ базовых математических моделей случайных графов, исследование их свойств и возможностей в задачах проектирования и информационной безопасности ИКС.

Теория графов играет огромную роль в фундаментальной и прикладной математике. В сочетании с комбинаторикой, теорией вероятности и современными средствами имитационного моделирования активно развивается подраздел теории графов – случайные графы [1]. Случайные графы позволяют решать прикладные практические задачи в области проектирования сетей связи, социологии и информационной безопасности [2, 3]. Успешное решение таких задач обусловлено более верным осознанием природы сетей, получаемым в результате имитационного моделирования случайных графов. Существует около десяти математических моделей случайных графов, при этом основными для понимания природы сетей являются модель случайного графа Эрдеша-Реньи, модель малого мира Уоттса-Строгатца и свободно масштабируемая модель Барабаши-Альберта. Целью статьи является показать, как модели случайных графов позволяют исследовать структуру ИКС, происходящие в них процессы и служить основой для имитационного моделирования более сложных сетей. Исследуем свойства этих моделей, рассчитав основные характеристики графов: диаметр, транзитивность, среднее расстояние и коэффициент ассортативности.

Модель случайного графа Эрдеша-Реньи

Модель случайного графа Эрдеша-Реньи предложили венгерские математики П. Эрдеш и Э. Реньи. Введем произвольное натуральное число n и рассмотрим множество $V = \{1, \dots, n\}$. Это будет множество вершин случайного графа. Пусть $N = C_n^2$ и $e_1, \dots, e_N$ – возможные ребра, которые можно провести на парах элементов из V . Зададимся некоторой вероятностью $p \in [0, 1]$ и станем выбирать ребра из множества $\{e_1, \dots, e_N\}$ по схеме Бернулли с вероятностью успеха p , то есть в случае успеха вносим очередное ребро в строящееся множество ребер E , а в случае неудачи – не вносим. В результате этих преобразований получаем случайный граф $G = \{V, E\}$, который является случайным графом Эрдеша-Реньи [1, 2].

На рис. 1 представлены два случайных графа, которые имеют фиксированное значение вершин $V = 12$ и ребер $E = 10$, при этом связи между вершинами (ребра) заданы случайно. Эквивалентной является модель, в которой вместо определения количества ребер E устанавливается вероятность появления ребра p .

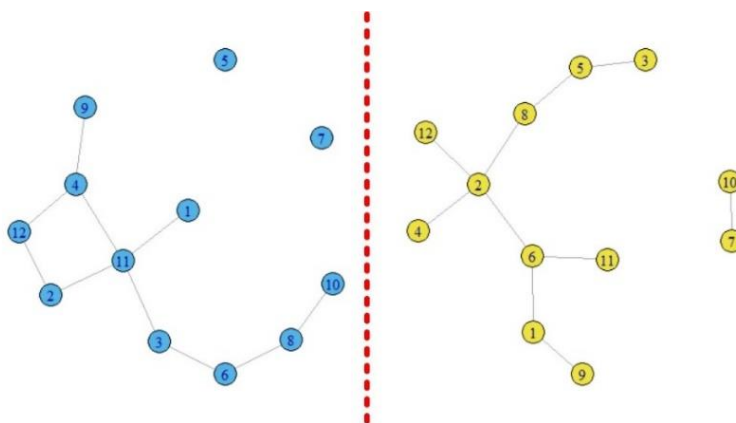


Рис. 1. Два случайных графа $G = \{12, 10\}$

Проведенные исследования [3] говорят о том, что в случае использования такой эквивалентной модели средняя степень случайного графа C зависит от количества его вершин V вероятности появления ребра p и связана соотношением:

$$c = (v-1)p. \quad (1)$$

Исследование свойств случайных графов подразумевает под собой изучение вероятностей основных характеристик графов, таких как: диаметр, транзитивность, среднее расстояние и коэффициент ассортативности [1, 2, 4–6]. Наибольший интерес представляет динамика этих вероятностей, то есть их изменение с ростом количества вершин v . Проведем анализ метрик расстояния графа: диаметра и среднего расстояния пути.

В соответствии с теорией графов множество вершин (неориентированного графа) и функция расстояния образуют метрическое пространство, в случае если граф связный. При этом эксцентриситетом $\varepsilon(v)$ вершины графа $G = \{V, E\}$ называется наибольшее геодезическое расстояние между вершиной v и любой другой вершиной графа, то есть расстояние до самой дальней от v вершины графа:

$$\varepsilon(v) = \max_{u \in V} d(v, u).$$

В свою очередь, диаметром D графа G называют максимальный эксцентриситет среди всех вершин графа. Таким образом, D – наибольшее расстояние между всеми вершинами $V \in G$:

$$D = \max_{v \in V} \varepsilon(v).$$

Из определений эксцентриситета и диаметра графа следует:

$$D \geq \frac{1}{V} \sum_i^V \max_{u \in V} (d(v_i, u)), i = 1(1)V.$$

При анализе графов не меньший интерес представляет и средняя длина пути в графе:

$$\bar{d} = \frac{1}{V^2} \sum_i^V \sum_j^V d(v_i, v_j), i = 1(1)V, j = 1(1)V,$$

при этом $D \geq \bar{d}$.

Проведем имитационное моделирование случайных графов для исследования зависимости D и $\bar{d}$ по следующей схеме:

1. Количество вершин графов меняется в диапазоне $v = [1:2000]$ с шагом 1. При этом значение средней степени c , получаемой в соответствии с выражением (1), фиксируется значением 5.

2. На каждом шаге изменения v строится граф на базе модели Эрдеша-Реньи и измеряется его диаметр D и среднее расстояние пути $\bar{d}$.

3. Полученные значения наносятся на график зависимости числа вершин от функции расстояния (представляет собой обобщенную метрику D и $\bar{d}$).

4. Полученная зависимость преобразуется путем логарифмирования количества вершин натуральным логарифмом.

На рис. 2 изменение параметра D представлено в виде диаграммы размахов для каждого дискретного значения функции расстояния (так как значения диаметра могут быть только дискретны), для $\bar{d}$ – в виде точек.

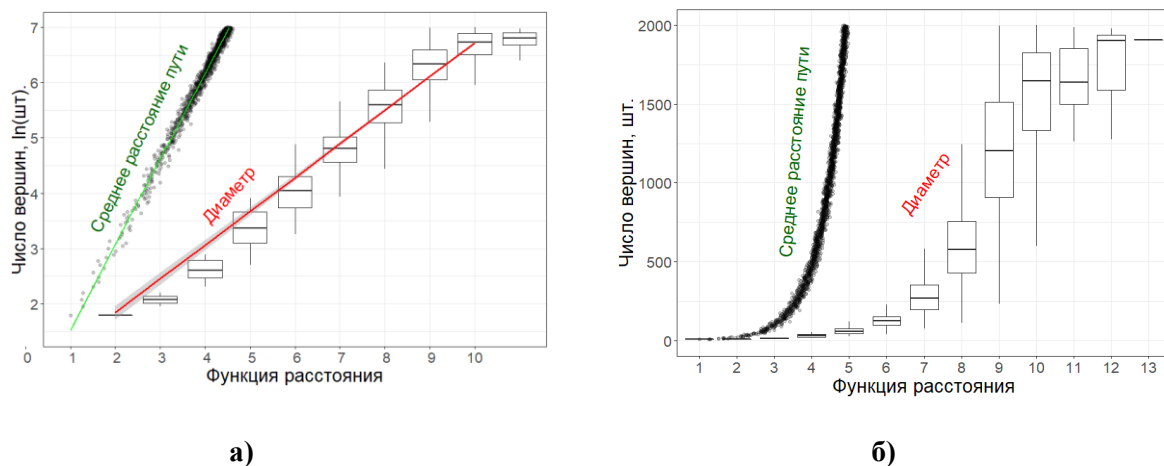


Рис. 2. Зависимость числа вершин графа построенного на базе модели Эрдеша-Реньи от D и $\bar{d}$: а) без логарифмирования; б) с логарифмированием

После логарифмирования значения исследуемых параметров приобретают более линейную форму, что позволяет провести регрессионный анализ влияния изменения средней степени c на диаметр и среднее расстояние пути. В ходе регрессионного анализа осуществляется измерение динамики изменения коэффициентов линейной регрессии, оценивающей значения натуральных логарифмов D и $\bar{d}$ по среднему значению степени узла c [5–7]. Для этого осуществляется имитационное моделирование графа на базе модели Эрдеша-Реньи по схеме, представленной выше, при этом значения средней степени c изменяются в диапазоне от 1 до 30. Для каждого значения c осуществляется расчет коэффициентов линейной регрессии [8]:

$$\ln D = b_0 + b_1 c; \ln \bar{d} = b_0 + b_1 c,$$

где b_0 – смещение; b_1 – наклон прямой.

Динамика изменения коэффициентов линейной регрессии для случайного графа при различных средних степенях узлов представлена на рис. 3 а и 3 б.

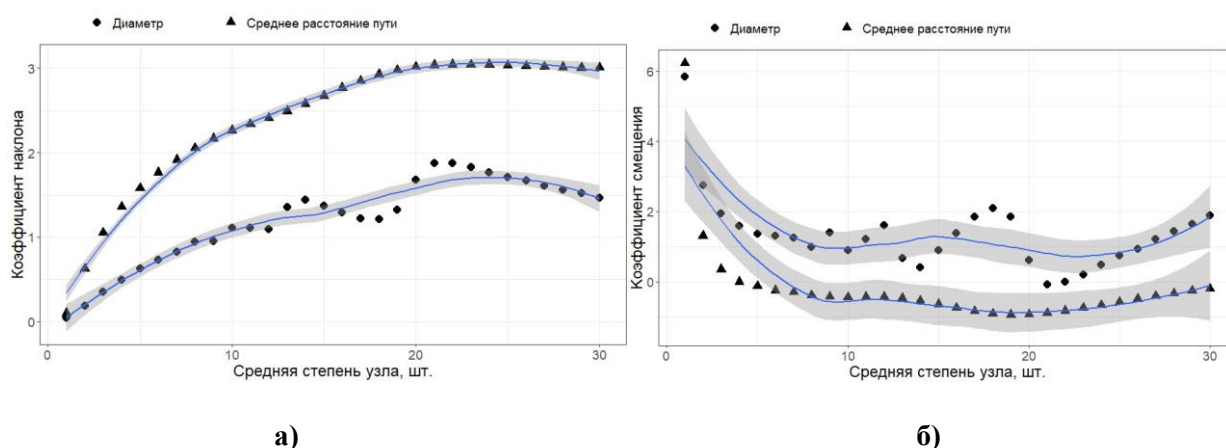


Рис. 3. Динамика изменения регрессионных коэффициентов: а) b_1 ; б) b_0 в зависимости от c

Проведем анализ значений коэффициентов транзитивности и ассортативности для случайного графа Эрдеша-Реньи в зависимости от числа вершин v . Имитационное моделирование будем проводить по той же схеме, в диапазоне $v = [1:2000]$ для двух значений $c = \{5, 15\}$.

Ассортативное смешивание – это тенденция вершин графа формировать связи с аналогичными по свойствам вершинами [6–9]. Ассортативное смешивание по степени – это принцип, согласно которому вершины высокой степени соединены с аналогичными вершинами высокой связанности, а вершины низкой степени связаны с другими менее связанными вершинами. Для вычисления ассортативности по степени используется выражение:

$$r = \frac{\sum_{i,j} i, j (e_{i,j} - q_i q_j)}{\sigma_q^2},$$

где q_i, q_j – распределения вероятности степеней вершин v_i и v_j ; e_{ij} – совместное распределение степеней вершин v_i и v_j .

Транзитивность – это характеристика сети, показывающая степень взаимодействия между собой ближайших вершин графа. Когда транзитивность высока – это означает, что граф чрезвычайно плотно сгруппирован вокруг нескольких узлов. Для вычисления транзитивности используется выражение:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^N CC_{(i)}}{N},$$

где CC – отношение всех закрытых триплетов ко всем триплетам графа G .

На рис. 4 представлены динамика изменения параметров транзитивности и ассортативности случайного графа (Эрдеша-Реньи) при различных средних степенях вершин.

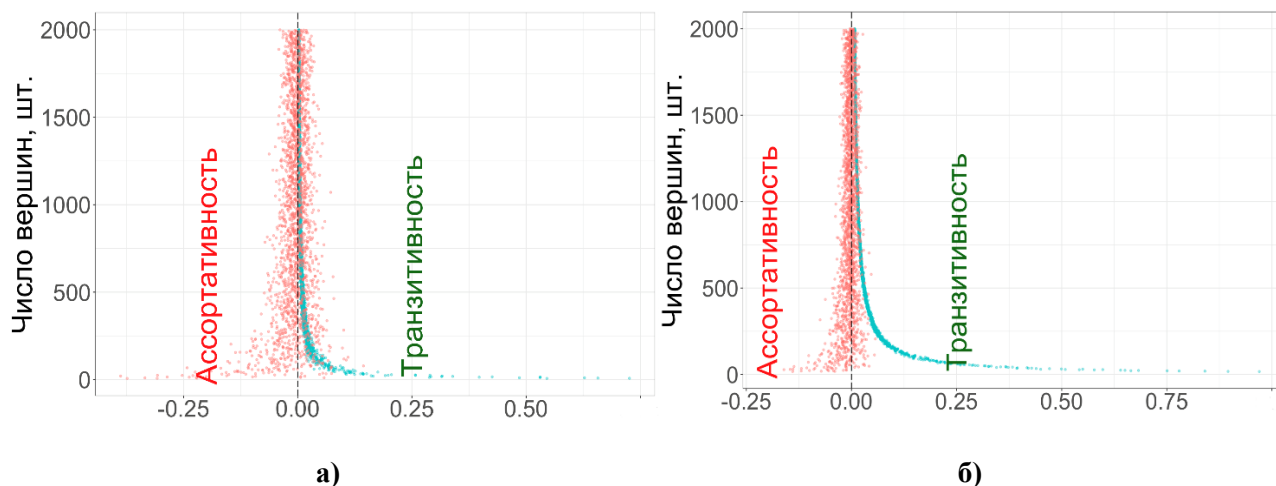


Рис. 4. Динамика изменения параметров C и r случайного графа Эрдеша-Реньи при росте количества вершин: а) при $c = 5$; б) при $c = 15$

Как видно из рис. 4, при малом количестве вершин ассортативность ближе к (-1), что говорит о деассортативности графа. С ростом количества вершин среднее значение стремится к 0, что позволяет судить о том, что граф не ассортативен. Транзитивность стремится от 0 к 1 при уменьшении количества вершин в графе.

Таким образом, в ходе анализа основных характеристик случайного графа Эрдеша-Реньи установлено, что они обладают устойчивой вероятностной динамикой, зависящей от размерности графа.

Модель малого мира Уоттса-Строгатца

Модель малого мира предложена в 1998 г. американскими учеными Дунканом Уоттсом и Стивеном Строгатцем [7, 8]. Она представляет собой одномерную регулярную решетку, состоящую из V вершин, причем каждая из вершин соединена только с k ближайшими соседями, и наложены периодические граничные условия (вероятность соединения с любыми другими вершинами, кроме соседних равна нулю), то есть решетка свернута в кольцо, как представлено на рис. 5, при $p=0$. После этого каждая связь с заданной вероятностью p перебрасывается на другой случайно выбранный узел. На рис. 5 представлены графы, построенные на основе модели малого мира с изменяющейся вероятностью переключения ребер. При $p=0$ получаем граф с исходной решеткой, при $p=1$ – случайный граф Эрдеша-Реньи.

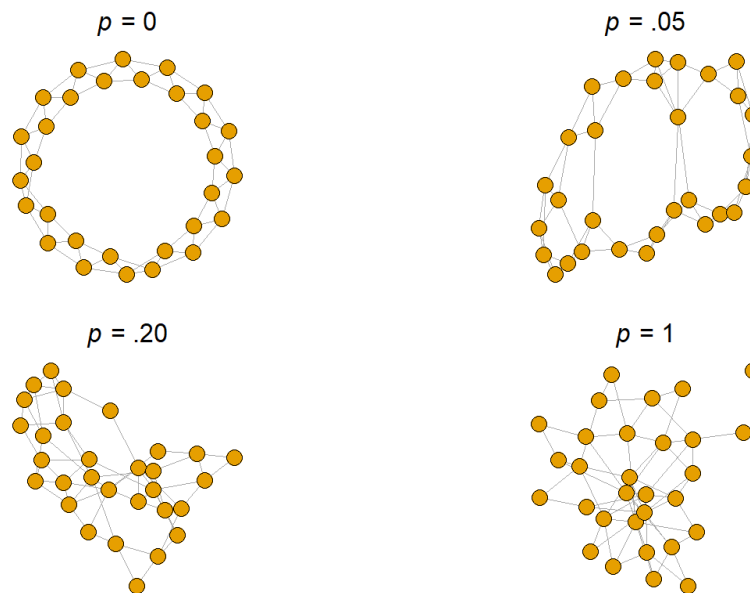


Рис. 5. Граф, построенный на базе модели малого мира с изменяемой вероятностью переключения ребер

Наибольший интерес для анализа модели малого мира представляет динамика изменения таких характеристик, как: диаметр, транзитивность, среднее расстояние и коэффициент ассортативности в зависимости от количества переключаемых ребер графа. Для выявления динамики проведём имитационное моделирование по следующей схеме:

1. Зафиксируем количество вершин моделируемого графа в $V=100$. Построим 10 графов с одним переключаемым ребром и измерим среднее значение измеряемой характеристики.
2. Повторим пункт 1, увеличив количество переключаемых ребер на 1.
3. Произведем расчеты измеряемой характеристики в диапазоне переключаемых ребер от 1 до 30.

Согласно представленной схеме имитационного моделирования осуществим расчеты среднего диаметра и средней длины графа. Результаты расчетов представлены на рис. 6.

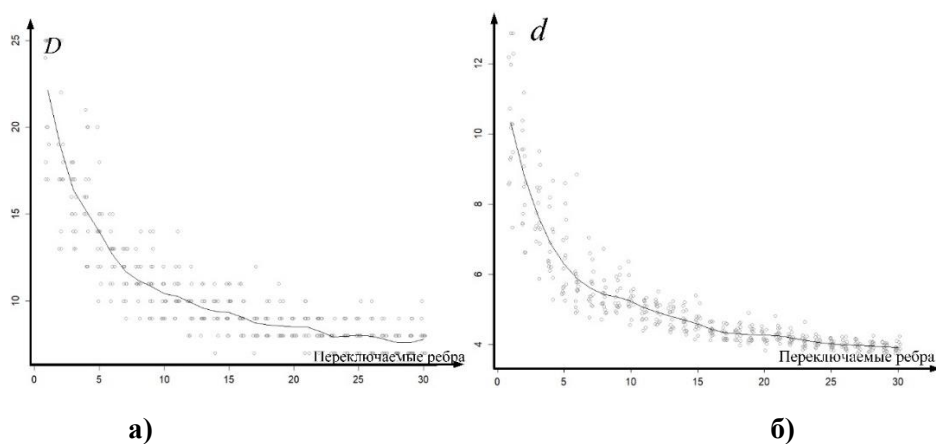


Рис. 6. Взаимосвязь между количеством переключаемых ребер и:
а) диаметром; б) средней длиной пути в графе

Представленная на рис. 6 а взаимосвязь показывает, как быстро количество переключаемых ребер снижает диаметр сети. Видно, что после переключения 10 ребер диаметр графа снизился как минимум на 15 позиций. Взаимосвязь переключаемых ребер со средней длиной пути в графе, показанная на рис. 6 б, имеет такую же тенденцию, как и на рис. 6 а. Это обусловлено схожей природой характеристик диаметра и средней длины пути в графе.

На рис. 7 представлены взаимосвязи для транзитивности и коэффициента ассортативности.

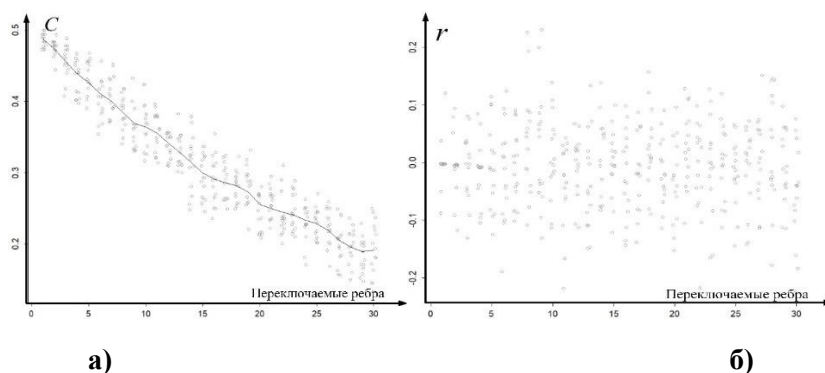


Рис. 7. Взаимосвязь между количеством переключаемых ребер и:
а) транзитивностью; б) коэффициентом ассортативности

Зависимость транзитивности от количества переключаемых ребер (рис. 7 а) имеет ярко выраженный линейный тренд к снижению, что позволяет судить об уменьшении вероятности образования связей с вершинами, обладающими высокой степенью в графах с большим количеством переключающихся ребер. Зависимость коэффициента ассортативности от количества ребер (рис. 7 б) имеет вид равномерного распределения. Это говорит о том, что вершины графа малого мира не имеют тенденции формировать связи с аналогичными по свойствам вершинами.

Модель предпочтительного присоединения Барабаши-Альберта

Анализ предыдущих математических моделей показал, что они позволяют строить графы с характеристиками, не свойственными многим реальным сетям. Об этом говорят низкие значения транзитивности и низкого коэффициента ассортативности [6]. В реальных же сетях, в процессе роста, новые вершины с большей вероятностью образуют ребра с вершинами, уже имеющими много связей, в силу их выдающегося положения в сети. Для

изучения реальных сетей разработан класс моделей, получивших название свободно масштабируемые модели, самой распространенной среди них считается модель предпочтительного присоединения Барабаши-Альберта [5]. Формируется она по следующему принципу:

1. В начальный момент времени $t = 0$ есть V несвязных вершин.
2. На каждом шаге ($t = 1, 2, 3 \dots$) будем добавлять новую вершину с E ребрами.
3. Количество ребер, с которыми приходит в граф новая вершина, – фиксировано, но соединяется он с уже существующей вершиной сети с вероятностью, пропорциональной степени этой вершины.

Таким образом, некоторые вершины в графе будут иметь гораздо больше связей, чем подавляющая часть остальных. На рис. 8 а представлен граф, построенный по модели Барабаши-Альберта без дополнительных параметров, то есть количество вершин в нем фиксировано и равно 500, а вновь появляющиеся вершины соединяются с вершинами с большей степенью.

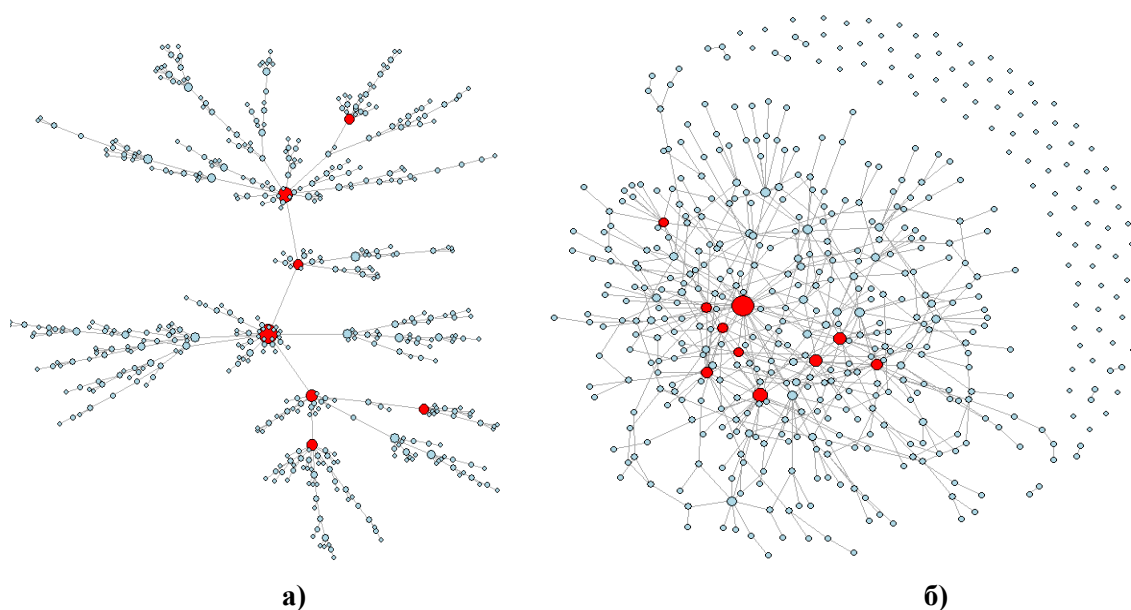


Рис. 8. Граф, построенный на базе модели Барабаши-Альберта: а) без дополнительных параметров; б) с дополнительными параметрами

Возможен вариант построения модели Барабаши-Альберта с введенным параметром распределения вероятностей соединения вершин. На рис. 8 б представлен граф, построенный по модели Барабаши-Альберта, но со следующим введенным вектором распределения вероятностей образования вершин: $p_1 = 0.25$ – вершина изолирована, $p_2 = 0.5$ – вершина соединяется с одной вершиной, $p_3 = 0.25$ – вершина соединяется с двумя вершинами. Исходя из рис. 8 б видно, что построенный граф содержит изолированные вершины и вершины, обладающие высокой степенью (увеличены в размерах).

На рис. 9 представлена динамика графа, построенного по модели Барабаши-Альберта. Показано, как растет граф с увеличением количества вершин v . Такая структура более приближена к структуре реальных графов (систем связи, социальных сетей и др.), так как в ней присутствуют вершины с разной степенью, вершины-мосты и изолированные вершины [8].

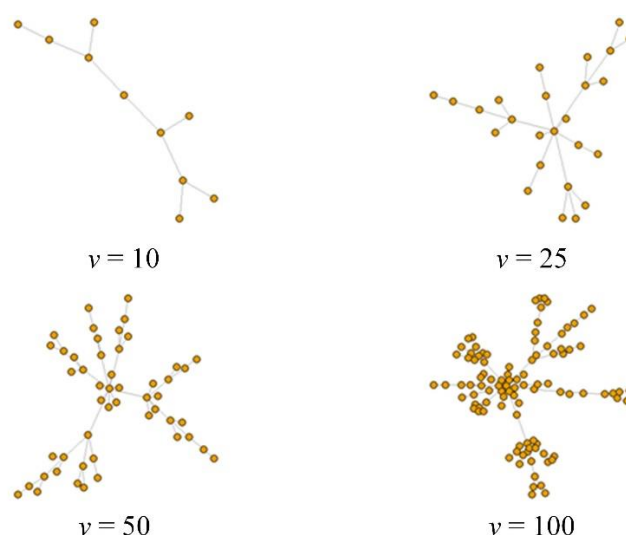


Рис. 9. Динамика графа, построенного на базе модели Барабаши-Альберта

Исследуем зависимость диаметра, транзитивности, среднего расстояния и коэффициента ассортативности от размерности графа, построенного на базе модели Барабаши-Альберта. Исследование будем проводить по схеме, аналогичной для имитационного моделирования, проведенного для модели случайного графа Эрдеша-Реньи. На рис. 10 представлены динамика изменения параметров D и $\bar{d}$, C и r в зависимости о количества вершин в графе.

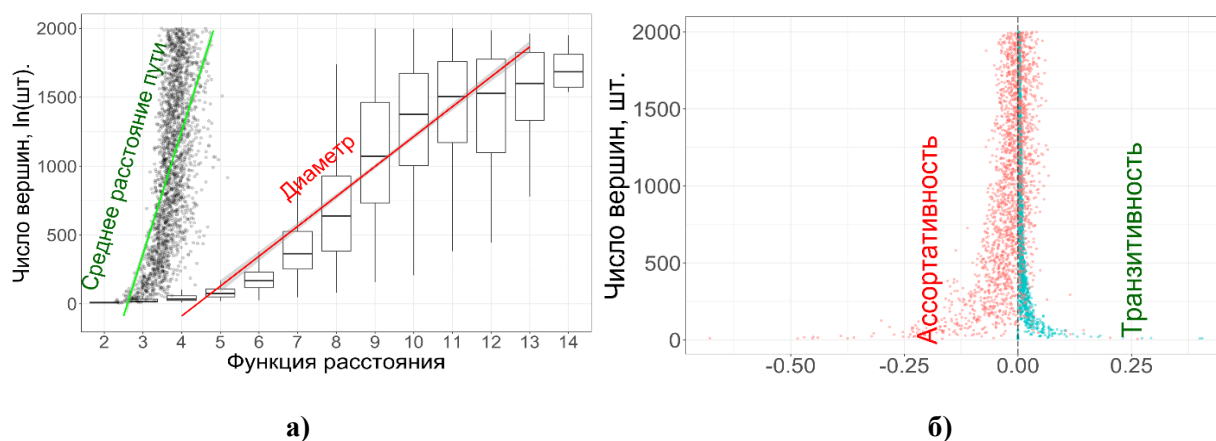


Рис. 10. Зависимость: а) D и $\bar{d}$; б) C и r от числа вершин в графе, построенном на базе модели Барабаши-Альберта

Исходя из рис. 10, видно, что исследуемые характеристики в графе, построенном на базе модели Барабаши-Альберта, развиваются со схожей с моделью Эрдеша-Реньи динамикой, однако взаимосвязь параметров D и $\bar{d}$ имеет более линейную форму.

На рис. 11 представлены плотности распределения транзитивности и ассортативности для графов на базе моделей Эрдеша-Реньи и Барабаши-Альберта.

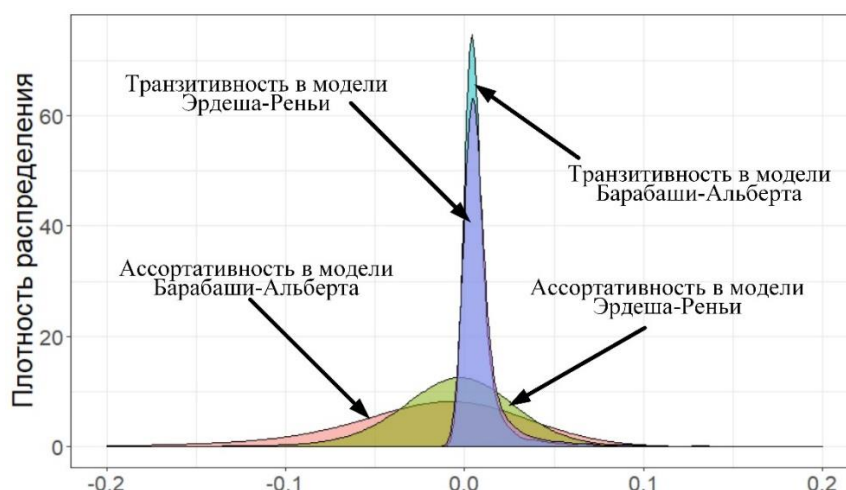


Рис. 11. Плотность распределения параметров транзитивности и ассортативности рассматриваемых моделей

Плотности распределения для обоих типов моделей обладают схожими свойствами, так плотность распределения транзитивности для обеих моделей имеет четкую асимметрию. Ассортативность есть параметр, обладающий большим разбросом по сравнению с транзитивностью. Все это позволяет утверждать о наличии устойчивых статистических различий между ассортативностью и транзитивностью.

Сравнительный анализ моделей случайных графов с сетью, построенной по реальным данным

Осуществим сравнительный анализ моделей случайных графов с реальной сетью. Размер реальной сети – 1 283 вершины. В таблице сведены характеристики трех рассмотренных моделей (такой же размерности) и реальной сети взаимосвязей между главами местных департаментов здравоохранения [9].

Таблица. Сравнение характеристик моделей и реальной сети

	Размер	Диаметр	Средняя длина пути	Транзитивность	Ассортативность	Плотность графа	Средняя степень
Эрдеша-Реньи	1283	10	5,042	0,004	-0,006	0,003	4,325
Уоттса-Строгатца	1283	12	5,908	0,088	0,017	0,003	4
Барабаши-Альберта	1283	16	6,713	0,006	0,036	0,001	2,112
Реальная сеть	1283	19	7,233	0,305	0,154	0,003	4,221

Несмотря на то, что каждая модель перенимает параметры реальной сети, ни одна из них не соответствует ей по всем характеристикам. Особенно резко отличаются транзитивность и ассортативность. Транзитивность реальной сети в $\approx 3,5$ раза выше, чем наивысший показатель в модели Уоттса-Строгатца, а ассортативность выше в $\approx 4,2$ раза, чем наивысший показатель в модели Барабаши-Альберта, эта модель наиболее близка к реальной.

В ходе эксперимента выявлено, что расчетные характеристики рассмотренных моделей не полностью соответствуют характеристикам реальной сети. Данное обстоятельство не мешает достичь цели исследования и путем поиска взаимосвязей между параметрами различных моделей графов исследовать структуру ИКС, что, в свою очередь,

может быть применено в анализе реальных сетей в части понимания причин изменения характеристик графов большой размерности, когда визуально не определить изменения структуры.

Литература

1. Райгородский А.М. Модели случайных графов. М.: Изд-во МЦНМО, 2011. 136 с.
2. Piraveenan M.R. 2010. Topological analysis of complex networks using assortativity [Topological analysis of complex networks using assortativity]. PhD Diss. Sydney: University of Sydney. 189 p.
3. Newman M.E.J. 2010. Networks an introduction. N.Y.: Oxford University Press Inc. 1042 p.
4. Van Mieghem P., Ge X., Schumm P., Trajanovski S., Wang H. Spectral graph analysis of modularity and assortativity // Phys. Rev. E 82, 056113 (Published 16 November, 2010).
5. Гусарова Н.Ф. Анализ социальных сетей. Основные понятия и метрики. СПб.: Университет ИТМО, 2016. 67 с.
6. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Изд. дом «Вильямс», 2007. 912 с.
7. Watts D., Strogatz H. Collective dynamics of «Small-world» networks. Nature. 393, pp. 440–442. (Published 1998).
8. Люк Д. Анализ графов в среде R: пер. с англ. А.В. Груздева. М.: Изд-во ДМК, 2017. 250 с.
9. Network data to accompany book «Network Analysis in R» Available at. URL: <https://github.com/DougLuke/UserNetR> (дата обращения: 10.03.2020).

References

1. Rajgorodskij A.M. Modeli sluchajnyh grafov. M.: Izd-vo MCNMO, 2011. 136 s.
2. Piraveenan M.R. 2010. Topological analysis of complex networks using assortativity [Topological analysis of complex networks using assortativity]. PhD Diss. Sydney: University of Sydney. 189 p.
3. Newman M.E.J. 2010. Networks an introduction. N.Y.: Oxford University Press Inc. 1042 p.
4. Van Mieghem P., Ge X., Schumm P., Trajanovski S., Wang H. Spectral graph analysis of modularity and assortativity. Phys. Rev. E 82, 056113 (Published 16 November, 2010).
5. Gusarova N.F. Analiz social'nyh setej. Osnovnye ponyatiya i metriki. SPb.: Universitet ITMO, 2016. 67 s.
6. Drejper N., Smit G. Prikladnoj regressionnyj analiz. M.: Izd. dom «Vil'yams», 2007. 912 s.
7. Watts D., Strogatz H. Collective dynamics of «Small-world» networks. Nature. 393, pp. 440–442. (Published 1998).
8. Lyuk D. Analiz grafov v srede R: per. s angl. A.V. Gruzdeva. M.: Izd-vo DМК, 2017. 250 s.
9. Network data to accompany book «Network Analysis in R» Available at. URL: <https://github.com/DougLuke/UserNetR> (data obrashcheniya: 10.03.2020).

АНАЛИЗ ПРИЧИН ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ РУКОВОДИТЕЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Н.М. Журавлёв;

А.Н. Денисов, доктор технических наук, доцент.

Академия ГПС МЧС России

Рассмотрены и обоснованы статистически основные причины, влияющие на необходимость внедрения средств автоматизации управления пожаротушением и создания системы поддержки принятия решений руководителя тушения пожара. К данным причинам отнесены социально-экономическое развитие страны, положительная динамика гибели людей при пожарах, урбанизация, недостатки техники безопасности и недостаточная осведомлённость граждан, а также ошибки руководителя тушения пожара.

Принятие решений руководителем тушения пожара при ведении боевых действий происходит в условиях неопределённости и изменчивости многих факторов. Данный процесс характеризуется многокритериальностью и наличием большого количества альтернатив. Это подтверждает необходимость совершенствования старых и разработку новых моделей и алгоритмов поддержки принятия решения, а также реализации их в специализированной системе.

Ключевые слова: пожарная безопасность, поддержка принятия решений, статистика пожаров

ANALYSIS OF REASONS FOR DEVELOPING A SYSTEM FOR SUPPORT OF MANAGEMENT DECISIONS OF THE HEAD OF FIRE EXTINGUISHING

N.M. Zhuravlev; A.N. Denisov. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia

The article discusses and substantiates statistically the main reasons that affect the need to implement fire extinguishing control automation tools and create a decision support system for the incident commander. These reasons include the socio-economic development of the country, positive dynamics of deaths during fires, urbanization, lack of safety equipment and lack of awareness of citizens, as well as mistakes made by the head of the fire fighting.

Decision making by the fire extinguishing leader during combat operations with fire occurs under conditions of uncertainty and variability of environmental factors. This process is characterized by multicriteria and the presence of a large number of alternatives. This confirms the need to develop new models and algorithms to support decision making and management and implement them in a specialized system.

Keywords: fire safety, decision support, fire statistics

Согласно официальной статистике, количество пожаров в Российской Федерации ежегодно уменьшается (рис. 1) [1]. За период с 2012–2017 гг. количество пожаров уменьшилось на 18,3 %, количество погибших людей – на 32,9 %. Это связано с усилением противопожарных мер, привлечением внимания общественности, улучшением информированности в области безопасности и другими факторами [2, 3]. В 2009 г. вступил в законную силу Федеральный закон № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», а также ряд других документов, которые положительно повлияли на пожарную безопасность в стране.

Несмотря на отрицательную динамику количества пожаров, кривая «крупные пожары в России» имеет скачкообразный вид (рис. 1). За прошедшее десятилетие пиковой точкой

был 2015 г. В дальнейшем не исключены скачки, которые могут привести к серьезным последствиям. Прямой материальный ущерб в городах от пожаров в период с 2003 по 2017 годы вырос на 6 886 229 тыс. рублей [2].

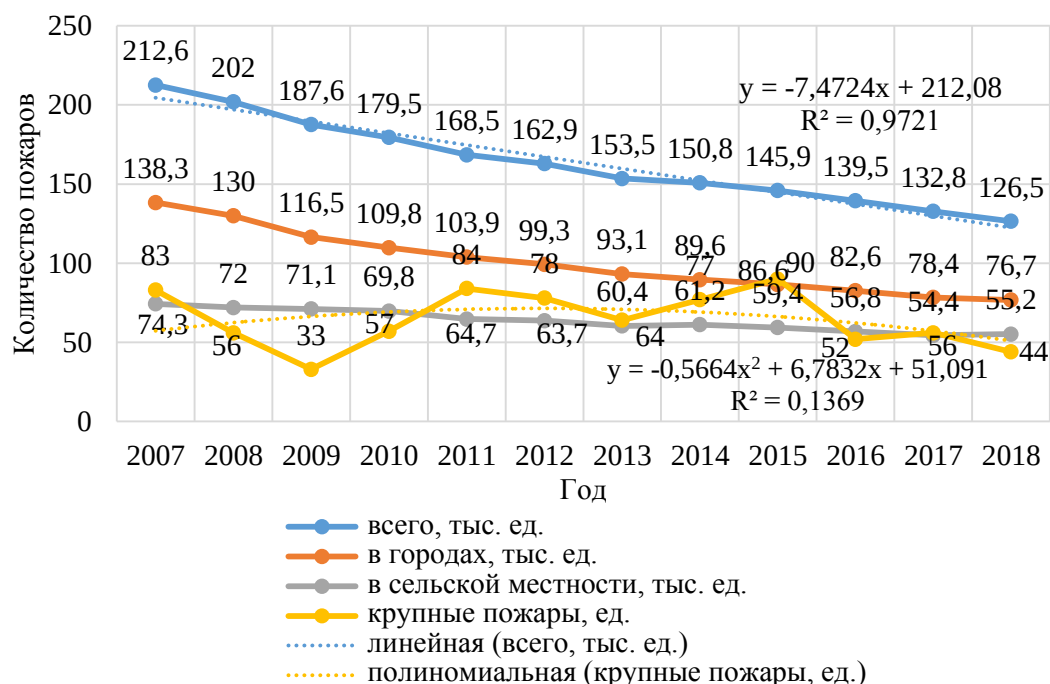


Рис. 1. Динамика пожаров за 2007–2018 гг.

Повышение уровня автоматизации подразделений федеральной противопожарной службы России положительно влияет на эффективность деятельности подразделений пожарной охраны при ведении боевых действий при тушении пожара. Уровень внедрения автоматизированных систем поддержки принятия решений и оперативного управления подразделениями территориальных и местных гарнизонов пожарной охраны повышался в соответствии с целевыми индикаторами федеральной целевой программы «Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года». Дальнейшая автоматизация деятельности пожарных подразделений будет повышать эффективность управления пожарными подразделениями при тушении пожаров. Для этого необходимо создание и использование новых методов, моделей и алгоритмов принятия решения, которые должны быть реализованы в специализированной системе поддержки принятия решений. Рассмотрим основные причины, влияющие на необходимость создания такой системы для поддержки принятия управленческих решений руководителя тушения пожара.

Причина 1. Социально-экономическое развитие страны. С каждым годом в эксплуатацию вводятся новые жилые, административные, складские, производственные и другие объекты строительства. Это ведёт к увеличению пожарной нагрузки и росту материального ущерба от пожаров (рис. 2).

К 2019 г. материальный ущерб существенно вырос, поскольку с ростом количества строений и зданий растёт и ущерб, нанесенный пожаром.

Причина 2. Положительная динамика гибели людей при пожарах. По сравнению с другими странами, от пожаров в России по-прежнему гибнет слишком много людей. За прошедшие четыре года больше всего погибло людей от пожаров в 2016 г. По докладу Международной ассоциации пожарно-спасательных служб (СТИФ) в России в 2016 г. погибло 6,0 чел. на 100 тысяч населения (табл. 1). В США за тот же период от пожаров погибал один человек на 100 тысяч жителей; в Италии – 0,5; во Франции – 0,4; в Великобритании – 0,6; во Вьетнаме 0,1 [2].

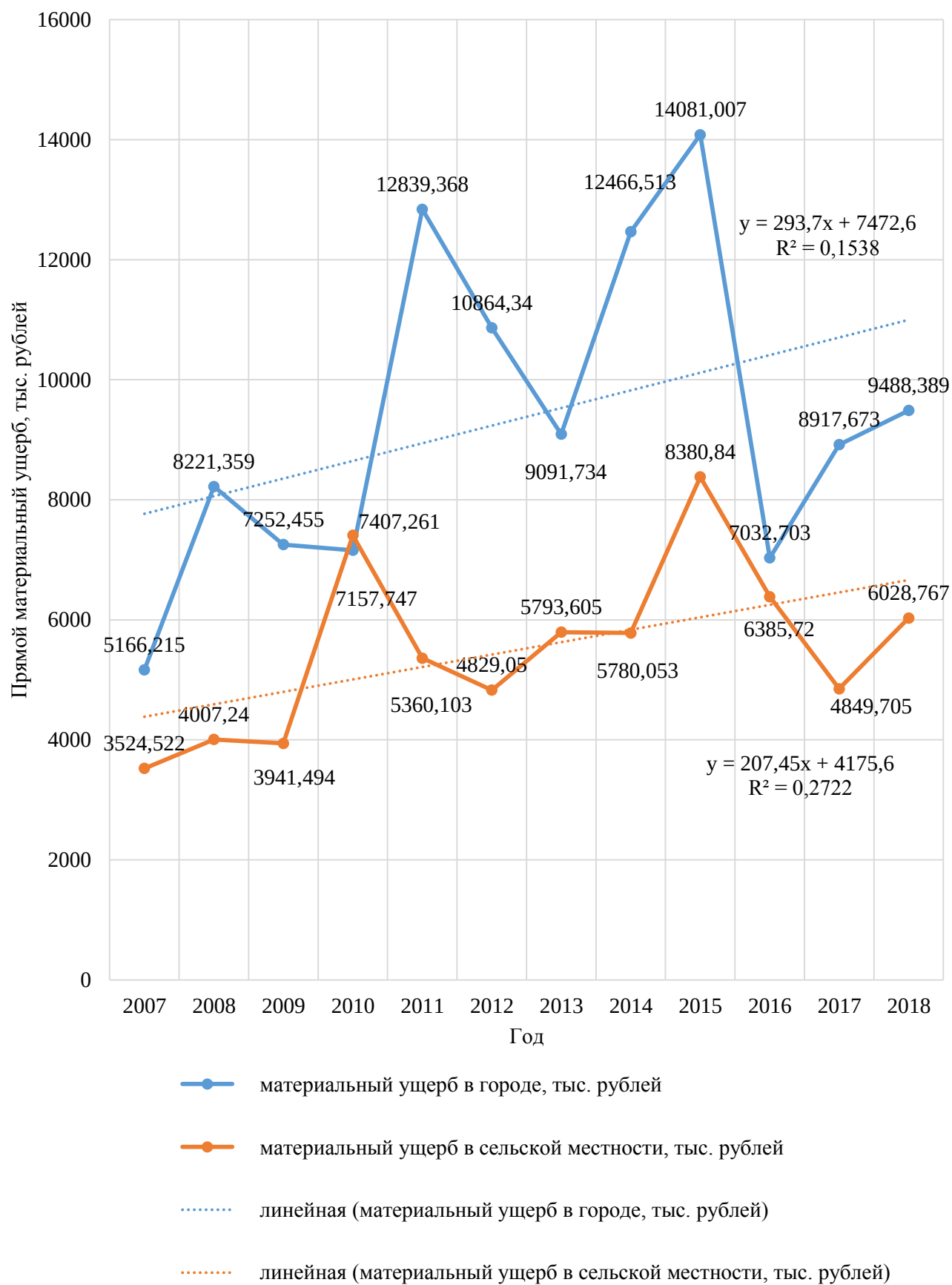


Рис. 2. Динамика материального ущерба за 2007–2017 гг.

Таблица 1. Обстановка с пожарами в странах мира за 2016 г.

№	Country	Population, thous.inh.	Number of				Average number:					
	Страна	Население, тыс.чел.	calls	fires	fire deaths	fire injuries	per 1000 inh.:		fire deaths per:		fire injuries per:	
			выездов	пожаров	погибших	травмированных	calls	fires	100000 inh.	100 fires	100000 inh.	100 fires
							Среднее число:					
							на 1000 чел.:		погибших на:		травмированных на:	
Staat	Einwohner, in 1.000	Absolute Anzahl				Mittelwerte:		100000 чел.		100 пожаров		
		Einsätze	Brände	Brand-tote	Verletzte	je 1.000 Einw.	Brandtotenzahl	Verletztenzahl				
						Einsätze	Brände	100.000 Einw.	100 Brände	100.000 Einw.	100 Brände	
1	USA	323 128	35 320 000	1 342 000	3 390	14 650	109.3	4.2	1.0	0.3	4.5	1.1
2	Russia	146 270	-	139 500	8 749	9 905	-	1.0	6.0	6.3	6.8	7.1
3	Vietnam	93 000	-	3 306	98	180	-	0.0	0.1	3.0	0.2	5.4
4	France	66 628	4 542 400	285 661	289	13 759	68.2	4.3	0.4	0.1	20.7	4.8
5	Great Britain	63 786	654 758	201 009	367	9 534	10.3	3.2	0.6	0.2	14.9	4.7
6	Italy	61 000	952 129	245 727	295	1 609	15.6	4.0	0.5	0.1	2.6	0.7
7	Spain	47 079	310 982	122 828	175	-	6.6	2.6	0.4	0.1	-	-
8	Ukraine	42 673	236 928	74 221	1 872	1 351	5.6	1.7	4.4	2.5	3.2	1.8
9	Poland	38 454	446 819	126 228	-	-	11.6	3.3	-	-	-	-
10	Malaysia	31 800	-	47 800	142	380	-	1.5	0.4	0.3	1.2	0.8
11	Peru	30 741	127 324	12 648	-	-	4.1	0.4	-	-	-	-
12	Taiwan	23 069	-	1 856	169	261	-	0.1	0.7	9.1	1.1	14.1
13	Romania	20 121	444 178	27 804	258	659	22.1	1.4	1.3	0.9	3.3	2.4
14	Kazakhstan	17 500	48 398	19 952	371	566	2.8	1.1	2.1	1.9	3.2	2.8
15	Netherlands	16 979	141 700	79 560	42	-	8.3	4.7	0.2	0.1	-	-
16	Czech Republic	10 579	3 301 926	16 253	124	1 291	312.1	1.5	1.2	0.8	12.2	7.9
17	Hungary	9 830	63 320	17 534	114	811	6.4	1.8	1.2	0.7	8.3	4.6
18	Jordan	9 700	277 081	28 693	28	1 139	28.6	3.0	0.3	0.1	11.7	4.0
19	Belarus	9 505	48 996	5 999	538	282	5.2	0.6	5.7	9.0	3.0	4.7
20	Austria	8 740	277 392	47 559	-	-	31.7	5.4	-	-	-	-
21	Switzerland	8 372	69 975	11 803	-	-	8.4	1.4	-	-	-	-
22	Israel	8 300	97 000	47 000	19	-	11.7	5.7	0.2	0.0	-	-
23	Bulgaria	7 245	60 542	37 362	129	298	8.4	5.2	1.8	0.3	4.1	0.8
24	Singapore	5 880	182 268	4 114	1	62	31.0	0.7	0.0	0.0	1.1	1.5
25	Denmark	5 710	41 250	13 142	52	-	7.2	2.3	0.9	0.4	-	-
26	Kyrgyzstan	5 522	-	3 813	80	77	-	0.7	1.4	2.1	1.4	2.0
27	Finland	5 463	103 747	12 063	82	795	19.0	2.2	1.5	0.7	14.6	6.6
28	New Zealand	4 596	74 879	10 314	19	-	16.3	2.2	-	-	-	-
29	Croatia	4 290	-	11 143	22	104	-	2.6	0.5	0.2	2.4	0.9
30	Kuwait	4 052	13 206	4 771	50	199	3.3	1.2	1.2	1.0	4.9	4.2
31	Mongolia	3 120	-	3 710	60	-	-	1.2	1.9	1.6	-	-
32	Armenia	3 017	7 818	4 615	17	46	2.6	1.5	0.6	0.4	1.5	1.0
33	Lithuania	2 889	28 359	10 041	101	204	9.8	3.5	3.5	1.0	7.1	2.0
34	Qatar	1 975	-	1 444	1	43	-	0.7	0.1	0.1	2.2	3.0
35	Latvia	1 969	18 931	9 929	95	302	9.6	5.0	4.8	1.0	15.3	3.0
36	Estonia	1 315	25 910	5 065	39	110	19.7	3.9	3.0	0.8	8.4	2.2
37	Andorra	478	6 755	274	-	-	14.1	0.6	-	-	-	-
38	Brunei	430	-	1 852	3	5	-	4.3	0.7	0.2	1.2	0.3
39	Malta	421	4 840	1 749	-	-	11.5	4.2	-	-	-	-
Total/Итого/Gesamt		1 145 626	47 929 811	3 040 342	17 791	58 622	41.8	2.7	1.6	0.6	5.1	1.9

При проведении кластерного анализа (рис. 3) данных статистики по числу пожаров и гибели людей в разных странах мира (табл. 1) также была выявлена положительная динамика. Иерархическая кластеризация и кластеризация методом «к-средних» с метрикой квадрат евклидова расстояния позволили выделить две группы стран (обозначены красными и зелёными точками на рис. 3).

Результаты кластерного анализа показывают, что страны с меньшей степенью автоматизации процессов пожаротушения и применения системы поддержки принятия решений при тушении пожаров (Украина, Молдавия, Латвия и др.) характеризуются повышенными показателями количества пожаров и гибели людей.

Причина 3. Урбанизация. Не прекращающийся процесс увеличения количества городов и сосредоточения в них политической, экономической и культурной жизни государства актуализирует проблему повышения эффективности городских систем противопожарной безопасности [3]. Возрастающая в обществе социально-экономическая напряженность требует решения задачи обеспечения безопасности людей при возгорании в жилых зданиях, в которых наблюдается наибольшая гибель людей при пожарах.

Пожары в жилых зданиях в среднем составляют 70 % от общего количества пожаров. Таким образом, повышение эффективности управления пожарными подразделениями при тушении пожаров в жилых зданиях необходимо считать одной из первоочередных задач.

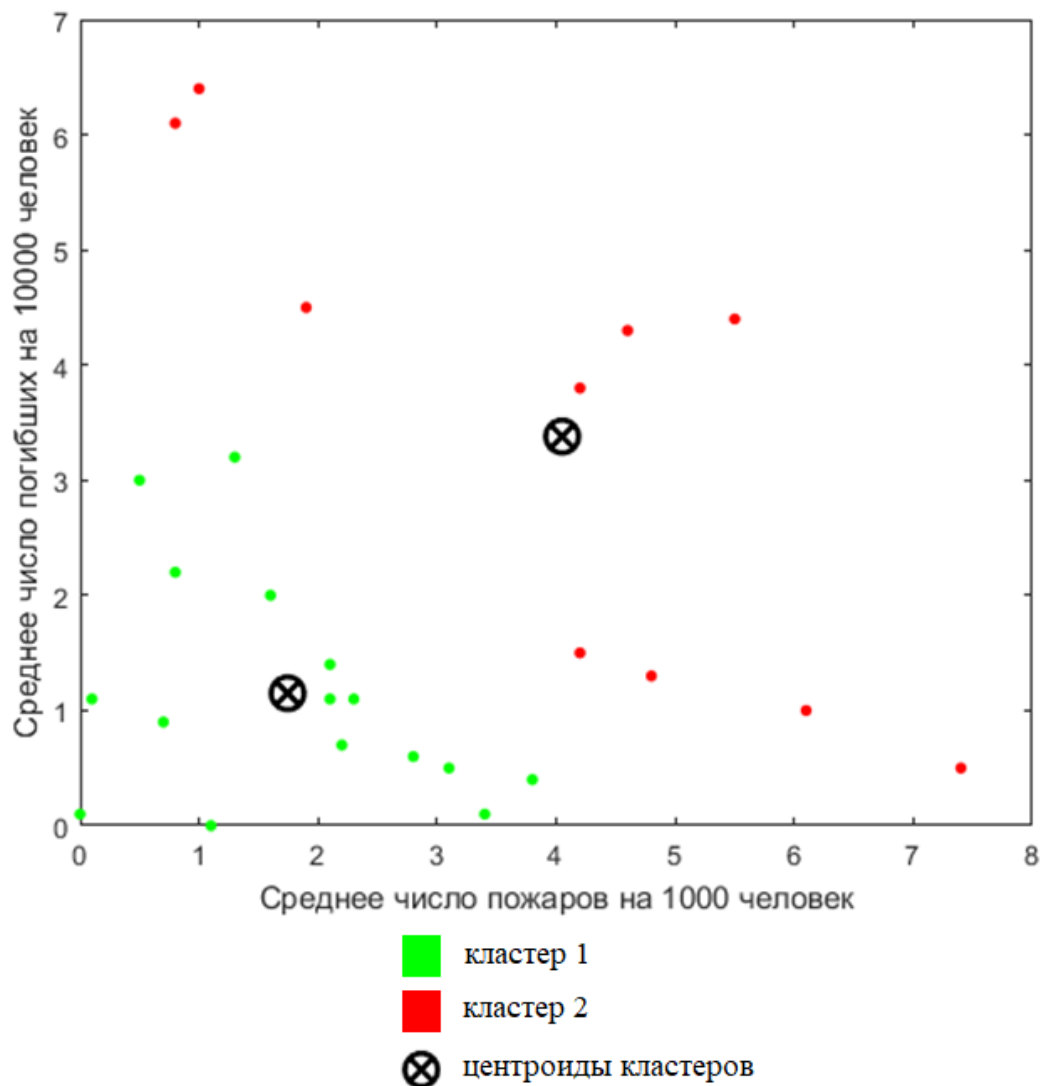


Рис. 3. Результаты кластеризации стран по числу пожаров и гибели людей

Причина 4. Недостатки техники безопасности и недостаточная осведомлённость граждан. Ежедневно пожароопасные ситуации возникают в нашей стране, согласно статистике за 2018 г. из-за пожаров скончались 7 913 россиян, травмы получили 9 650 человек. Оба показателя в сравнении с 2017 г. выросли – тогда было 7 824 погибших и 9 361 пострадавший. Самые распространенные причины возникновения пожаров – нарушение правил устройства и эксплуатации оборудования и неосторожное обращение с огнем. Вышеприведенные данные говорят о том, что в большинстве случаев причиной пожаров становится человеческий фактор.

В целях сокращения количества возгораний необходимо совершенствовать технику безопасности, а также улучшать осведомлённость граждан о мерах предосторожности по недопущению возгораний. Полностью предостеречь от появления возгораний невозможно, поэтому необходимо оперативно реагировать на следующий этап: локализацию и ликвидацию пожара. В настоящее время существует определенный комплекс действий, которому должен следовать руководитель тушения пожара. Этот алгоритм непрерывно совершенствуется, что улучшает показатели оперативного реагирования при пожаре (рис. 4).



Рис. 4. Показатели оперативного реагирования подразделений пожарной охраны

Среднее время сообщения о пожаре в пожарную охрану по Российской Федерации стабильно снижается в среднем на 9 % в год, за 2017 г. произошло уменьшение данного показателя на 6,59 %. Среднее значение доли снижения показателя по городам и по посёлкам городского типа составляет 7,93 % в год, за 2017 г. этот показатель снизился на 3,92 %. По сельской местности показатель в среднем снижается на 10,7 % в год, за 2017 г. среднее время снизилось на 9,63 %.

Причина 5. Ошибки руководителя тушения пожара. Процесс принятия управленческих решений руководителем тушения пожара усложняется многими факторами. При тушении пожара решение принимается в условиях неопределенности и недостатка времени, а также недостаточной компетенции новых специалистов, что часто приводит к трагическим последствиям.

Статистика гибели пожарных при ведении боевых действий по тушению пожаров приведена на рис. 5 [4].

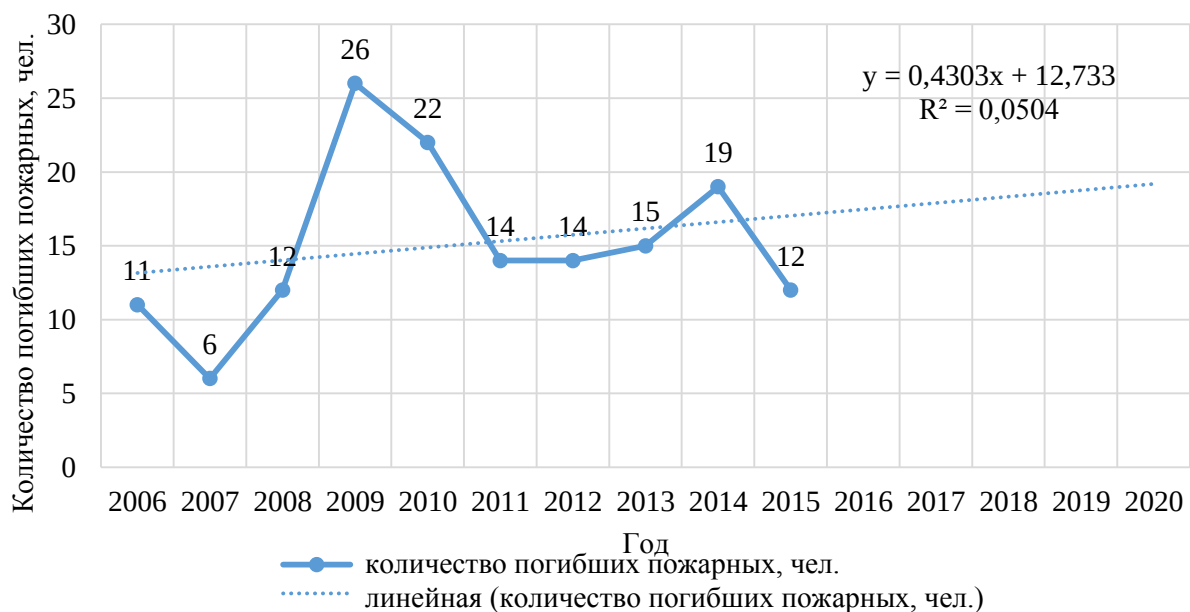


Рис. 5. Количество погибших пожарных при ведении боевых действий по тушению пожаров

Недостатки в организации пожаротушения за период с 2016 по 2018 г. приведены в табл. 2.

Таблица 2. Влияние недостатков в организации пожаротушения на количество пожаров в Российской Федерации

№ п/п	Недостатки в организации пожаротушения	2016 г.	% по группе	2017 г.	% по группе	2018 г.	% по группе	Динамика
1	Недостаток сил и средств для тушения пожара	7	33,33	2	11,11	2	11,76	-64,7
2	Низкая боевая готовность подразделений пожарной охраны	6	28,57	6	33,33	5	29,41	уров.
3	Ошибки руководителя тушения пожара	5	23,81	6	33,33	5	29,41	+23,52
4	Вмешательство посторонних лиц в руководство тушением пожара	3	14,29	1	5,56	2	11,76	-17,67
5	Прочие недостатки в организации пожаротушения	2	—	3	16,67	3	17,65	+50,00

При решении задач по эффективному тушению пожаров необходимо учитывать комплексность проблемы. Принятие решений руководителем тушения пожара происходит при постоянно изменяющихся факторах внешней среды и характеризуется многокритериальностью и наличием большого количества альтернатив. Важнейшими задачами являются сокращение количества пожаров и ущерба от них, за счет применения новых организационно-технических и информационно-технологических решений [5]. Таким образом, проблема повышения эффективности управленческих решений при организации пожаротушения актуальна и имеет высокую степень практической значимости.

Для решения проблем оперативного управления пожарными подразделениями проводятся исследования по выявлению наиболее эффективных систем, методов и моделей оперативного управления силами и средствами при тушении пожаров и поддержки принятия решения [5–9]. Полученные научные результаты необходимо реализовать в системе поддержки принятия решений руководителя тушения пожара, которая на данный момент отсутствует. Это позволит повысить эффективность решения задач при управлении пожарными подразделениями, что будет способствовать улучшению показателей статистики пожаров в Российской Федерации, в том числе сохранит материальные ресурсы и самое главное – жизни людей.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность: стат. сборник. М.: ВНИИПО, 2007–2018.
2. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Григорьева М.П. Анализ основных пожарных рисков в странах мира и в России // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 2. С. 72–80.

3. Матюшин Ю.А., Чечетина Т.А. Обстановка с пожарами в Российской Федерации в I квартале 2017 г. // Пожарная безопасность. 2017. № 2. С. 144–162.
4. Гибель на пожарах: статистика, анализ и основные показатели. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/gibel-na-pozharax/> (дата обращения: 04.01.2020).
5. Степанов О.И., Денисов А.Н. Экспериментальное обоснование создания позиций по тушению с применением специальных пожарных автомобилей // Пожаровзрывобезопасность. 2018. № 11. Т. 27. С. 58–66.
6. Модели оптимального распределения кадровых ресурсов противопожарной службы на основе типологизации территорий по пожарным рискам / В.А. Минаев [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 6. С. 18–30.
7. Мистров Л.Е., Литвинов О.В. Метод обоснования стратегий управления ресурсом пожарной безопасности сложных объектов // Проектирование и технология электронных средств. 2013. № 1. С. 42–47.
8. Журавлев Н.М. Алгоритм принятия управленческих решений для руководителя тушения пожара в условиях неопределенности // Инновационные исследования как локомотив развития современной науки: от теоретических парадигм к практике: электронный сб. науч. статей по материалам XIII Междунар. науч.-практ. конф. М.: НИЦ МИСИ, 2019. С. 193–196.
9. Денисов А.Н. Математическая формализация общей научной концепции детерминированного процесса пожаротушения мобильными средствами // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России (Современные проблемы гражданской защиты). 2017. № 4. С. 9–14.

References

1. Pozhary i pozharnaya bezopasnost': stat. sbornik. M.: VNIPO, 2007–2018.
2. Brushlinskij H.H., Sokolov S.V., Grigor'eva M.P. Analiz osnovnyh pozharnyh riskov v stranah mira i v Rossii // Pozharovzryvobezopasnost'. 2017. Т. 26. № 2. S. 72–80.
3. Matyushin Yu.A., Chechetina T.A. Obstanovka s pozharami v Rossijskoj Federacii v I kvartale 2017 g. // Pozharnaya bezopasnost'. 2017. № 2. С. 144–162.
4. Gibel' na pozharah: statistika, analiz i osnovnye pokazateli. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/gibel-na-pozharax/> (data obrashcheniya: 04.01.2020).
5. Stepanov O.I., Denisov A.N. Eksperimental'noe obosnovanie sozdaniya pozicij po tusheniyu s primeneniem special'nyh pozharnyh avtomobilej // Pozharovzryvobezopasnost'. 2018. № 11. Т. 27. S. 58–66.
6. Modeli optimal'nogo raspredeleniya kadrovyyh resursov protivopozharnoj sluzhby na osnove tipologizacii territorij po pozharnym riskam / V.A. Minaev [i dr.] // Pozharovzryvobezopasnost'. 2018. Т. 27. № 6. S. 18–30.
7. Mistrov L.E., Litvinov O.V. Metod obosnovaniya strategij upravleniya resursom pozharnoj bezopasnosti slozhnyh ob"ektov // Proektirovanie i tekhnologiya elektronnyh sredstv. 2013. № 1. S. 42–47.
8. Zhuravlev N.M. Algoritm prinyatiya upravlencheskih reshenij dlya rukovoditelya tusheniya pozhara v usloviyah neopredelennosti // Innovacionnye issledovaniya kak lokomotiv razvitiya sovremennoj nauki: ot teoreticheskikh paradigim k praktike: elektronnyj sbornik nauchnyh statej po materialam XIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: NIC MISI, 2019. S. 193–196.
9. Denisov A.N. Matematicheskaya formalizaciya obshchej nauchnoj koncepcii determinirovannogo processa pozharotusheniya mobil'nymi sredstvami // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii (Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity). 2017. № 4. S. 9–14.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАГРУЗКИ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ МОЩНОСТЬ ИОТ-СЕТИ

Д.В. Сахаров, кандидат технических наук;

А.М. Гельфанд;

А.А. Казанцев;

И.Е. Пестов.

**Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича**

С развитием Интернета вещей (Internet of Things – IoT) размер сети, число узлов и подключенных устройств увеличиваются экспоненциально. Мониторинг таких гетерогенных сетей становится трудно администрируемым, а для развертывания систем поддержки принятия решений необходимо использование прогнозирующих моделей (Model Predictive Control), связанных с защитой информации IoT-сети. В статье рассмотрены три популярных математических метода прогнозирования, оценена их точность и возможность использования в прогнозирующих моделях по решению задачи оценки нагрузки на вычислительную мощность устройств Интернета вещей, включая серверы и сервисы.

Ключевые слова: Интернет вещей, несанкционированные воздействия, защита информации, прогнозирующие модели, методы математического прогнозирования, метод экспоненциального сглаживания, метод скользящих средних, метод наименьших квадратов, система поддержки принятия решений, информационная безопасность

USING MATHEMATICAL FORECASTING METHODS TO ESTIMATE THE LOAD ON THE COMPUTING POWER OF THE IOT NETWORK

D.V. Saharov; A.M. Gelfand; A.A. Kazantsev; I.E. Pestov.

Bonch-Bruevich Saint-Petersburg state university of telecommunications

With the development of the Internet of Things (IoT), the size of the network, the number of nodes and connected devices are increasing exponentially. The Monitoring of such heterogeneous networks becomes difficult to administer, and the deployment of decision support systems requires the use of predictive models (Model Predictive Control) associated with the protection of information of the IoT network. Three popular mathematical methods of forecasting are considered in the article, their accuracy and the possibility of using them in forecasting models for solving the problem of estimating the load on the computing power of the Internet of things devices, including servers and services, are evaluated.

Keywords: Internet of Things, unauthorized influences, information protection, forecasting models, methods of mathematical forecasting, exponential smoothing method, moving average method, least squares method, decision support system, information security

С момента появления интернета из-за роста числа узлов и устройств в сети автоматический мониторинг информационных систем стал иметь ключевое значение, так как ручное наблюдение за сетью стало невозможным [1]. Появились системы мониторинга, обнаруживающие сбои во время их появления и системы прогнозирования для раннего определения неполадок [2]. С развитием виртуализации, появлением облачных вычислений

разработаны новые системы мониторинга [3]. С внедрением Интернета вещей появились новые угрозы обеспечения информационной безопасности [4, 5]. При этом первостепенной задачей является разработка системы прогнозирования, которая будет эффективно обнаруживать потенциальные проблемы, такие как сбои в работе или повышение нагрузки из-за вторжения злоумышленника [6].

Термин Интернет вещей или IoT относится к сетевому взаимодействию между повседневными объектами с централизованной системой. Это процесс взаимодействия друг с другом различных «вещей», связанных с интернетом. Основной концепцией IoT-устройств является возможность сбора и передачи информации через интернет на сервер, который обеспечивает управление, мониторинг и настройку устройств. Полученные с устройств данные агрегируются и затем обрабатываются в соответствии с выдвинутыми требованиями под определенную задачу [7]. Существует большое количество исследований в области IoT, реализующих концепцию «умного дома» и «умного автомобиля», промышленного Интернета вещей. Также проведены исследования в области проблем безопасности, относящихся к IoT и операционным системам, которые будут совместимы с IoT [7, 8].

Поскольку среда Интернета вещей собирает и обрабатывает важную и конфиденциальную информацию, такие системы требуют нового уровня требований к средствам обеспечения безопасности, в том числе к средствам мониторинга. В случае взлома системы или устройства злоумышленник может вторгнуться в частную жизнь пользователя или в производственные процессы организации, украсть важную информацию и контролировать устройства в IoT среде [5].

Функции, которыми должна обладать система прогнозирования для IoT-устройств:

- обнаружение действия злоумышленника (такие как взлом устройства, вложение вредоносного кода, осуществление DDoS-атак с использованием IoT-устройств и т.д.);
- уведомление о достижении критических порогов параметра;
- оповещение об отказе соответствующего устройства.

Независимо от выбора модели прогнозирования, разворачиваемой на IoT-архитектуре, она должна быть способна предсказывать все три перечисленных параметра, чтобы уведомить об этом пользователя. Определение подходящего способа для прогнозирования будущей нагрузки на вычислительную серверную мощность является важной предпосылкой для эффективного планирования, контроля и оптимизации вычислительных ресурсов [9–11].

Целью исследования является выбор метода прогнозирования, обеспечивающего требуемую точность при предсказании вычислительной нагрузки.

Задача исследования – оценить точность и рассмотреть возможность использования в прогнозирующих моделях трех распространенных методов математического прогнозирования по оценке вычислительной нагрузки инфраструктуры IoT с целью последующего использования в системах поддержки принятия решений.

Временные ряды

Временные ряды – это последовательность наблюдений некоторого признака, последовательно взятых во времени. Особенность временного ряда заключается в том, что соседние наблюдения являются зависимыми. Характер этой зависимости среди наблюдений представляет значительный практический интерес. Анализ временных рядов связан с методами анализа этой зависимости [12, 13]. Рассмотренные в данной статье методы подходят для выборочных данных, где наблюдение за системой происходит через одинаковые промежутки времени.

Для исследования были собраны данные эксплуатации устройства за пять дней, промежуток между измерениями составляет пять минут. Методы прогнозирования применены ко всем полученным данным, но поскольку формат статьи ограничен, ниже приведены графики результатов только за первые 16 ч работы. В табл. 1 приведена часть данных, полученных за первый час работы и отражающих показатели метрики вычислительной мощности IoT-устройства.

Таблица 1. Данные временного ряда изменения нагрузки за 1 ч

Номер периода, t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Значение, МБ	1	36	1472	1472	1472	1472	1472	1472	1472	1472	1472	1472

Поскольку данные собирались с устройства в контролируемой среде, это позволило получить измерения нагрузки при разных режимах эксплуатации.

Метод скользящих средних

Одним из наиболее распространенных методов сглаживания временных рядов, применяемых для прогнозирования, является метод скользящих средних. С его помощью можно исключить влияние случайных колебаний и получить результат, соответствующий воздействию главных факторов.

Сглаживание с использованием скользящих средних основывается на том, что в усредненных величинах погашаются случайные отклонения. Это происходит благодаря замене исходных уровней временного ряда на среднюю арифметическую величину внутри выбранного временного интервала. Значение, полученное таким образом, будет относиться к середине выбранного периода [14].

При использовании метода каждый период в наборе данных имеет одинаковую важность и взвешен одинаково. По окончании каждого периода самая старая точка данных удаляется, а самая новая добавляется в начало.

В зависимости от целей исследования выбирается подходящий интервал сглаживания, учитывающий в какой период времени происходит действие для устранения влияния случайных факторов.

Метод скользящих средних (рис. 1) используется для краткосрочного прогнозирования. Формула расчета представлена ниже:

$$Y_{t+1} = m_{t-1} \frac{1}{n} * (Y_t - Y_{t-1}) ,$$

где Y_{t+1} – прогнозируемый показатель; Y_t – значение исследуемого события, предшествующее прогнозируемому на один период; Y_{t-1} – значение исследуемого события, предшествующее прогнозируемому на два периода; $t + 1$ – прогнозируемый период; t – период, предшествующий прогнозируемому периоду (минута, час, день); m_{t-1} – скользящая средняя за два периода до прогнозируемого; n – число уровней, которые входят в интервал сглаживания.

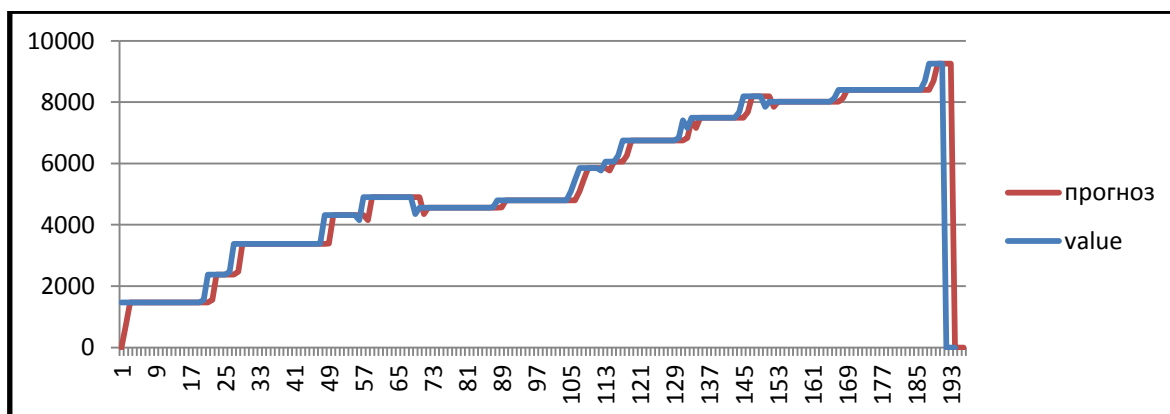


Рис. 1. Прогнозирование методом скользящей средней

Метод скользящей средней обеспечивает эффективный механизм получения значения для прогнозирования стационарных временных рядов. Этот метод представляет собой простое среднее арифметическое с течением времени, причем некоторая длина запаздывания оптимально определяется базовым циклом, присутствующим в данных. Таким образом, скользящие средние и линии скользящей средней часто выводятся специалистами для формирования ожиданий, что является одной из наиболее важных входных переменных.

Проблема использования скользящих средних заключается в их неспособности фиксировать пики и впадины ряда, которые важны для контроля аномального поведения устройств, свойственного при сбоях в работе. Когда фактические данные постоянно движутся вниз, прогноз скользящей средней имеет тенденцию давать завышенную оценку. Из этого можно сделать вывод, что этот метод не справляется с нестандартными данными. Кроме того, поскольку все точки данных в процессе скользящего среднего имеют одинаковый вес, этот подход не отражает важность упорядочения времени по отношению к наблюдениям.

Метод скользящих средних разработан на основе средних взвешенных наблюдений, которые имеют тенденцию сглаживать краткосрочные нерегулярности в рядах данных. Они полезны, если ряды данных остаются достаточно устойчивыми во времени, в данном случае, когда необходимо рассчитывать вычислительную нагрузку, важно учитывать резкие скачки ряда, в связи с чем данный метод ограниченно подходит для цели исследования.

Метод экспоненциального сглаживания

В прогнозе скользящего среднего в качестве результата прогноза используется среднее из прошлых n наблюдений. Это подразумевает равный вес для всех n точек данных. Однако при прогнозировании самые последние наблюдения обычно обеспечивают лучшее руководство для прогнозирования будущего. Кроме того, схема взвешивания, которая имеет уменьшающиеся веса по мере старения наблюдений, может дать лучшие результаты.

Если веса уменьшаются экспоненциально, когда наблюдения стареют, методы экспоненциального сглаживания могут быть очень полезны для прогнозирования [15, 16].

Учитывая, что U_t является прогнозом в некоторой точке временного ряда, а Y_t является доступным наблюдением, таким образом, ошибки прогноза – e_t оказываются:

$$e_t = Y_t - U_t.$$

Метод единичного экспоненциального сглаживания берет прогноз на предыдущий период и корректирует его, используя ошибку прогноза. Формула расчета прогноза на следующий период:

$$U_{t+1} = U_t + \alpha(Y_t - U_t),$$

где t – период, предшествующий прогнозируемому; $t+1$ – прогнозируемый период; U_{t+1} – прогнозируемый показатель; U_t – экспоненциально взвешенная средняя, принадлежащая предшествующему периоду; α – параметр сглаживания, подбираемый эмпирически; Y_t – значение экспоненциального скользящего среднего n -го порядка в точке t (последнее значение в случае временного ряда).

Можно видеть, что новый прогноз – это сложение старого прогноза с поправкой на ошибку, которая произошла в последнем прогнозе. Если α имеет значение, близкое к 1, это значит, что новый прогноз будет включать в себя существенную корректировку погрешности в предыдущем прогнозе.

Нет точного метода по выбору оптимального значения параметра сглаживания α . В некоторых случаях автор метода экспоненциального сглаживания профессор Браун предлагал рассчитывать величину параметра α , используя длину интервала сглаживания, по формуле:

$$\alpha = \frac{2}{n+1},$$

где n – число измерений, произошедших в интервале сглаживания.

Сравнение фактических значений и результата прогнозирования методом наименьших квадратов показано на рис. 2.

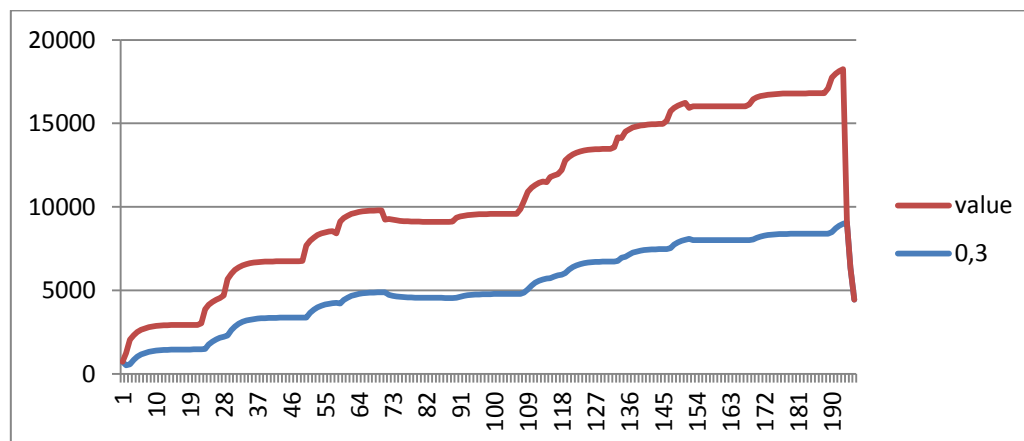


Рис. 2. Прогнозирование методом экспоненциального сглаживания для величины $\alpha=0,3$

Основные проблемы, возникающие при использовании данного метода, заключаются в определении начального значения U_0 , а также выборе значения α – параметра сглаживания. В зависимости от выбранной величины параметра α зависит, как быстро уменьшается влияние прошлых наблюдений, чем больше α – тем меньше влияние. Если величина α будет близка к единице, это приведет к тому, что при прогнозе будет учитываться преимущественно влияние последних наблюдений. Если значение α близко к нулю, влияние наблюдения уменьшается, это дает возможность учитывать при прогнозе все наблюдения.

В случаях, когда начальные условия, на которых основывается расчет прогноза, достоверны, необходимо использовать малую величину параметра сглаживания (α близкую к нулю). При отсутствии достаточной уверенности в начальных данных прогнозирования следует увеличить величину α для учета при прогнозировании влияния только последних показателей.

Обычно в качестве U_0 (начального значения сглаживающей постоянной) выбирается среднее значение оценочной выборки, которая будет использоваться для прогнозирования на протяжении периода проверочной выборки. Если ряд является продолжением предыдущего ряда, то можно использовать среднее значение этого предыдущего ряда. В качестве альтернативы среднее значение всей серии может использоваться в качестве начального значения. В некоторых случаях рекомендуется использовать разные начальные значения для сравнения показателей точности прогнозирования.

Метод наименьших квадратов

Одним из самых старых и часто используемых обычных методов наименьших квадратов является линейная регрессия, которая относится к задаче нахождения кривой или линии, наилучшим образом соответствующей набору уровней временного ряда [17].

Исследование принципа работы изучаемого явления, изменение которого описывается временным рядом, является основой для выбора кривой. В некоторых случаях принимается во внимание характер изменения уровней ряда. Если изменения ожидаются в арифметической прогрессии, то сглаживание надо производить по прямой. В случае если изменения идут в геометрической прогрессии, сглаживание производится по показательной функции.

В стандартной форме набор из N пар наблюдений используется для нахождения функции, которая соотносит значение зависимой переменной со значениями независимой переменной. При одной переменной и линейной функции предсказание дается следующим уравнением [18]:

$$Y_{t+1} = a * t + b,$$

где a – коэффициент наклона; b – коэффициент сдвига; Y_{t+1} – прогнозируемый показатель; t – условное обозначение времени.

Значения коэффициентов a и b могут быть оценены с помощью информации о фактической величине ряда динамики по формулам:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{\phi} * t) - (\sum_{i=1}^n t * \sum_{i=1}^n Y_{\phi}) / n}{\sum_{i=1}^n t^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n t)^2}{n}};$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{\phi}}{n} - \frac{a * \sum_{i=1}^n t}{n},$$

где Y_{ϕ} – фактическое значение ряда динамики; n – число уровней временного ряда.

На рис. 3 показано сравнение фактических значений и результата прогнозирования методом наименьших квадратов.

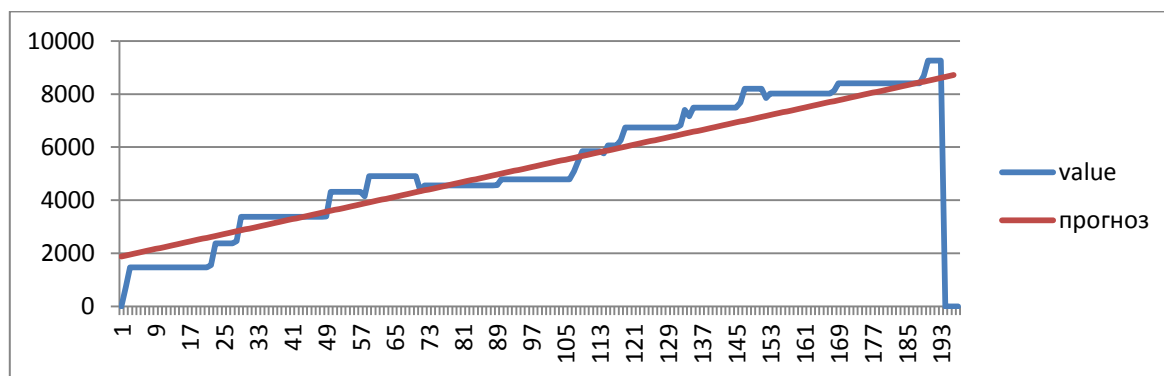


Рис. 3. Прогнозирование методом наименьших квадратов

Принцип работы метода заключается в минимизации суммы квадратов ошибок между прогнозируемыми и фактическими величинами.

Независимо от его гибкости и популярности, метод наименьших квадратов имеет свои недостатки. Недостатком метода является его чувствительность к наличию необычных точек в данных. Иногда один или два выброса могут серьезно исказить результаты прогнозирования. Это происходит в результате использования квадратов, так как возведение в квадрат увеличивает количество различий и обеспечивает гораздо более жесткое значение для наблюдений, которые являются экстремальными.

Сравнение точности используемых методов прогнозирования

Наиболее важный критерий при сравнении методов прогнозирования – точность, на основе точности полученного прогноза будут приниматься дальнейшие решения [19]. В данной работе в качестве меры точности была выбрана средняя относительная ошибка.

Для каждого метода и прогноза расчёт ошибки производился по формуле:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \left[\frac{|Y_{\phi} - Y_P|}{Y_{\phi}} * 100 \right],$$

где ε – средняя относительная ошибка; n – число уровней временного ряда; Y_{ϕ} – фактическое значение исследуемого явления; Y_p – расчетное значение исследуемого явления.

Расчет производился для всех данных, полученных в результате исследования, результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Сравнение ошибок прогнозирования при использовании рассматриваемых методов

Исследуемый метод	Метод скользящих средних	Метод экспоненциального сглаживания	Метод наименьших квадратов
Ошибка, %	12,4	35,6	42,1

Исходя из полученных данных, можно сказать, что метод скользящих средних имеет хорошую точность прогноза, методы экспоненциального сглаживания и наименьших квадратов – удовлетворительную точность.

Метод скользящих средних используется для краткосрочного прогнозирования. Несмотря на то, что метод показал лучший результат, он не способен предсказывать будущие скачки значений уровней временного ряда.

Метод наименьших квадратов используется для прогнозирования при линейном изменении данных. Если данные имеют выраженные колебания, метод неработоспособен. Раннее распознавание повышения или понижения нагрузки очень важно для предсказания надвигающегося сбоя в работе, а также для выявления действия вредоносного программного обеспечения, осуществляющего DDoS-атаки или собирающего данные о происходящих событиях, чтобы использовать их в целях злоумышленника.

Метод экспоненциального сглаживания использует для прогнозирования систему весов, в которой более поздние значения ряда имеют меньший вес доверия, по сравнению с новыми значениями, и способен фиксировать резкие изменения значений.

Все рассмотренные в работе методы математического прогнозирования имеют конкретные недостатки и могут, при совместном использовании, ограниченно применяться в прогнозирующих моделях для оценки нагрузки на вычислительную мощность IoT-сети.

Литература

1. Теория информационных процессов и систем / К.З. Билятдинов [и др.]: учеб. издание. СПб., 2019.
2. Липатников В.А., Сахаров Д.В., Кузнецов И.А. Управление безопасностью распределенной ИВС на основе прогноза заражения компьютерным вирусом // Электросвязь. 2017. № 1. С. 53–59.
3. Красов А.В., Сахаров Д.В., Тасюк А.А. Проектирование системы обнаружения вторжений для информационной сети с использованием больших данных // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2020. Т. 12. № 1. С. 70–76.
4. Проблемы информационной безопасности в интернете вещей / А.С. Карев [и др.] // Интернет вещей и 5G. 2016. С. 66–70.
5. Некоторые аспекты модели нарушителя информационной безопасности в интернете вещей / Д.М. Донской [и др.] // Интернет вещей и 5G. 2016. С. 47–50.
6. Билятдинов К.З., Красов А.В., Меняйло В.В. Исследование систем и анализ результатов испытаний. СПб.: С.-Петерб. гос. ун-т телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2019.
7. Khan M.A., Salah K. IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges // Future Generation Computer Systems. 2018. Т. 82. С. 395–411.

8. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions / J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, M. Palaniswami // *Future generation computer systems*. 2013. Т. 29. № 7. С. 1645–1660.
9. Костарев С.В., Липатников В.А., Сахаров Д.В. Модель процесса передачи результатов аудита и контроля в автоматизированной системе менеджмента предприятия интегрированной структуры // *Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы*. 2015. № 2. С. 120–125.
10. Разработка модели обеспечения отказоустойчивости сети передачи данных / Д.В. Сахаров [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности*. 2016. Т. 34. № 4. С. 14–20.
11. Кузнецов И.А., Липатников В.А., Сахаров Д.В. Управление АСМК организации интегрированной структуры с прогнозированием состояния информационной безопасности // *Электросвязь*. 2016. № 3. С. 28–36.
12. Токмачёв М.С. Временные ряды и прогнозирование. В. Новгород: НовГУ, 2005. 192 с.
13. Кизбикенов К.О. Прогнозирование и временные ряды. Барнаул: АлтГПИУ, 2017.
14. Hyndman R.J. Moving Averages // *International encyclopedia of statistical science*, Springer, Berlin/Heidelberg. 2011. pp. 866–869.
15. Baharaeen S., Masud A.S. A computer program for time series forecasting using single and double exponential smoothing techniques // *Computers & Industrial Engineering*. 1986. Т. 11. № 1-4. С. 151–155.
16. Huang J., Li C., Yu J. Resource prediction based on double exponential smoothing in cloud computing // *2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet)*. IEEE, 2012. С. 2056–2060.
17. Mastorocostas P.A., Theocharis J.B., Bakirtzis A.G. Fuzzy modeling for short term load forecasting using the orthogonal least squares method // *IEEE Transactions on Power Systems*. 1999. Т. 14. № 1. С. 29–36.
18. Miller S.J. The method of least squares // *Mathematics Department Brown University*. 2006. Т. 114.
19. Using the mean absolute percentage error for regression models / A. De Myttenaere, B. Golden, B. Le Grand, F. Rossi // *Proceedings. Presses universitaires de Louvain*. 2015. С. 113.

References

1. Teoriya informacionnyh processov i sistem / K.Z. Bilyatdinov [i dr.]: ucheb. izdanie. SPb., 2019.
2. Lipatnikov V.A., Saharov D.V., Kuznecov I.A Upravlenie bezopasnost'yu raspredelennoj IVS na osnove prognoza zarazheniya komp'yuternym virusom // *Elektrosvyaz'*. 2017. № 1. S. 53–59.
3. Krasov A.V., Saharov D.V., Tasyuk A.A. Proektirovanie sistemy obnaruzheniya vtorzhenij dlya informacionnoj seti s ispol'zovaniem bol'shih dannyh // *Naukoemkie tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyah Zemli*. 2020. Т. 12. № 1. S. 70–76.
4. Problemy informacionnoj bezopasnosti v internete veshchej / A.S. Karev [i dr.] // *Internet veshchej i 5G*. 2016. S. 66–70.
5. Nekotorye aspekty modeli narushitelya informacionnoj bezopasnosti v internete veshchej / D.M. Donskoj [i dr.] // *Internet veshchej i 5G*. 2016. S. 47–50.
6. Bilyatdinov K.Z., Krasov A.V., Menyajlo V.V. Issledovanie sistem i analiz rezul'tatov ispytaniy. SPb.: S.-Peterb. gos. un-t telekommunikacij im. prof. M.A. Bonch-Bruevicha, 2019.
7. Khan M.A., Salah K. IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges // *Future Generation Computer Systems*. 2018. Т. 82. S. 395–411.
8. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions / J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, M. Palaniswami // *Future generation computer systems*. 2013. Т. 29. № 7. S. 1645–1660.

9. Kostarev S.V., Lipatnikov V.A., Saharov D.V. Model' processa peredachi rezul'tatov audita i kontrolya v avtomatizirovannoj sisteme menedzhmenta predpriyatiya integrirovannoj struktury // Problemy informacionnoj bezopasnosti. Komp'yuternye sistemy. 2015. № 2. S. 120–125.
10. Razrabotka modeli obespecheniya otkazoustojchivosti seti peredachi dannyh / D.V. Saharov [i dr.] // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya legkoj promyshlennosti. 2016. T. 34. № 4. S. 14–20.
11. Kuznecov I.A., Lipatnikov V.A., Saharov D.V. Upravlenie ASMK organizacii integrirovannoj struktury s prognozirovaniem sostoyaniya informacionnoj bezopasnosti // Elektrosvyaz'. 2016. № 3. S. 28–36.
12. Tokmachyov M.S. Vremennye ryady i prognozirovanie. V. Novgorod: NovGU, 2005. 192 s.
13. Kizbikenov K.O. Prognozirovanie i vremennye ryady. Barnaul: AltGPU, 2017.
14. Hyndman R.J. Moving Averages // International encyclopedia of statistical science, Springer, Berlin/Heidelberg. 2011. pp. 866–869.
15. Baharaeen S., Masud A.S. A computer program for time series forecasting using single and double exponential smoothing techniques // Computers & Industrial Engineering. 1986. T. 11. № 1-4. S. 151–155.
16. Huang J., Li C., Yu J. Resource prediction based on double exponential smoothing in cloud computing. 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet). IEEE, 2012. S. 2056–2060.
17. Mastorocostas P.A., Theocharis J.B., Bakirtzis A.G. Fuzzy modeling for short term load forecasting using the orthogonal least squares method // IEEE Transactions on Power Systems. 1999. T. 14. № 1. S. 29–36.
18. Miller S.J. The method of least squares // Mathematics Department Brown University. 2006. T. 114.
19. Using the mean absolute percentage error for regression models / A. De Myttenaere, B. Golden, B. Le Grand, F. Rossi // Proceedings. Presses universitaires de Louvain. 2015. S. 113.

ОЦЕНКА ГРАФИЧЕСКИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ ПОСРЕДСТВОМ АЛГОРИТМА ПОИСКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ШАБЛОНОВ

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

А.В. Вострых;

А.В. Семёнов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлен формальный подход проведения оценки программных продуктов, используемых в структуре МЧС России, который позволяет как сравнивать программы между собой по выбранным критериям, так и находить уязвимые места в интерфейсах, отрицательно влияющих на результаты работы программ.

Ключевые слова: анализ ассоциативных правил, последовательные шаблоны, оценка графического пользовательского интерфейса

ESTIMATION OF GUI USING SEQUENTIAL PATTERN SEARCH ALGORITHMS

S.N. Terekhin; A.V. Vostrykh; A.V. Semenov.

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

The article presents a formal approach to evaluating software products used in the structure of the EMERCOM of Russia, which allows both comparing programs with each other according to the selected criteria, and finding vulnerabilities in the interfaces that negatively affect the results of programs.

Keywords: analysis of associative rules, sequential templates, evaluation of the graphical user interface

Сегодня, в ситуации стремительного и бурного развития общества и инфраструктуры МЧС России нуждается в правильном выборе программных продуктов (ПП) и внедрении новых информационных технологий, способствующих более качественному анализу, лучшему мониторингу и более оперативному реагированию на любые чрезвычайные ситуации (ЧС) [1, 2]. Проблема выбора наиболее подходящего для работы сотрудников министерства программного обеспечения является крайне важной, так как от качества ПП, и в частности графических пользовательских интерфейсов (ГПИ), зависят показатели работы специалистов (скорость работы, количество ошибок, степень сохранения навыков оперирования ГПИ, субъективная удовлетворённость) [3, 4]. В настоящее время рынок программного обеспечения пестрит многообразием ПП, отличающихся количеством функций, инструментарием, дизайном и т.д. Разработанный алгоритм и модель оценки ПП и их ГПИ позволят проводить оценку ГПИ на качественно новом уровне, основываясь на математических расчётах и проверенных временем теориях.

В статье раскрыт метод оценки ПП и их ГПИ, основанный на анализе действий пользователей ПП посредством выявления идентичных последовательностей элементарных манипуляций в интерфейсах. Как показывает практика и теория, часто повторяющиеся последовательности действий пользователей свидетельствуют о наличии определённых проблем, возникающих у них при взаимодействии с ГПИ [5]. Использование таких дисциплин, как анализ ассоциативных правил и теория последовательных шаблонов,

позволяют проводить оценку качества ГПИ, выявляя такие повторяющиеся последовательности и проверяя при этом удобство использования ГПИ, эффективность, удовлетворённость взаимодействия с ним, а также отказоустойчивость и различного рода уязвимости ГПИ, приводящие к ошибкам.

Анализ проблем пользователей с ПП показал, что чаще всего пользователь сталкивается со сложностью принятия решений и получением обратной связи от системы [6]. Приведём примеры типовых шаблонов, которые могут применяться для анализа:

- «мгновенная отмена действия» (сразу после выполнения операции она отменяется пользователем);

- «количество действий отмены» (подсчёт и анализ частоты использования команды «отмена»);

- «вызовов онлайн-справки» (подсчёт частоты вызовов справки);

- «повторение действий» (частое повторение одних и тех же действий через незначительный период времени, низкая отзывчивость ГПИ);

- «частое открытие-закрытие выпадающих списков» (многократное нажатие одного и того же элемента управления).

Так, например, для сотрудников государственного пожарного надзора МЧС России, использующих программы для расчётов рисков на объектах защиты, приоритетным параметром ГПИ является отсутствие ошибок, возникающих как по причине «человеческого фактора», так и программные. Использование шаблонов «мгновенная отмена действия», «количество действий отмены» и других позволит проводить анализ на наличие в ГПИ сбоев и ошибок.

Результатом работы метода оценки ГПИ с помощью последовательных шаблонов должны стать рекомендации по снижению количества таких шаблонов в новых версиях ПП или выборе программ с минимальным наличием таких шаблонов. Это благоприятно скажется на основных критериях качества ГПИ и снизит все виды нагрузок на пользователей.

Разработанный метод оценки ГПИ будет состоять из двух этапов.

На первом этапе анализируются отдельные пользователи, а именно выявляются их повторяющиеся шаблоны действий.

Так как индивидуальные шаблоны ещё не говорят о проблемах с ГПИ в силу специфики индивидуальных особенностей личности (например, уровня образования, уровня внимания, собранности, физиологии тела), то на втором этапе найденные индивидуальные шаблоны сравниваются между собой на наличие «массового» сходства с помощью алгоритма ArgiogiAll.

Для формализации метода необходимо ввести следующие понятия:

Элементарным действием пользователя является некоторая манипуляция с ГПИ посредством устройств «ввода» (клавиатура, мышь). Пример: клик левой клавиши мыши, использование горячих клавиш «Ctrl+Z», нажатие на инструмент интерфейса «выравнивание по ширине» и т.д. Элементарное действие включает в себя уникальный набор атрибутов: идентификатор пользователя, дата/время действия, устройство, тип.

Обозначим множество элементарных действий: $El = \{el_1, \dots, el_m\}$, $\{el_i\}$, где $i = \overline{1, m}$ – отдельное элементарное действие; m – мощность множества El .

Времена, в течение которого элементарные действия пользователя хранятся и накапливаются в хронологическом порядке, будем называть транзакцией. $Tr = \{tr_1, \dots, tr_n\}$, $\{tr_i\}$, где $i = \overline{1, n}$ – отдельная транзакция; n – мощность транзакции Tr . Необходимо отметить, что любое элементарное действие пользователя принадлежит хотя бы одной транзакции: $\forall el \in El, \exists tr \in Tr, el \in tr$. Последовательность элементарных действий пользователя (упорядоченный набор действий с повторениями) заключается в треугольные скобки. Обозначив элементарные действия целыми числами, последовательность примет вид: $\langle 3, 4, 1, 5, 2, 4, 5, 1, 6, 3, 54, 32, 2, 4 \rangle$.

С целью проведения детального анализа и концентрации внимания на определённой области ГПИ все элементарные действия пользователя будут проходить этап «фильтрации», который заключается в отборе действий по определённым критериям, например, области интерфейса (правая колонка инструментов, главное меню, рабочая область и т.д.).

Обозначим K множество всех критериев элементарных действий: $K = \{k_1, \dots, k_h\}$, где $\{k_i\}$, $i = \overline{1, h}$ – отдельная отфильтрованная транзакция; h – мощность множества критериев K . Введём оператор фильтрации:

$$\theta_{\{El\}}(K, El_i) \equiv \{\{El_i\} \in \{tr_i\} \wedge \exists \{k_i\}: el_i \subset k_i | \forall i \in N^*\}.$$

Так при наличии транзакции, состоящий из следующих элементарных действий: <клик левой клавиши мыши (А), основной инструмент (А), клик левой клавиши мыши (D), команда (В), клик правой клавиши мыши (В), вспомогательный инструмент (В), клик левой клавиши мыши (А), основной инструмент (С), команда А, команда С>, получим следующую последовательность <1, 1, 4, 2, 2, 2, 1, 3, 1, 3>. Пример работы оператора фильтрации может иметь следующие условия:

$$\theta_{\{El\}}(K, El_i) = \begin{cases} A, \text{если использован 1 критерий} \\ B, \text{если использован 2 критерий} \\ C, \text{если использован 3 критерий} \\ D \text{ другие варианты 4.} \end{cases}$$

Проведём фильтрацию исходной последовательности по критериям А и В. Получим следующую последовательность <1, 1, 2, 2, 2, 1, 1>. Так для анализа специализированных ПП оценки пожарного риска эксперт по оценке интерфейса может выставить фильтр на поиск таких шаблонов, как: «мгновенная отмена действия», «количество действий отмены», «повторение действий», «использование клавиш Esc, Ctrl+Z, кнопок отмены или возврата на шаг назад» для оценки количества ошибок и отказоустойчивости ГПИ.

Повторения нескольких элементарных действий будем называть шаблоном. $S = \{el_{ij}, \dots, el_{ij}\}$, $\{el_{ij}\}$, $i = \overline{1, p}$, $j = \overline{1, n}$ el – отдельное элементарное действие i -го шаблона. Количество вхождений в транзакцию tr шаблона S обозначим λ . Так в периоде <13254213294132> количество вхождений в шаблон <132> будет равно 3. Поддержку шаблона обозначим η . Рассчитывать данную величину будем по формуле:

$$\eta = \frac{\lambda * l_s}{l_{pr}},$$

где λ – количество вхождений; l_s – длина шаблона; l_{pr} – длина периода.

Результаты вычислений λ и η предполагаемых шаблонов в транзакции <3, 7, 8, 2, 4, 3, 7, 8, 2, 4> представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты вычислений поддержки и количества вхождений

№ п/п	s	λ	η
1	<3, 7>	2	0,2
2	<3, 7, 8>	2	0,6
3	<3, 7, 8, 2>	2	0,8
4	<3, 7, 8, 2, 4>	2	1
5	<7, 8, 2, 4, 3>	1	0,5

Шаблон s_4 имеет $\eta=1$, это значит, что он целиком составляет период (полностью определяя взаимодействие пользователя с ГПИ), поэтому будет подвержен более детальному анализу специалистов проектирования взаимодействия.

Для оценки качества ГПИ необходимо рассчитать затраченные ресурсы пользователя относительно выбранных шаблонов. Однако шаблоны не содержат информации о затрачиваемом времени на реализацию транзакций. Для преобразования шаблонов во временные интервалы введём оператор θ_t^{GOMS} , который определяется с помощью модели GOMS [7]:

$$\theta_t^{GOMS} \equiv \{El(K) \rightarrow t_{GOMS} | \{El\} \neq \emptyset\}.$$

Модель GOMS разбивает взаимодействие пользователя с ГПИ на атомарные действия. На основе полученных усредненных лабораторных данных модель GOMS имеет числовые характеристики таких переменных, как нажатие на клавишу, указание курсором мыши на объект, нажатие или отпускание мыши, выбор действия, перемещение руки в исходное положение на клавиатуре, которые определены для трех категорий пользователей (начинающий, средний сегмент, эксперт). Скорость решения задач оценивается с помощью суммы значений каждого элементарного действия пользователя. Затраченное пользователем время на выполнение одного шаблона равно сумме его элементарных действий и произведению полученной суммы на количество вхождений:

$$t(s) = \sum_{i=1}^{l_s} t(el_i) * \sum_{j=1}^n \lambda,$$

где $t(s)$ – временные затраты пользователя на выполнение шаблона; l_s – длина шаблона; $el_i \in S_{el}$ – отдельное элементарное действие пользователя в шаблоне; λ – количество вхождений в шаблон.

После того как получены возможные «проблемные» шаблоны отдельных пользователей, алгоритм переходит ко второму этапу сравнения и анализа полученных шаблонов для выявления связей между отдельными участками ГПИ и множеством пользователей.

Одной из основных проблем поиска таких шаблонов является необходимость обработки большого количества транзакций, каждая из которых содержит множество элементарных действий пользователей. Решением данной проблемы является использование одного из алгоритмов поиска ассоциативных правил. Однако данные правила имеют ряд ограничений, которые не позволяют в должной мере охватить некоторые аспекты анализа [8]:

- правила не учитывают последовательность производимых элементарных действий пользователей и динамику их произведения;
- правила не являются ориентированными на пользователей, поскольку не связывают транзакции с определенным пользователем.

Для исключения выявленных недостатков используются последовательные шаблоны. Теория последовательных шаблонов является логическим усложнением задач поиска ассоциативных правил и является их расширением. Для поиска последовательных шаблонов широко используется адаптированный алгоритм Apriori и его модификации [9]. Преимуществом данных алгоритмов от анализа ассоциативных правил является учёт не только факта совершения элементарного действия пользователями, но и анализ последовательности выполнения этих элементарных действий.

Для проведения расчётов будем использовать алгоритм AprioriAll [9]. Хотя он и использует больше вычислительных ресурсов, но в отличие от остальных алгоритмов он анализирует все немаксимальные последовательности, то есть не пропускает некоторые последовательности определённой длины, как AprioriSome, DynamicSome.

Для проведения анализа введём некоторые обозначения и исходные данные: клик левой клавиши мыши – 1, кнопка отмены – 2, инструмент А – 3, инструмент В – 4, горячая клавиша «D» – 5, сочетание клавиш «Cntr+Z» – 6.

Из исходных элементарных действий создадим базу данных пользователей в уменьшенном масштабе, табл. 2.

Таблица 2. База данных элементарных действий пользователей

ID пользователя	Дата транзакции	Идентификатор элементарных действий пользователя
1	22.06.2020	1,2
2	24.06.2020	1,3
4	25.06.2020	3,1
3	27.06.2020	1,3
3	28.06.2020	4,5
1	28.06.2020	3,4
4	04.07.2020	5,4
2	05.07.2020	4,5
6	07.07.2020	1,3
6	08.07.2020	5,4
5	08.07.2020	1,2
5	09.07.2020	3,5,4

Приступим к выполнению алгоритма AprioriAll с «фазы сортировки», заключающейся в расстановке транзакций по идентификатору пользователя и по дате произведённого этим пользователем действия, табл. 3.

Таблица 3. Пользовательские последовательности

ID пользователя	Пользовательские последовательности
1	<(1,2); (3,4)>
2	<(1,3); (4,5)>
3	<(1,3); (4,5)>>
4	<(3,1); (5,4)>
5	<(1,2); (3,5,4)>
6	<(1,3); (5,4); >

В примере в круглые скобки заключаются предметные наборы (непустая последовательность элементарных действий пользователя, появившихся в одной транзакции). В треугольные – последовательности (упорядоченные списки предметных наборов).

Последовательность является максимальной, если она не содержится в любой другой последовательности. Последовательность является поддерживаемой пользователем, если она содержится в последовательности данного пользователя. Поддержка последовательности определяется числом пользователей, поддерживающих данную последовательность. Поддержка единичного элементарного действия A вычисляется по формуле:

$$Sup(A) = \frac{V(A)}{n(Tr)},$$

где $Sup(A)$ – поддержка элементарного действия A; $V(A)$ – частота появления в транзакциях действия A; $n(Tr)$ – общее число транзакций.

Поддержка нескольких элементарных действий, например A, B, вычисляется по аналогичной формуле:

$$Sup(A, C) = \frac{V(A, C)}{n(Tr)}.$$

Задача поиска последовательных шаблонов заключается в обнаружении максимальных последовательностей среди всех последовательностей, имеющих поддержку выше заданного порога. Последовательности, удовлетворяющие ограничению минимальной поддержки, являются частыми.

Перейдём к «фазе отбора кандидатов» – в исходном наборе данных производится поиск последовательностей в соответствии со значением минимальной поддержки. Значение минимальной поддержки установим в 35 %. Каждой отобранной последовательности присвоим уникальный идентификатор для упрощения представления данных. В результате получим следующие последовательности, табл. 4.

Таблица 4. **Отобранные пользовательские последовательности**

Последовательность	Идентификатор последовательности
(1,2)	1
(1,3)	2
(4,5)	3
(5,4)	4

В «фазе трансформации» происходит многократное вычисление на подтверждение присутствия последовательности в транзакциях пользователей. Так как последовательность может быть достаточно большой, заменим каждую транзакцию на номер идентификатора последовательности. База данных преобразованных последовательностей приведена в табл. 5.

Таблица 5. **База данных преобразованных последовательностей**

ID пользователя	Пользовательские последовательности	Отобранные последовательности	Преобразованные последовательности
1	<(1,2); (3,4)>	<(1,2)>	<{1}>
2	<(1,3); (4,5)>	<(1,3); (4,5)>	<{2};{3}>
3	<(1,3); (4,5)>>	<(1,3); (4,5)>>	<{2};{3}>
4	<(3,1); (5,4)>	<(5,4)>	<{4}>
5	<(1,2); (3,5,4)>	<(1,2); (5,4)>	<{1};{4}>
6	<(1,3); (5,4); >	<(1,3); (5,4); >	<{2};{3}>

Для более детальной демонстрации алгоритма преобразуем полученные последовательности в табл. 5 в более длинные последовательности, табл. 6.

Таблица 6. **База данных преобразованных последовательностей**

ID пользователя	Пользовательские последовательности
1	<{1}{2}{3}{4}>
2	<{1}{3}{5}>
3	<{1,5}{2}{3}{4}>
4	<{4}{5}>
5	<{1}{3}{4}{3,5}>

Поставим значение минимальной поддержки в 40 % для получения и сравнения результатов как минимум у двух пользователей. Далее перейдём в «фазу генерации последовательностей», где из 1-элементных последовательностей генерируются 2-элементные с подсчётом минимальной поддержки. В таблицу записываются только те последовательности, которые удовлетворяют условию минимальной поддержки, табл. 7.

По такому же принципу далее сгенерируем 3 и 4-элементные последовательности. На пятом шаге алгоритм заканчивается, так как сформировать 5-элементные последовательности не представляется возможным. Итогом работы алгоритма станет получение трёх последовательностей, удовлетворяющих минимальной поддержке в 40 %, и не входящие в более длинные последовательности: <1 2 3 4>, <1 3 5> и <4 5>.

Таблица 7. **Отбора кандидатов n-элементных последовательностей**

1 последовательность	поддержка	2 последовательность	поддержка	3 последовательность	поддержка	4 последовательность	поддержка
<1>	4	<1 2>	2	<1 2 3>	2	<1 2 3 4>	2
<2>	2	<1 3>	4	<1 2 4>	2		
<3>	4	<1 4>	3	<1 3 4>	3		
<4>	4	<1 5>	3	<1 3 5>	2		
<5>	4	<2 3>	2	<2 3 4>	2		
		<2 4>	2				
		<3 4>	3				
		<3 5>	2				
		<4 5>	2				

Обозначим множество полученных шаблонов, подтверждённых несколькими пользователями $C = \{c_1, \dots, c_b\}$, $\{c_i\}, i = \overline{1, b}$ – отдельный подтверждённый шаблон, b – мощность множества критериев C .

Таким образом, математическую модель оценки качества логики взаимодействия с ГПИ можно описать следующим образом:

$$M_{act} \equiv \langle El, K, \theta_{\{El\}}(K, El_i), Tr, S, C, \eta, t(s) \rangle.$$

Применение разработанного метода оценки ГПИ позволит специалистам проектирования интерфейсов выявлять недостатки ГПИ в отношении приоритетных направлений качества (скорость работы, количество ошибок, отзывчивость интерфейса и т.д.) и определённой области интерфейса (рабочая область, главное меню, панель инструментов) за счёт использования фильтрации элементарных действий пользователей. Двухуровневая оценка позволит находить как индивидуальные проблемы пользователей в ГПИ, так и подтверждать их достоверность через «массовость», находя схожие проблемы у других пользователей. Схема алгоритма представлена на рисунке.

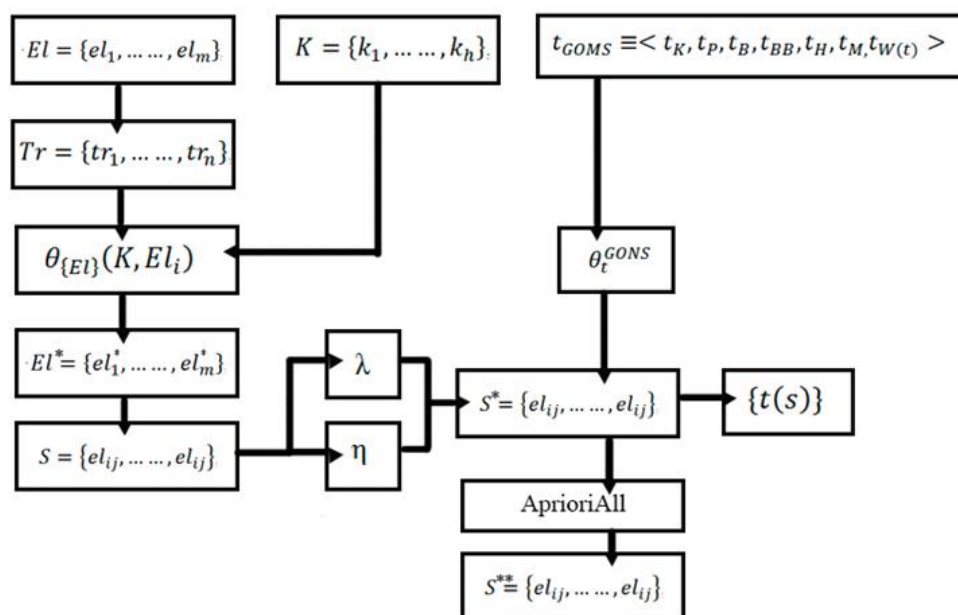


Рис. Схема алгоритма оценки качества логики взаимодействия с ГПИ

В результате работы алгоритма вычисляется множество индивидуальных повторяющихся шаблонов $\{S^*\}$, множество повторяющихся шаблонов среди группы пользователей $\{S^{**}\}$, затраченное время на выполнение шаблона $t(s)$. Гипотетически данная модель позволит проводить оценку ГПИ практически по всем известным критериям, что может свидетельствовать об универсальности данного инструмента, а его реализация в виде программного приложения позволит автоматизировать процесс, ускорив и упростив проведение оценки. Также данная модель и алгоритм может применяться в модернизации сетевых информационных ресурсов МЧС России, таких как официальный сайт МЧС России [10]. Имея статистическую информацию о наиболее часто повторяющихся последовательностях переходов по страницам, можно размещать на соответствующих страницах определённый контент или изменить структуру сайта с целью более быстрого и удобного доступа к некоторым страницам.

Литература

1. О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 17 нояб. 2008 г. № 1662-р (в ред. от 8 авг. 2009 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. О плане мероприятий на 2018–2024 годы (I этап) по реализации Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Основ государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от ЧС на период до 2030 года: приказ МЧС России от 22 окт. 2018 г. № 467. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Вострых А.В. Сравнительный анализ методов оценки человеко-машинных интерфейсов // Актуальные проблемы инфо-телекоммуникаций в науке и образовании. 2019: сб. науч. ст. VIII Междунар. науч.-техн. конф. 2019. С. 179–184.
4. Ахунова Д.Г., Вострых А.В. Преимущества перехода на целеориентированное проектирование интерфейсов для мобильных пользователей информационных систем: материалы V Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. «РОСИНФОКОМ-2019». С. 5–9.

5. Balbo S., Goschnick S., Tong D., Paris C. Leading Usability Evaluations to WAUTER. Proc. 11th Australian World Wide Web Conf. (AusWeb), Gold Coast, Australia, Southern Cross Univ. 2005. pp. 279–290.
6. Данилов Н.А., Шульга Т.Э. Метод построения тепловой карты на основе точечных данных об активности пользователя приложения // Прикладная информатика. 2015. Т. 10. № 2. С. 49–58.
7. Раскин Д. Интерфейс Новые направления в проектировании компьютерных систем. Символ. СПб.–М., 2007. 257 с.
8. Piatetsky-Shapiro G. Discovery, analysis, and presentation of strong rules // Knowledge Discovery in Databases / Piatetsky-Shapiro, Gregory; and Frawley, William J. Cambridge, MA.: AAAI/MIT Press, 1991.
9. Agrawal R. Srikant R. Fast Algorithms for Mining Association Rules: In Proc. of the 20th Int'l Conference on Very Large Databases, Santiago, Chile, September 1994.
10. 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.

References

1. О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 17 нояб. 2008 г. № 1662-р (в ред. от 8 авг. 2009 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. О плане мероприятий на 2018–2024 годы (I этап) по реализации Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Основ государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от ЧС на период до 2030 года: приказ МЧС России от 22 окт. 2018 г. № 467. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Vostryh A.V. Sravnitel'nyj analiz metodov ocenki cheloveko-mashinnyh interfejsov // Aktual'nye problemy info-telekommunikacij v nauke i obrazovanii. 2019: sb. nauch. st. VIII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. 2019. S. 179–184.
4. Ahunova D.G., Vostryh A.V. Preimushchestva perekhoda na celeorientirovannoe proektirovanie interfejsov dlya mobil'nyh pol'zovatelej informacionnyh sistem: materialy V Vseros. nauch.-tekhn. konf. s mezhdunar. uchastiem. «ROSINFOKOM-2019». S. 5–9.
5. Balbo S., Goschnick S., Tong D., Paris C. Leading Usability Evaluations to WAUTER. Proc. 11th Australian World Wide Web Conf. (AusWeb), Gold Coast, Australia, Southern Cross Univ. 2005. pp. 279–290.
6. Danilov N.A., Shul'ga T.E. Metod postroeniya teplovoj karty na osnove tochechnykh dannyx ob aktivnosti pol'zovatelya prilozheniya // Prikladnaya informatika. 2015. T. 10. № 2. S. 49–58.
7. Raskin D. Interfejs Novye napravleniya v proektirovanii komp'yuternykh sistem. Simvol. SPb.–M., 2007. 257 s.
8. Piatetsky-Shapiro G. Discovery, analysis, and presentation of strong rules // Knowledge Discovery in Databases / Piatetsky-Shapiro, Gregory; and Frawley, William J. Cambridge, MA.: AAAI/MIT Press, 1991.
9. Agrawal R. Srikant R. Fast Algorithms for Mining Association Rules: In Proc. of the 20th Int'l Conference on Very Large Databases, Santiago, Chile, September 1994.
10. Bujnevich M.V., Maksimov A.V., Vostryh A.V. Analiz rezul'tatov audita setevykh informacionnykh resursov MCHS Rossii // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2020. № 1. S. 101–110.

КОМПАКТНЫЕ АЛГОРИТМЫ СИНТЕЗА МАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ В MathCAD

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

С.С. Дворников, кандидат технических наук.

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

А.Ф. Крячко, доктор технических наук, профессор.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Представлены алгоритмы синтеза манипулированных сигналов, разработанных в системе автоматизированного проектирования MathCAD с использованием модуля «Programming Toolbar» из состава специальной панели инструментов. Дано пояснение особенностей практической реализации исходных кодов. Приведены иллюстрации эюргов синтезированных сигналов. Показана уникальность алгоритмов, заключающаяся в компактности исходных кодов, с возможностью управления информационными и техническими параметрами синтезируемых сигналов.

Ключевые слова: алгоритмы синтеза манипулированных сигналов, система автоматизированного проектирования MathCAD, модуль «Programming Toolbar»

COMPACT SYNTHESIS ALGORITHMS MANIPULATED SIGNALS IN MathCAD

S.V. Dvornikov; S.S. Dvornikov.

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

A.F. Kryachko. Saint-Petersburg state university of aerospace instrumentation

Algorithms for the synthesis of manipulated signals developed in the MathCAD computer-aided design system using the «Programming Toolbar» module from a special toolbar are presented. An explanation of the features of the practical implementation of source codes is given. The illustrations of the diagrams of the synthesized signals are given. The uniqueness of the algorithms is shown, consisting in the compactness of the source codes, with the ability to control the information and technical parameters of the synthesized signals.

Keywords: manipulated signal synthesis algorithms, MathCAD computer-aided design system, Programming Toolbar module

Система автоматического проектирования (САПР) MathCAD разработана профессором Алленом Раздовом в 1986 г. в стенах Массачусетского технологического института [1]. Простота и удобство применения САПР MathCAD обеспечила ей широкое применение в различных областях науки [2].

В настоящее время встроенный модуль «Programming Toolbar» позволяет в среде САПР MathCAD синтезировать достаточно сложные технологические процессы. Для облегчения и удобства работы пользователя в САПР MathCAD разработаны многочисленные руководства и наставления [3–12]. Однако проведенный анализ их содержания показал, что в них достаточно слабо раскрыты вопросы синтеза манипулированных сигналов с конкретным информационным наполнением и заданными техническими параметрами.

В связи с этим в настоящей статье представлены результаты разработки компактных алгоритмов синтеза манипулированных сигналов в среде MathCAD с возможностью предварительного задания их информационных и технических параметров. Предполагается,

что указанные алгоритмы могут быть использованы при программировании устройств, построенных на основе *SDR*-технологий (software-defined radio).

Описание алгоритмов синтеза сигналов

Согласно работам [13, 14], манипуляция (цифровая модуляция) представляет собой процесс преобразования последовательности кодовых символов в последовательность сигналов, путем модуляции одного или нескольких их параметров.

На практике широкое применение получили сигналы амплитудной, частотной и фазовой манипуляций. В качестве манипулирующего сигнала используют последовательность импульсов, которую называют первичный электрический сигнал (ПЭС) [15].

Алгоритм синтеза ПЭС с заданными информационными параметрами представлен на рис. 1.

$$U := \begin{array}{|l} I \leftarrow M \\ \text{for } i \in 0..K - 1 \\ \quad \text{for } d \in 0..I - 1 \\ \quad \quad x_{i+d \cdot K} \leftarrow D_d \\ X \leftarrow x \end{array}$$

Рис. 1. Код алгоритма формирования ПЭС в среде MathCAD

В алгоритме на рис. 1 информационный параметр задается в предварительно формируемой матрице D (буквенные обозначения параметров здесь и далее приводятся согласно требованиям редактора MathCAD).

Регулируемыми параметрами разработанного алгоритма являются переменная M (определяет количество элементов в исходном ПЭС) и переменная K (задает количество дискретных отсчетов, приходящихся на длительность информационного элемента ПЭС). Следует отметить, что формирование информационного вектора D осуществляется посредством встроенного в специальную панель инструментов модуля «Vector and Matrix Toolbar», в котором последовательность битов вносится вручную.

Для примера на рис. 2 изображен фрагмент ПЭС, состоящего из периодической последовательности информационных «0» и «1», в виде двухсторонних импульсов. Значения переменных $M=16$, $K=32$.

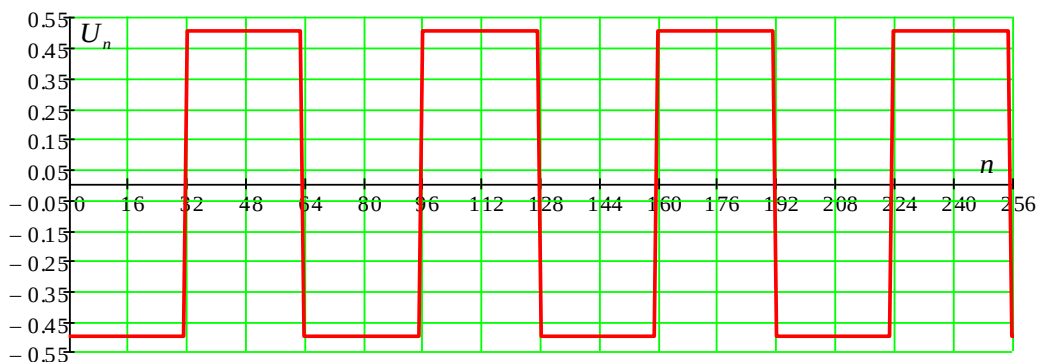


Рис. 2. Временное представление ПЭС в виде бинарных импульсов

На рис. 3 изображен спектр синтезированного ПЭС. Заметим, что в САПР MathCAD спектр формируется на основе встроенной функции оконного преобразования Фурье, обозначаемого как «fft», у которой число отсчетов в два раза меньше, чем у временного фрагмента. При этом следует учитывать, что для корректного формирования спектра число дискретных отсчетов должно быть кратным степени числа 2 минус 1, так как функция «fft» работает, начиная с нулевого отсчета.

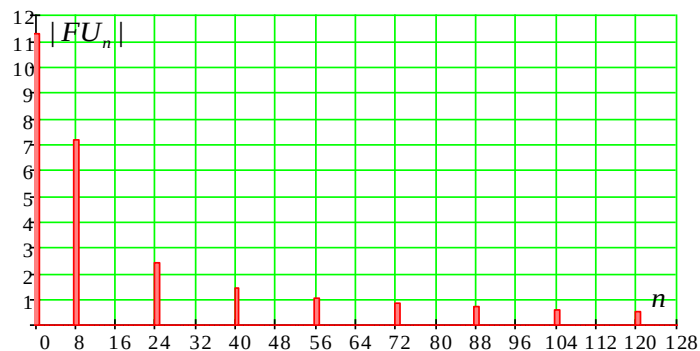


Рис. 3. Спектральное представление импульсов ПЭС

Алгоритм синтеза сигналов амплитудной манипуляции (АМ) представлен на рис. 4.

$$\begin{array}{l}
 \underline{\underline{A}} := \left\{ \begin{array}{l} I \leftarrow M \\ \text{for } i \in 0..K - 1 \\ \quad \text{for } d \in 0..I - 1 \\ \qquad z1_{i+d \cdot K} \leftarrow \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{i}{K} \cdot F1\right) \cdot D_d \\ X \leftarrow z1 \end{array} \right.
 \end{array}$$

Рис. 4. Код алгоритма формирования сигнала АМ в среде MathCAD

Предлагаемый алгоритм разработан на основе манипуляции гармонического сигнала информационным вектором ПЭС (на рис. 4 обозначен как D). Параметр F1 определяет количество колебаний на длительности каждого элемента ПЭС. Для примера на рис. 5 изображен сигнал АМ, синтезированный при условии F1=8.

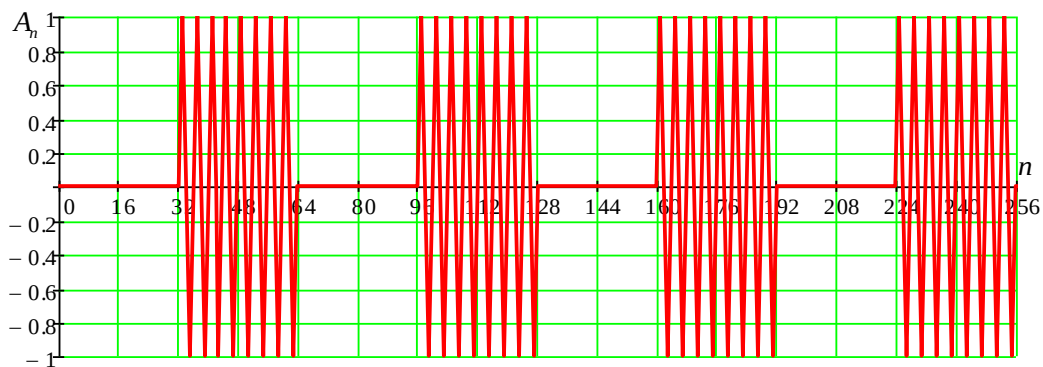


Рис. 5. Временное представление сигнала АМ

Спектр синтезированного сигнала АМ изображен на рис. 6.

Следует отметить, что структура спектра сигнала АМ аналогична спектру ПЭС, отличие лишь в том, что спектр АМ двухсторонний. При этом значение параметра F1 определяет величину смещения его максимального значения по оси ординат.

Алгоритм синтеза сигнала частотной манипуляции (ЧМ) представлен на рис. 7.

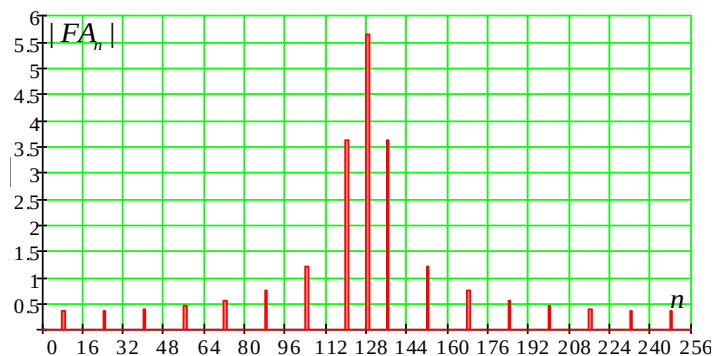


Рис. 6. Спектральное представление сигнала АМ

Поскольку по своей сути сигнал ЧМ является аддитивной совокупностью двух сигналов АМ, то и алгоритм его синтеза построен с этих позиций.

```

Z := | I ← M
      | for i ∈ 0..K - 1
      |   for d ∈ 0..I - 1
      |     | z2i+d·K ← sin(2 · π ·  $\frac{i}{K}$  · F1) · (Dd)
      |     | z1i+d·K ← sin(2 · π ·  $\frac{i}{K}$  · F2) · (1 - Dd)
      |     | X ← z1 + z2

```

Рис. 7. Код алгоритма формирования сигнала ЧМ в среде MathCAD

В алгоритме на рис. 7 значение z1 представляет собой сигнал АМ с частотой F1 (соответствует информационным символам «0»), а значение z2 соответственно сигнал АМ с частотой F2 (соответствует информационным символам «1»), рис. 8.

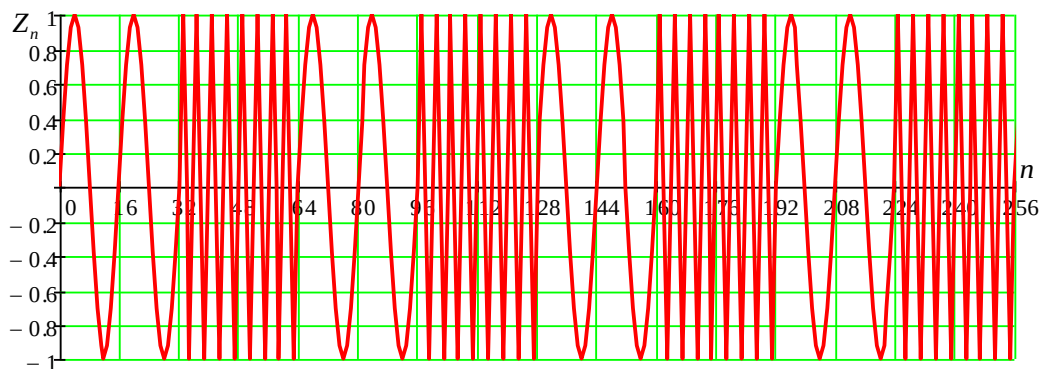


Рис. 8. Временное представление сигнала ЧМ

Сигнал, фрагмент которого изображен на рис. 8, синтезирован при условии, что $F1=8$, а $F2=2$. Остальные параметры сигнала ЧМ аналогичны параметрам, рассмотренным ранее для сигнала АМ.

Спектр сигнала ЧМ показан на рис. 9. По своей структуре он представляет собой спектры двух сигналов АМ с соответствующими частотами.

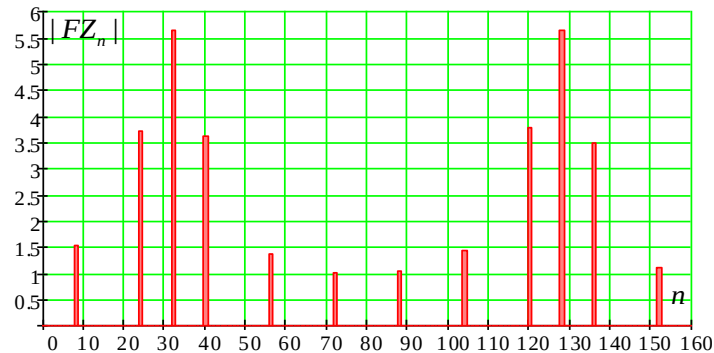


Рис. 9. Спектральное представление сигнала ЧМ

Алгоритм синтеза сигнала фазовой манипуляции (ФМ) (рис. 10) строился из учета того, что смена информационной посылки определяется инверсией фазы несущего колебания на π .

```

Q :=
  I ← M
  for i ∈ 0..1 · K – 1
    for d ∈ 0..I – 1
      
$$z2_{i+d \cdot K} \leftarrow \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{i}{K} \cdot F1\right) \cdot D_d$$

      
$$z1_{i+d \cdot K} \leftarrow \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{i}{K} \cdot F1 + \pi\right) \cdot (1 - D_d)$$

    X ← z1 + z2

```

Рис. 10. Код алгоритма формирования сигнала ФМ в среде MathCAD

Алгоритм синтеза сигнала ФМ близок по своей структуре алгоритму формирования сигнала ЧМ.

На рис. 11 изображен фрагмент синтезированного сигнала ФМ при значении $F1=8$.

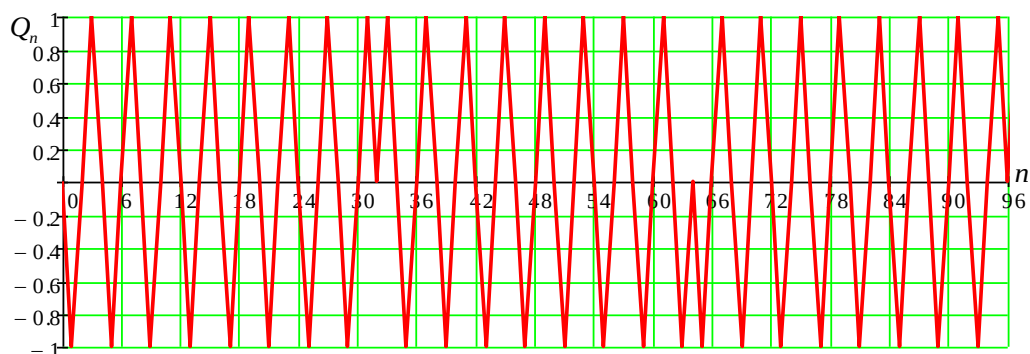


Рис. 11. Временное представление сигнала ФМ

Спектр сигнала ФМ представлен на рис. 12.

Следует отметить, что в качестве иллюстрационных примеров в работе специально рассматривалась упорядоченная повторяющаяся последовательность информационных битов. Это позволило получить для синтезированных манипулированных сигналов их каноническое спектральное представление.

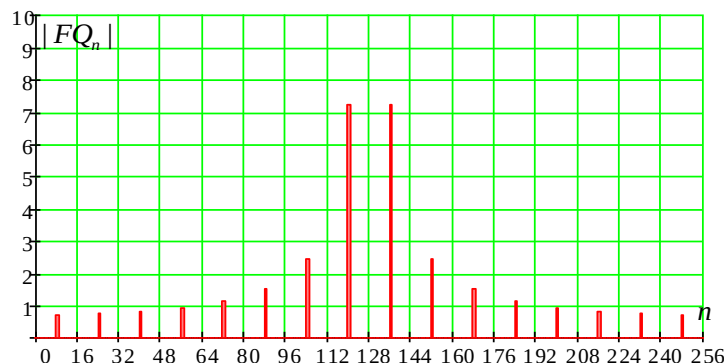


Рис. 12. Спектральное представление сигнала ФМ

Вместе с тем разработанные алгоритмы позволяют синтезировать фрагменты манипулированных сигналов при любой комбинации информационных значений, которые определяются матрицей D, заполняемой в ручном режиме.

Кроме того, математический редактор модуля «Programming Toolbar» САПР MathCAD позволяет работать с переменными, которые могут быть предварительно определены ранее, то есть не непосредственно в алгоритме программы. Например, в структуре алгоритмов на рис. 4, 7, 10 сигнал $\sin\left(2\pi \frac{i}{K} F1\right)$ может быть представлен переменной s_i , если предварительно указанная переменная будет определена как $s_i := \sin\left(2\pi \frac{i}{K} F1\right)$. Это позволит сделать алгоритм еще более универсальным.

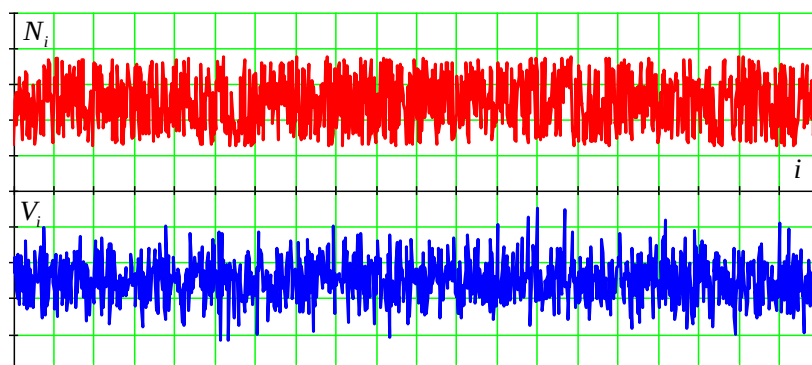


Рис. 13. Временное представление фрагментов синтезированного шума

Поскольку на практике обработка сигналов, как правило, происходит в шумах, то и при моделировании достаточно часто возникает необходимость синтеза шумовых последовательностей [16]. Многие специалисты, проводящие эксперименты в САПР MathCAD, для синтеза шума используют встроенную функцию «rnd(x)» [17]. Здесь

параметр x определяет диапазон разброса амплитудных значений, определяющих ее функции.

С учетом особенностей функции «rnd(x)», синтез шумовой последовательности можно осуществлять, используя следующий код $N_i := \text{rnd}(x) - 0.5$. На рис. 13 (вверху) показано временное представление шумовой последовательности на длительности 1024 отсчета.

Однако, по мнению авторов, учитывая, что шумы имеют гауссово распределение, целесообразно использовать для их синтеза следующий код $V_i := \sigma \sqrt{-\ln[\text{rnd}(1)]} \cos[2\pi \text{rnd}(1)]$. Обоснованность данного выбора авторы намерены рассмотреть в следующих публикациях. На рис. 13 (внизу) показано временное представление шумовой последовательности V_i на длительности 1024 отсчета. Спектры шумовых последовательностей представлены на рис. 14.

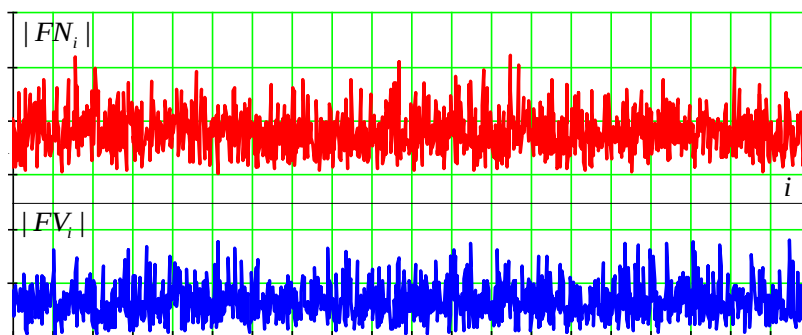


Рис. 14. Спектральное представление фрагментов синтезированного шума

Представленные в работе алгоритмы разрабатывались с учетом возможности дальнейшего их использования для написания программных кодов для сигнальных процессоров, программируемых логических интегральных схем и устройств, построенных на основе SDR-технологий [18].

Предполагается, что синтезированные сигналы будут использоваться в интересах решения различных задач в области радиотехники.

В частности, сигналы, синтезированные на основе разработанных алгоритмов, прошли успешную апробацию при решении задач распознавания радиоизлучений по видам модуляции [19, 20], демодуляции [21–25], исследования свойств сигналов [26–29].

Направление дальнейших исследований авторы связывают с разработкой компактных алгоритмов синтеза сигналов квадратурной манипуляции [30].

Литература

1. Allen & Darrel Projects. URL: www.razdow.com (дата обращения: 11.04.2020).
2. MathCAD. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Mathcad> (дата обращения: 25.04.2020).
3. Кирьянов Д. MATHCAD 15/ MATHCAD PRIME 1. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 432 с.
4. Nguyen D.C., Gierman S.M., O'Shea P.G. An fel design code running on Mathcadtm // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 1995. T. 358. № 1-3. С. ABS67-ABS68.
5. MathCAD Tutorial By Colorado State University Student: Minh Anh Nguyen Power Electronic III. URL: <https://www.engr.colostate.edu/ECE562/mathcad.pdf> (дата обращения: 17.03.2020).

6. Mathcad Tutorial by Prof. Bern Kohler, The Ohio State University modified by Prof. D.S. Hamilton, University of Connecticut. URL: <https://www.phys.uconn.edu/~hamilton/phys258/P/tutorial.pdf> (дата обращения: 12.04.2020).
7. Ouden C.D. Buildings thermal analysis, an electronic Mathcad book // Solar Energy. 1997. Т. 60. № 1. С. 61.
8. User's Guide Mathcad 14.0 February 2007. URL: <https://manualzz.com/doc/4205109/mathcad-manual> (дата обращения: 03.03.2020).
9. Дубенецкая Е.Р. Использование пакета Mathcad в процессе изучения студентами политехнического колледжа математических дисциплин // Ученые записки ИИО РАО. 2012. № 44. С. 21–27.
10. Wentworth S., Mousavinezhad S.H., Pan W., Mina M. Enhancing electromagnetics instruction using Matlab and Mathcad // ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings 201.
11. Mathcad Step by Step Tutorials for Beginners. Electronics Believer Your Online Teacher. URL: <http://electronicsbeliever.com/mathcad-step-by-step-tutorials-for-beginners/> (дата обращения: 23.04.2020).
12. Solodov A., Ochkov V. Differential models: an introduction with MATHCAD // Differential Models: An Introduction with Mathcad. 2005. С. 1–232.
13. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MathCAD&PRO в математике, физике и Internet. М.: Нолидж, 2000. 503 с.
14. Wireless Digital Communications: Modulation and Spread-Spectrum Applications, by Dr. Kamilo Feher. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995.
15. Архитектурные уязвимости моделей телекоммуникационных сетей / М.В. Буйневич [и др.] // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 4. С. 86–93.
16. Самаров Е.К. Синтез алгоритма оптимальной линейной модуляции шума в цифровой обработке изображений // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2019. Т. 15. № 2. С. 77–83.
17. Прохоров С.А. Аппроксимативный анализ случайных процессов. 2-е изд., перераб. и доп. Самара: СНЦ РАН, 2001. 286 с.
18. Дулькейт И.В., Завьялов С.А., Свирский В.М. Использование SDR технологий в морской радиосвязи // Омский научный вестник. 2018. № 1 (157). С. 63–68.
19. Дворников С.В., Дворников С.С., Коноплев М.А. Алгоритм распознавания сигналов радиосвязи на основе симметрических матриц // Информационные технологии. 2010. № 9. С. 75–77.
20. Способ распознавания радиосигналов: пат. на изобретение RUS 2430417 от 25.05.2010 / А.А. Устинов [и др.]; опубл. 27.09.2011; Бюл. № 27.
21. Дворников С.В., Осадчий А.И. Демодуляция сигналов на основе обработки их модифицированных распределений // Контроль. Диагностика. 2010. № 10. С. 46–54.
22. Демодуляция сигналов офт на основе адаптивного порога / С.В. Дворников [и др.] // Вопросы радиоэлектроники. Сер.: Техника телевидения. 2013. № 2. С. 90–97.
23. Аверьянов А.В., Бобровский В.И. [и др.]. Способ демодуляции сигналов с относительной фазовой модуляцией (варианты): пат. на изобретение RUS 2454014 от 16.12.2010, опубл. 20.06.2012, Бюл. № 17.
24. Дворников С.В., Дворников С.С. [и др.]. Демодулятор сигналов с относительной фазовой модуляцией: патент на изобретение RUS 2460225 от 22.08.2011. опубл. 27.08.2012, Бюл. № 24;
25. Симонгауз В.И. Оптимальная синхронизация и демодуляция радиосигнала с многопозиционной фазовой манипуляцией // Радиотехника. 2017. № 11. С. 87–96.
26. Дам В.Н., Ле Х.Н. Исследование влияния различных шумов на выбор кумулянтных признаков в задаче распознавания видов цифровой модуляции радиосигналов // Информатизация и связь. 2017. № 1. С. 43–48.

27. Дворников С.С., Дворников С.В. Формирование сигналов с непрерывной фазой для передачи дискретной информации // Информационные технологии. 2016. Т. 22. № 6. С. 435–440.

28. Белов О.А., Алексеева Н.Н., Таварткиладзе Г.А. Метод анализа и визуализации тонкой временной структуры сигнала задержанной отоакустической эмиссии // Вестник оториноларингологии. 2014. № 2. С. 58–62.

29. Дворников С.В., Манаенко С.С., Дворников С.С. Параметрическая мимикрия сигналов, модулированных колебаниями и сформированных в различных функциональных базисах // Информационные технологии. 2015. Т. 21. № 4. С. 259–263.

30. Какора В.А. Адаптивная квадратурная демодуляция радиосигналов // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ-2015»: материалы XI Междунар. молодеж. науч.-техн. конф. Севастополь: Севастопольский гос. ун-т, 2015. С. 49.

References

1. Allen & Darrel Projects. URL: www.razdow.com (data obrashcheniya: 11.04.2020).
2. MathCAD. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Mathcad> (data obrashcheniya: 25.04.2020).
3. Kir'yanov D. MATHCAD 15/ MATHCAD PRIME 1. SPb.: BHV-Peterburg, 2012. 432 s.
4. Nguyen D.C., Gierman S.M., O'Shea P.G. An fel design code running on Mathcadtm. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. 1995. Т. 358. № 1-3. S. ABS67-ABS68.
5. MathCAD Tutorial By Colorado State University Student: Minh Anh Nguyen Power Electronic III. URL: <https://www.engr.colostate.edu/ECE562/mathcad.pdf> (data obrashcheniya: 17.03.2020).
6. Mathcad Tutorial by Prof. Bern Kohler, The Ohio State University modified by Prof. D.S. Hamilton, University of Connecticut. URL: <https://www.phys.uconn.edu/~hamilton/phys258/P/tutorial.pdf> (data obrashcheniya: 12.04.2020).
7. Ouden C.D. Buildings thermal analysis, an electronic Mathcad book // Solar Energy. 1997. Т. 60. № 1. S. 61.
8. User's Guide Mathcad 14.0 February 2007. URL: <https://manualzz.com/doc/4205109/mathcad-manual> (data obrashcheniya: 03.03.2020).
9. Dubeneckaya E.R. Ispol'zovanie paketa Mathcad v processe izucheniya studentami politekhnicheskogo kolledzha matematicheskikh disciplin // Uchenye zapiski IIO RAO. 2012. № 44. S. 21–27.
10. Wentworth S., Mousavinezhad S.H., Pan W., Mina M. Enhancing electromagnetics instruction using Matlab and Mathcad // ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings 201.
11. Mathcad Step by Step Tutorials for Beginners. Electronics Believer Your Online Teacher. URL: <http://electronicsbeliever.com/mathcad-step-by-step-tutorials-for-beginners/> (data obrashcheniya: 23.04.2020).
12. Solodov A., Ochkov V. Differential models: an introduction with MATHCAD // Differential Models: An Introduction with Mathcad. 2005. S. 1–232.
13. D'yakonov V.P., Abramenkova I.V. MathCAD&PRO v matematike, fizike i Internet. M.: Nolidzh, 2000. 503 c.
14. Wireless Digital Communications: Modulation and Spread-Spectrum Applications, by Dr. Kamilo Feher. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995.
15. Arhitekturnye uyazvimosti modelej telekommunikacionnyh setej / M.V. Bujnevich [i dr.] // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2015. № 4. S. 86–93.
16. Samarov E.K. Sintez algoritma optimal'noj linejnoy modulyacii shuma v cifrovoj obrabotke izobrazhenij // Elektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy. 2019. Т. 15. № 2. S. 77–83.

17. Prohorov S.A. *Approksimativnyj analiz sluchajnyh processov*. 2-e izd., pererab. i dop. Samara: SNC RAN, 2001. 286 s.
18. Dul'kejt I.V., Zav'yalov S.A., Svirskij V.M. Ispol'zovanie SDR tekhnologij v morskoj radiosvyazi // *Omskij nauchnyj vestnik*. 2018. № 1 (157). S. 63–68.
19. Dvornikov S.V., Dvornikov S.S., Konoplev M.A. Algoritm raspoznavaniya signalov radiosvyazi na osnove simmetricheskikh matric // *Informacionnye tekhnologii*. 2010. № 9. S. 75–77.
20. Ustinov A.A., Dvornikov S.V. i dr. Sposob raspoznavaniya radiosignalov: pat. na izobretenie RUS 2430417 ot 25.05.2010.
21. Dvornikov S.V., Osadchij A.I. Demodulyaciya signalov na osnove obrabotki ih modifitsirovannykh raspredelenij // *Kontrol'. Diagnostika*. 2010. № 10. S. 46–54.
22. Demodulyaciya signalov oft na osnove adaptivnogo poroga / S.V. Dvornikov [i dr.] // *Voprosy radioelektroniki*. Ser.: Tekhnika televideniya. 2013. № 2. S. 90–97.
23. Aver'yanov A.V., Bobrovskij V.I. i dr. Sposob demodulyacii signalov s otnositel'noj fazovoj modulyaciej (varianty): pat. na izobretenie RUS 2454014 ot 16.12.2010.
24. Dvornikov S.V., Dvornikov S.S. i dr. Demodulyator signalov s otnositel'noj fazovoj modulyaciej: pat. na izobretenie RUS 2460225 ot 22.08.2011.
25. Simongauz V.I. Optimal'naya sinhronizaciya i demodulyaciya radiosignala s mnogopozicionnoj fazovoj manipulyaciej // *Radiotekhnika*. 2017. № 11. S. 87–96.
26. Dam V.N., Le H.N. Issledovanie vliyaniya razlichnykh shumov na vybor kumulyantnykh priznakov v zadache raspoznavaniya vidov cifrovoj modulyacii radiosignalov // *Informatizaciya i svyaz'*. 2017. № 1. S. 43–48.
27. Dvornikov S.S., Dvornikov S.V. Formirovanie signalov s nepreryvnoj fazoj dlya peredachi diskretnoj informacii // *Informacionnye tekhnologii*. 2016. T. 22. № 6. S. 435–440.
28. Belov O.A., Alekseeva N.N., Tavartkiladze G.A. Metod analiza i vizualizacii tonkoj vremennoj struktury signala zaderzhannoj otoakusticheskoy emissii // *Vestnik otorinolaringologii*. 2014. № 2. S. 58–62.
29. Dvornikov S.V., Manaenko S.S., Dvornikov S.S. Parametricheskaya mimikriya signalov, modulirovannykh kolebaniyami i sformirovannykh v razlichnykh funkcional'nykh bazisah // *Informacionnye tekhnologii*. 2015. T. 21. № 4. S. 259–263.
30. Kakora V.A. Adaptivnaya kvadraturnaya demodulyaciya radiosignalov // *Sovremennye problemy radiotekhniki i telekommunikacij «RT-2015»: materialy XI Mezhdunar. molodezh. nauch.-tekhn. konf. Sevastopol': Sevastopol'skij gos. un-t, 2015. S. 49.*

ПРИМЕНЕНИЕ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Т.Н. Антошина, кандидат педагогических наук;
А.А. Кабанов, кандидат юридических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматривается применение визуализации данных в автоматизированных информационных системах. Раскрыты понятия «визуализация», «пространственная база данных», «визуализация данных». Даны категории визуализации данных, используемые в автоматизированных информационных системах. Перечислены инструменты для визуализации данных в автоматизированных информационных системах.

Ключевые слова: автоматизированная информационная система, база данных, данные, визуализация, визуализация данных, информационная система

APPLICATION OF DATA VISUALIZATION IN AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS

T.N. Antoshina; A.A. Kabanov.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article discusses the application of data visualization in automated information systems. The concepts of «visualization», «spatial database», «data visualization» are disclosed. The categories of data visualization used in automated information systems are given. Tools for data visualization in automated information systems are listed.

Keywords: automated information system, database, data, visualization, data visualization, information system

Мы живём в век инновационных технологий и изобретений. С каждым днём технологии развиваются в геометрической прогрессии, и именно поэтому они играют ключевую роль в жизни общества.

За последнее десятилетие произошло колоссальное увеличение объема цифровых данных, поступающих из различных источников. Системы баз данных позволяют осуществлять массовый сбор данных, которые могут быть использованы для выявления различных проблем и дают возможность прогнозирования путем выявления важных влияющих факторов. Следовательно, можно наблюдать повышенный интерес к использованию этих больших структурированных и неструктурированных наборов данных в целях повышения эффективности принятия обоснованных и аналитических решений.

На сегодняшний момент в мире ежедневно производится 2,5 квинтиллиона байт данных, и 90 % всех данных было создано за последние два года. С таким большим количеством данных становится все труднее управлять и самое главное оперативно принимать решения.

«Обработка колоссального объёма данных невозможна для любого отдельного человека, но автоматизированной информационной системе (АИС) намного проще пробираться через данные, поскольку АИС разрабатывается и внедряется с целью повышения оперативности и обоснованности управленческих решений» [1].

Цель внедрения таких АИС в практику управления состоит в повышении оперативности и обоснованности принимаемых решений за счет более полного

использования информации. Накопление, хранение и выдачу информации для решения задач управления в автоматизированном режиме обеспечивают пространственные базы данных.

«Пространственная база данных – база данных (рис.), оптимизированная для хранения и выполнения запросов к данным о пространственных объектах, представленных некоторыми абстракциями: точка, линия, многоугольник и им подобных» [2].

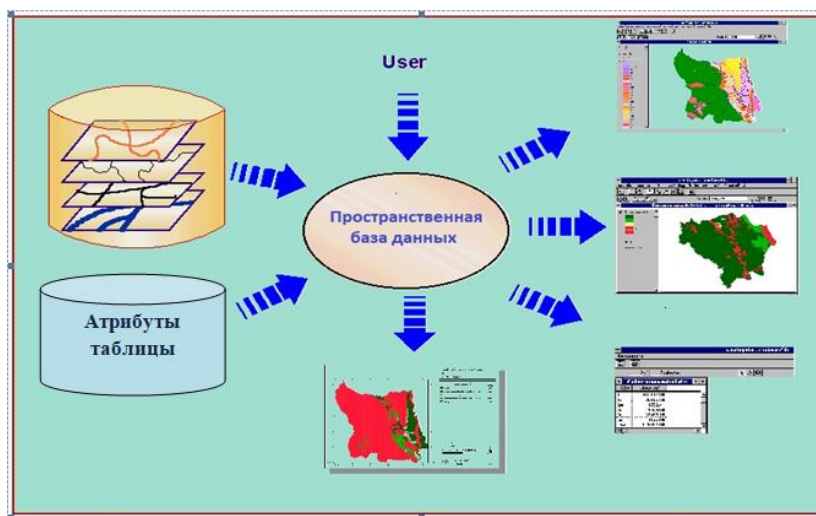


Рис. Пример пространственной базы данных

Так как пространственные базы данных обладают возможностями работы с целостными пространственными объектами, объединяющими как традиционные виды данных (описательная часть или атрибутивная), так и геометрические (данные о положении объекта в пространстве), то в них должны быть включены инструменты для визуализации данных.

Визуализация (англ. rendering – «Рендеринг») – термин в компьютерной графике, обозначающий процесс получения изображения из модели с помощью компьютерной программы.

«Визуализация данных – это представление данных в виде, который обеспечивает наиболее эффективную работу человека по их изучению» [3].

Визуализация данных относится к методам, используемым для передачи сведений из данных через визуальное представление. Его основная цель состоит в том, чтобы перегонять большие наборы данных в визуальную графику, чтобы обеспечить легкое понимание сложных отношений внутри данных. Она часто используется взаимозаменяемо с такими терминами, как информационная графика, статистическая графика и визуализация информации.

Это один из этапов процесса науки о данных, разработанного Джо Блишштейном, который является основой для решения задач науки о данных. После того, как данные собраны, обработаны и смоделированы, отношения должны быть визуализированы, чтобы можно было сделать вывод.

Это также компонент более широкой дисциплины архитектуры представления данных, которая стремится идентифицировать, находить, манипулировать, форматировать и представлять данные наиболее эффективным способом.

Категории визуализации данных используемые в АИС:

1. Временной – визуализации данных относятся к временной категории, если они удовлетворяют двум условиям: что они линейны и что они одномерны. Временные визуализации – обычно характерные линии, которые либо стоят отдельно, либо перекрываются друг с другом с началом и окончанием времени (точечные графики,

диаграммы полярных областей, последовательности временных рядов, временные сроки, линейный график).

2. Иерархический – визуализации данных, принадлежащих к иерархической категории, упорядочивают группы внутри более крупных групп. Иерархические визуализации лучше всего подходят, если вы хотите отобразить кластеры информации (древовидные диаграммы, кольцевые диаграммы, диаграммы солнечных лучей).

3. Сеть – наборы данных тесно связаны с другими наборами данных. Визуализации сетевых данных показывают, как они связаны друг с другом в сети. Другими словами, демонстрация отношений между наборами данных без многословных объяснений (матричные диаграммы, схемы узловых соединений, аллювиальные диаграммы).

4. Многомерный – многомерные визуализации данных имеют несколько измерений. Это означает, что всегда есть две или более переменных в модели для создания визуализации 3D-данных (точечные графики, круговая диаграмма, диаграмма Венна, штабелированные гистограммы, гистограммы).

5. Геокосмический – визуализации геопространственных или пространственных данных, относятся к реальным физическим местоположениям, накладывая знакомые карты с различными точками данных (карта потока, карта плотности, картограмма, тепловая карта).

Современные АИС, включающие в свои базы визуализацию данных, расширяются и включают в себя все более новые варианты использования данных таким образом, чтобы максимизировать их ценность. Визуализация данных помогает понимать, анализировать и обмениваться новыми данными в более интерактивной форме. Помогает более точно использовать инструменты визуализации данных и их соответствующие форматы в специализированных АИС.

Выбор правильного инструмента для визуализации данных в АИС часто зависит от типа данных в вопросе и уровня комфорта пользователя с кодированием, так как многие инструменты специализированы для работы с определенными форматами данных. Рассмотрим некоторые из них:

1. Живая картина – Tableau работает с числовыми и категориальными данными для получения расширенной графики.

2. Необработанные графики – RAW Graphs – это онлайн-платформа для визуализации данных. Интерфейс позволяет пользователям выбирать тип графика (например, диаграмму рассеяния, линейчатую диаграмму, дендрограмму и т.д.) на основе типа входных данных (то есть числовых или категориальных).

3. Устройство для захвата данных – Datawrapper – это бесплатная онлайн-платформа для создания PNG-диаграмм и карт без необходимости кодирования.

4. Сюжетное – Plotly – это полностью веб-интерфейс для создания графики. Он не требует каких-либо знаний кодирования, но может взаимодействовать как с R, так и с Python. Сообщество версия plotly является бесплатным для использования.

5. Gephi – это свободное программное обеспечение для визуализации сетей.

6. Voyant – это онлайн-инструмент для точечного анализа текста.

7. ГИС-библиотекарь. Здесь решаются вопросы геопространственных данных.

Инструменты для визуализации данных дают показатели эффективности, необходимые для принятия более эффективных решений с первого взгляда. Статистика показывает, что эти инструменты могут помочь сэкономить до 40 % времени на создание отчета по принятию решения.

На основании вышеперечисленного можно сделать вывод, что использование визуализации данных в АИС позволяет применить базовую технологию баз данных для географических информационных систем и других приложений, выполнять аналитические запросы, содержащие пространственные операторы для анализа пространственно-логических отношений объектов и дает возможность развития более новому витку в области визуализации данных таких как:

1. Панель мониторинга или дашборды (англ. dashboards) – это механизм отчетности, который отображает показатели и ключевые показатели эффективности (КПЭ), позволяя всем пользователям быстро изучить их перед дальнейшим исследованием с помощью дополнительных инструментов.

2. Дополненная (augmented) аналитика – это использование вспомогательных технологий, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, для помощи в подготовке данных.

3. Описательная аналитика – это проверка данных или контента, обычно выполняемая вручную, чтобы ответить на вопрос «Что произошло?» (или что происходит?).

4. Профилирование данных – это технология для выявления и исследования таких проблем качества данных, как дублирование, отсутствие согласованности, недостаточная точность и полнота.

5. Выделение цветом ключевых слов – это технология ускорения восприятия текста посредством подключения подсознательных механизмов восприятия информации [4]. При этом важным является то, что количество выделенного цветом текста должно быть не большим (интуитивно лучше воспринимается до 5 % текста), в противном случае восприятие замедляется. Подсознательно лучше воспринимается выделение жёлтым цветом. Критикуемые фрагменты текста лучше воспринимаются окрашенными серым цветом. Тёмные цвета фона букв – напротив, замедляют восприятие акцентируемых фрагментов.

Литература

1. Иванов А.Ю. Обеспечение выполнения требований к информационным системам МЧС России на основе структурной адаптации распределенных баз данных // Вестник Санкт-Петербургского института ГПС МЧС России. 2005. № 3 (10). С. 41–46.

2. Шекхар Шаши, Чаула Санжей. Основы пространственных баз данных. М.: Кудиц-образ, 2004. 336 с.

3. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Визуализация данных // Бизнес-аналитика. От данных к знаниям. 2-е изд. СПб.: Питер, 2013. С. 173–210.

4. Кабанов А.А. Цветной текст как объект авторского права и продукт современных информационных технологий // Credo new Теоретический журнал. 2017. № 4 (92). С. 162–177.

References

1. Ivanov A.Yu. Obespechenie vypolneniya trebovanij k informacionnym sistemam MCHS Rossii na osnove strukturnoj adaptacii raspredelennyh baz dannyh // Vestnik Sankt-Peterburgskogo instituta GPS MCHS Rossii. 2005. № 3 (10). S. 41–46.

2. Shekkhar Shashi, Chaula Sanzhej. Osnovy prostranstvennyh baz dannyh. M.: Kudic-obraz, 2004. 336 s.

3. Paklin N.B., Oreshkov V.I. Vizualizaciya dannyh // Biznes-analitika. Ot dannyh k znaniyam. 2-e izd. SPb.: Piter, 2013. S. 173–210.

4. Kabanov A. Color text as an object of copyright and a product of modern information technologies // Credo new Theoretical journal. 2017. № 4 (92). Pp. 162–177.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВИРТУАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЕДИНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СИСТЕМОЙ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

В.В. Ничепорчук, кандидат технических наук.

**Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения
Российской академии наук**

Описана возможность применения технологий искусственного интеллекта для принятия решений по обеспечению природно-техногенной безопасности территорий. Предложены направления модернизации информационных ресурсов, процессов решения задач управления, а также изменения процессов функционирования органов управления различных уровней.

Ключевые слова: искусственный интеллект, большие данные, информационные ресурсы, системная архитектура

THE PROSPECTS FOR VIRTUALIZATION OF UNIFIED STATE SYSTEM OF EMERGENCY PREVENTION AND RESPONSE MANAGEMENT

V.V. Nicheporchuk.

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

The possibility of using artificial intelligence to support decisions in the field the natural and technological safety of territories is described. Ways of modernizing information resources, processes for solving management problems and changing business models of government at different levels are proposed.

Keywords: artificial intelligence, big data, information resources, system architecture

Ситуация с коронавирусом в России выявила значительные проблемы территориального управления, недостаточную подготовку к действиям в условиях неопределенности [1]. К факторам, способствующим росту количества и масштабов чрезвычайных ситуаций (ЧС), можно отнести не только изменения климата, старение объектов техносферы, повышение энергоемкости производств, но и управленческий кризис, связанный с перепроизводством неформализованной информации, падением уровня компетентности, удлинением цепочек принятия решений.

В отличие от действий в условиях всемирной пандемии, органами управления накоплен большой опыт предупреждения и ликвидации ЧС природного и техногенного характера. Его приобретению способствует большое число опасных событий, происходящих практически ежедневно и требующих реагирования экстренных служб и формирований единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) [2, 3]. Несмотря на уникальность каждой ситуации, различия по видам, масштабам, условиям возникновения и развития, действия по ликвидации опасных факторов ЧС и проведению мероприятий защиты можно формализовать в виде алгоритмов, бизнес-процессов, других формальных схем [4]. Большое значение уделяется мероприятиям предупреждения ЧС, включающим организацию комплексного мониторинга обстановки, решению задач прогнозирования, раннего предупреждения и оценивания рисков ЧС. Совершенствование предсказательных методов требует использования больших объемов данных, применения технологий интеллектуального анализа в режиме реального времени. Использование машинного обучения при формировании решений по управлению силами и средствами позволяет учесть детали складывающейся обстановки, повысить оперативность

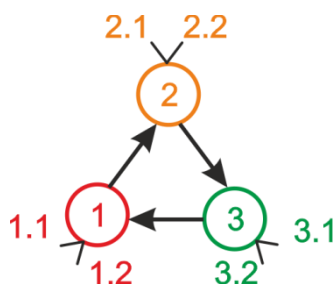
реагирования, минимизировать ошибки управления, сохранить и распространить опыт эффективного проведения мероприятий.

Темпы развития технологий и потенциал использования систем искусственного интеллекта (ИИ) впечатляет [5]. Крупные корпорации за рубежом и в нашей стране используют самообучающиеся системы, способные обрабатывать петабайты данных в реальном времени и формировать решения лучше человека. Например, City Brain, внедряемая Alibaba Cloud с 2016 г. в городах Китая и юго-восточной Азии, отслеживает транспортные и людские потоки. В случае идентификации аварии система направляет вызовы оперативным службам и организует для них быстрый проезд к месту происшествия, управляя работой светофоров. При этом расширение спектра решаемых задач и «поглощение» новых массивов данных происходит параллельно [6].

Ключевой проблемой, затрудняющей применение современных технологий для управления природно-техногенной безопасностью, является формирование данных, подготовленных к обработке интеллектуальными системами и сервисами. Необходимо формализовать огромный объем накопленных разноформатных отчетных документов, описывающих процессы управления в опасных ситуациях, характеристики объектов и динамику их изменения. В работе описаны направления модернизации информационных ресурсов, совершенствования процессов решения задач управления, обоснована необходимость изменения бизнес-моделей органов управления разных уровней.

Концепция информационной поддержки управления рисками ЧС

Информационные потоки, использующиеся для поддержки управления, можно условно представить в виде схемы, показанной на рис. 1.



**Рис. 1. Концептуальная схема
информационных процессов формирования решений**

Показанные на схеме элементы – сбор данных (1), обработка данных (2) и формирование решений (3) разделены в соответствии с особенностями предметной области. Формирование информационных ресурсов происходит путем консолидации данных приборного мониторинга, включающего сети наземных и аэрокосмических наблюдений, информации донесений, отчетов, докладов и прочих документов. В первом случае процесс накопления «больших данных» хорошо отработан. Технологии интернета вещей, облачного хранения данных, туманных вычислений и другие используются при построении систем «Умный город», «Безопасный город» [7, 8]. Формализация же обмена данными в офисных форматах, широко распространенная в органах территориального управления, является сложной задачей [9]. Реализуемая автоматизация процессов управления РСЧС затронула лишь небольшую часть информационных ресурсов. «Прямой» перевод документа в электронную форму без учета специфики задач управления и особенностей интеллектуальной обработки данных приводит к дублированию представлений информации [10].

Процесс обработки данных включает аналитическое моделирование и методы визуализации данных. Современные интеллектуальные технологии включают обе функции. Баланс их использования и степень участия человека зависит от характера решаемой задачи, полноты данных, предпочтений лиц, принимающих решения, и условий конкретной ситуации.

Автоматизированные системы, используемые для оперативного управления безопасностью, как правило, не формируют нескольких решений одной задачи. Это связано с дефицитом времени на осмысление результатов, получаемых машиной, принятие и исполнение приказов и распоряжений. В стратегическом управлении, заключающемся в планировании превентивных мероприятий по снижению рисков, целесообразна выдача двух решений: перечень, объем мероприятий без ограничений на ресурсы и мероприятий, учитывающих реальную ситуацию. Сравнение ожидаемых результатов позволяет оценить эффективность расходования ресурсов и разные варианты реализации управления в длительной перспективе.

Модернизация информационных ресурсов

В настоящее время процессы подготовки и принятия решений в РСЧС регламентируются большим числом приказов, наставлений, директив и методик [11]. Состав оперативных отчетов, например, табеля срочных донесений, ориентирован на максимально детальное описание события или складывающейся обстановки. При этом форма представления и структура информации допускают неоднозначную интерпретацию, что способствует росту объемов неформализованных данных. Неформализованный вид описаний характеристик объектов и событий, ранее принятых решений и их результатов (без разметки текста, наличия неатомизированных сущностей в таблицах и др.) затрудняет машинную интерпретацию информации и автоматизацию информационной поддержки управления, снижает эффективность функционирования РСЧС.

Современные информационные технологии позволяют формировать в автоматическом режиме распределенные информационные ресурсы с настраиваемым доступом и независимые от них сервисы аналитического и ситуационного моделирования, использующиеся для выработки управленческих решений. Этому способствует как рост количества источников данных мониторинга, содержащих информацию об оперативной обстановке и упорядоченные архивы, так и унификация форматов доступа к данным. В связи с лавинообразным нарастанием объемов информационных ресурсов и развитием информационных технологий доступа и обработки повышается значимость системного подхода к их структурированию через формирование моделей представления информационных ресурсов. Такие модели должны содержать описание организации данных, их взаимоотношений, а также принципов, определяющих проектирование, формирование и актуализацию информационных ресурсов. Разработка модели представления информационных ресурсов состоит из следующих этапов:

- системное описание автоматизации информационной поддержки управления;
- создание системной архитектуры;
- проектирование онтологии информационных ресурсов;
- инфологическое описание распределенных хранилищ данных;
- даталогическое и физическое проектирование структур данных.

Этапы 1–3 содержат меньшее количество сущностей, но обладают большей степенью свободы при переходе к реализации конкретных структур данных. Они используются при концептуальном проектировании, а их изменение требует значительной переработки функционала информационно-аналитических систем. Этап 4 включает описание задач управления, видов источников данных для разных информационных ресурсов. По мере появления новых источников данных, изменения задач управления и требований технологий обработки данных даталогическая и физическая модели информационных ресурсов могут быть изменены в определенных пределах. Поэтому в процессе эксплуатации информационно-аналитических систем целесообразно циклическое повторение процесса проектирования для расширения структур данных. Опишем кратко представленные этапы разработки модели ресурсов.

Необходимость синтеза в единой системе требований предметной области и используемых информационных технологий обуславливает представление информационных ресурсов R двумя подмножествами S, D , где $S, D \subset R$:

S – виды информационных ресурсов, использующихся для информационной поддержки управления природно-техногенной безопасностью территорий, отражающие понятийный аппарат лиц, принимающих решения (сведения);

D – виды информационных ресурсов, использующихся при построении информационно-аналитических систем поддержки управления (данные).

Сведения представлены множеством:

$$S = O_1 \cup O_2 \cup O_3,$$

где O_1 – потенциально опасные процессы; O_2 – защищаемые объекты; O_3 – объекты управления (элементы территориальной подсистемы РСЧС).

Через опасные процессы O_1 можно представить опасные события $E = O_1(\Delta t)$ – описание опасного процесса за период времени Δt и обстановку $ST = O_1(t)$ – значения одного или нескольких параметров потенциально опасных процессов в конкретный момент времени. Допускается пересечение элементов множества S . Например, характеристики объектов здравоохранения описываются как элементы O_2 , а в случае необходимости оказания медицинской помощи – как O_3 .

При оценивании безопасности объектов и территорий используется аналогичное разделение критериев состояния на «опасность», «уязвимость», «защищенность» [12].

Данные представлены множеством:

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_5\},$$

где d_1 – системообразующие элементы (справочники, классификаторы, реестры); d_2 – описание объектов; d_3 – описание процессов; d_4 – данные, отображаемые на картах; d_5 – данные, используемые для управления процессами.

Допускается пересечение элементов множества D . Например, часть данных подмножеств $d_1, d_2, \dots, d_3$ имеют пространственную составляющую и используются совместно с d_5 для формирования решений по управлению.

Поясним подробнее описание процессов d_1 . Результаты наблюдения за состоянием природной среды и контроля объектов техносферы можно представить в виде линейной таблицы с небольшим числом полей. Выход контролируемых параметров за пределы нормативных значений регистрируется как событие, требующее расширенной формы информационного описания [13]. Действия по реагированию на событие достаточно полно можно отразить в виде иерархической структуры нескольких таблиц и справочников с разными видами логических связей. Наиболее сложное описание имеют масштабные продолжительные ЧС с множеством мероприятий, включающих защиту и жизнеобеспечение населения, логистические модели распределения ресурсов, описание взаимодействия формирований [14].

Онтология информационных ресурсов описывает характеристики и логические отношения элементов S и D , а также задач управления, видов ситуаций по классификатору МЧС России [15], виды источников данных Q , виды доступа к данным W . При этом:

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

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

$$W = \{w_1, w_2, w_3\},$$

где w_1 – единое централизованное хранилище данных; w_2 – распределенные (облачные) сервисы хранения; w_3 – доступ к ограниченным выборкам данных распределенных ресурсов и использованием ссылок.

Рассмотрим формирование информационных ресурсов на примере сведений. Наиболее важными являются O_3 – объекты управления. Они включают характеристики формирований МЧС России, других ведомств, входящих в РСЧС, а также дополнительные силы и средства, например, транспортные и топливные компании всех форм собственности. Отдельными элементами являются администрации территорий и надзорные органы, включаемые в перечни абонентов оповещения и информирования.

В число защищаемых объектов O_2 входят строения и их группы в виде предприятий, организаций и учреждений, а также связанные с ними люди – персонал, трудовые коллективы, сходы малых населенных пунктов. Реализация процессов управления природно-техногенной безопасностью не требует работы с персонифицированными данными, за исключением центров обработки вызовов Системы-112, Единой дежурно-диспетчерской службы (ЕДДС) муниципальных образований и других оперативных служб. Составление перечней пострадавших для оказания материальной помощи возложено на службы социальной защиты. Долю маломобильных граждан для организации эвакуации и оказания медицинской помощи целесообразно вычислять на основе статистических данных с наибольшим запасом.

Характеристики защищаемых объектов O_2 представляют собой «большие данные» (несколько миллионов записей для одного субъекта Российской Федерации) и практически полностью должны импортироваться из внешних информационных систем. Например, пространственные данные d_4 – из ресурсов Росреестра, характеристики учреждений здравоохранения и образования – из баз данных соответствующих ведомств. Данные о расположении, контактах, режиме работы, численности персонала и посетителей учреждений ведутся в различных надзорных ведомствах – Ростехнадзоре, налоговой, Роспотребнадзоре и т.п. Характеристики систем защиты, включающие наличие систем сигнализации, оповещения, обеспечения автономной работы имеются в МВД Российской Федерации, Госпожнадзоре.

Комплексный оперативный мониторинг также является источником формирования больших данных. Примеры ST – данные метеорологической, радиационной обстановок, контроля технологических процессов и состояния инженерных конструкций, архивы гидрологических и сейсмических наблюдений. Примеры E – все виды пожаров, дорожно-транспортных происшествий, аварий систем ЖКХ, звонки оперативным службам. Большая часть перечисленных ресурсов размещается на внешних ресурсах с доступом w_2 и w_3 .

Интеграция информационных процессов в системную архитектуру

Структурирование данных и формирование качественных данных обеспечивает эффективность работы алгоритмов. Современные системы управления и поддержки принятия решений обладают способностью перерабатывать большие объемы данных в реальном времени для своевременного реагирования и самообучения. Масштабы сбора и хранения информации делают доступными данные достаточной исторической глубины для обнаружения закономерностей и извлечения необходимых знаний. Принятие адекватных решений при неопределенности можно представить в виде информационных процессов, интегрированных в системную архитектуру.

Автором разработана обобщенная системная архитектура информационной поддержки процессов управления природно-техногенной безопасностью территорий, позволяющая создавать мультизадачные проблемно ориентированные программные комплексы территориального управления. Системная архитектура дает возможность 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.

Процесс построения системной архитектуры может быть представлен в виде функциональных диаграмм, иллюстрирующих трансформацию информационных ресурсов, особенности решения задач управления в информационно-аналитических системах.

Обобщенная системная архитектура описывает источники данных и последовательность информационных процессов, представленных на рис. 1. На рис. 2 перечислены элементы регионального уровня управления. При переходе к муниципальному уровню перечень задач сокращается.

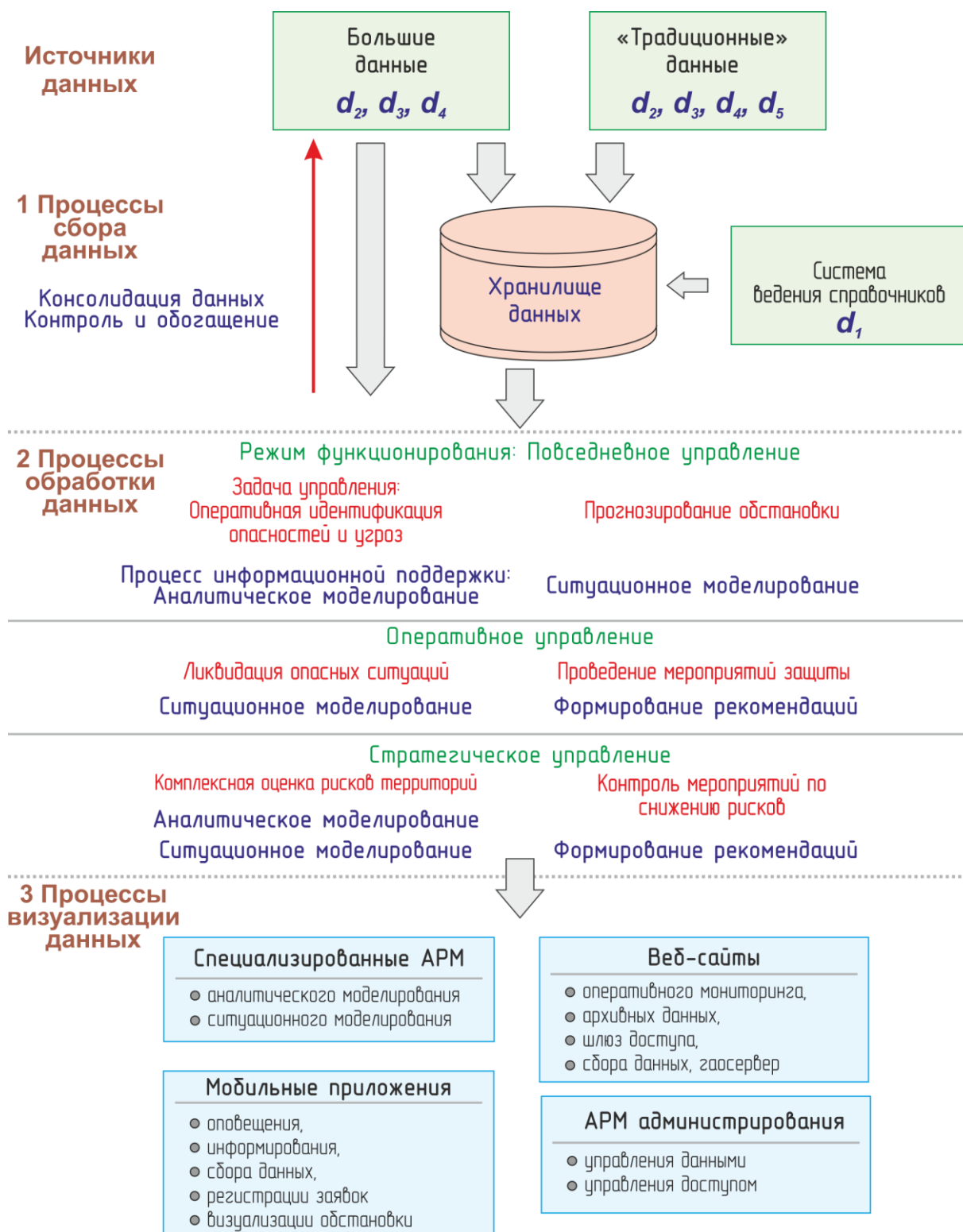


Рис. 2. Обобщенная системная архитектура и информационные процессы (АРМ – автоматизированное рабочее место)

Источники данных и процессы консолидации описываются в онтологии и структурных моделях информационных ресурсов. Функционирование подсистем и сервисов обработки данных реализует аналитическое и ситуационное моделирование, динамическую визуализацию результатов формирования решений. Процессы визуализации данных посредством человеко-машинных интерфейсов включают все разнообразие доступа к информации для лиц, формирующих и принимающих управленческие решения, – настольные программные комплексы, веб-сайты и мобильные приложения. Специализированные АРМ ориентированы на разные группы пользователей. АРМ операторов дежурных смен и экспертов используются для экспресс-моделирования ситуаций, формирования текстов оповещения и информирования, координации действий по ликвидации опасных ситуаций и их последствий, проведения мероприятий защиты. АРМ эксперта предназначено для разработки сценариев ситуаций с использованием ситуационного и картографического моделирования, разработки аналитических моделей для формирования отчетов, прогнозирования и планирования мероприятий. АРМ администратора предназначено для управления источниками данных, данными в хранилище и системе ведения справочников. АРМ лица, принимающего решения, содержит обобщенную информацию о состоянии безопасности территорий с возможностью детализации отдельных ситуаций и обстановок в текущий момент времени и за выбранный период.

На основе обобщенной архитектуры создаются проблемно-ориентированные архитектуры. Например, система поддержки принятия решений при затоплениях территорий ориентирована на решение задач организации взаимодействия сил и средств РСЧС для защиты населения и инфраструктуры. Информационно-управляющая система по природным пожарам включает процессы получения и обработки данных мониторинга, контроль и мероприятия противодействия опасным ситуациям, возникающим при угрозах объектам защиты. При этом используются специализированные источники данных, программные модули или сервисы ситуационного и аналитического моделирования.

Оригинальность подхода заключается в возможности масштабирования системной архитектуры, включая необходимые информационные ресурсы, технологии и программное обеспечение, что позволяет адаптировать информационно-аналитические системы для разных уровней и задач управления. Конкретизация системной архитектуры для определенного вида опасных ситуаций позволяет определить перечень информационных ресурсов, программных модулей, реализующих технологии аналитического и ситуационного моделирования для частных задач управления, а также средства визуализации, требующиеся на каждом уровне принятия решений.

Изменения бизнес-моделей органов управления разных уровней

Многие компании за рубежом и в нашей стране добились успеха в гонке интеллектуальных технологий, полностью пересмотрев и изменив бизнес-модели управления, сформировав стратегию решения проблем и использования возможностей автоматизации деятельности. Переход на использование технологий ИИ для управления территориальной безопасностью потребует весьма болезненных кадровых решений. Помимо сокращения управленческого персонала с ограниченными навыками работы с данными, необходимо привлечение специалистов по информационным технологиям: экспертов-аналитиков в сфере больших данных и глубокого обучения, инженеров по знаниям, работе с облачными сервисами, обеспечению информационной безопасности. Потребуется в короткое время перепрофилировать учебные программы образовательных учреждений МЧС России и других ведомств, расширить направления подготовки специалистов по использованию цифровых платформ и решений для решения задач управления территориальной безопасностью.

Необходимо изменение приоритетов разработки автоматизированной информационно-управляющей системы (АИУС) РСЧС. Вместо создания, хранения и передачи документов высшим уровням управления целесообразно сосредоточение на информационной поддержке

объектового и муниципального уровня. Согласно статистическому распределению опасных событий по масштабам, системное перераспределение полномочий и ответственности позволит упростить контуры управления. Отдельные модули АИУС РСЧС и узлы хранения данных должны разрабатываться несколькими центрами в субъектах Российской Федерации с общей координацией в Национальном центре управления в кризисных ситуациях (НЦУКС). Модульный принцип реализации автоматизированной системы с использованием облачных технологий, контейнерных вычислений и т.п. позволит максимально адаптировать ее к особенностям территорий, специфическим задачам обеспечения природно-техногенной безопасности. Отказ от аутсорсинга (разработка программного обеспечения сторонними организациями) позволит возвращать своих специалистов и привлекать внешних для обмена опытом. Поскольку эффективность управления в государственных структурах не оценивается в категориях конкурентоспособности, преимущество предлагаемого подхода заключается в повышении качества информации, оперативности доступа к ней, гармонизации объемов данных, используемых для принятия решений.

Таблица. Основные направления изменения функционирования системы управления безопасностью территорий

	Как есть	Как надо
1	Неупорядочен межведомственный информационный обмен	Организация автоматической актуализации данных с использованием всех видов доступа
2	Создание информационных ресурсов для внутреннего пользования	Формирование данных с учетом надведомственных требований. Организация шлюзов обмена
3	Формирование и передача большого объема донесений и отчетов в произвольном виде	Формализованная запись всех событий и реагирования. Формирование банков знаний и обучающей выборки для систем ИИ
4	Замена функций контроля вместо управления на федеральном и региональном уровнях	Предоставление объектовым и муниципальным органам управления большей самостоятельности в принятии решений
5	Определение контуров «цифровой экономики» в виде стратегий, концепций и «дорожных карт»	Нормативное регулирование вопросов информационной безопасности, свободы личности. Развитие отечественного программного обеспечения

Ряд направлений, указанных в таблице, проработан на концептуальном и техническом уровнях. Глобальность задач виртуализации управления РСЧС, применения ИИ требует системных организационных действий: проведения поисковых научно-исследовательских работ, взаимодействия специалистов разных профилей, дополнение повседневной деятельности мероприятиями развития. Их успешность зависит от понимания преимуществ изменения методов управления силами и средствами, технологий обработки информации.

Трансформация системы управления природно-техногенной безопасностью в последние десятилетия, кардинальное изменение внешних условий обуславливает необходимость выбора направления дальнейшего развития РСЧС. «Экстенсивный» путь предполагает сохранение тренда на увеличение численности управленческого штата федерального и регионального уровня, а снижение его компетентности будет сказываться на уменьшении уровня безопасности населения и территорий, перерасходе ресурсов. Альтернативный подход к управлению с применением интеллектуальных технологий открывает широкие возможности для планомерного снижения рисков ЧС, достижения мирового уровня безопасности жизнедеятельности населения. Способность самообучения на уже произошедших ситуациях, мгновенный перебор множества решений позволит ИИ в короткое время превзойти

специалистов в большинстве сфер управления. Например, за последнее время число звонков, корректно обрабатываемых call-центрами Москвы, возросло с 50 до 80 %, а в финансовых организациях приближается к 100 %. В короткие сроки можно виртуализировать Систему-112, использовать ее в качестве поставщика «больших данных».

Как и любая новая технология, ИИ не всегда используется во благо и оптимально. Необходимо позаботиться о том, чтобы ИИ работал для людей и общества, а не против них и не за их счет. Переход на «цифровую платформу безопасности» требует дополнительных исследований последствий замещения людей ИИ, потенциальных угроз личности и общества.

Внедрение методов, представленных в работе, возможно в результате совместных действий разных ведомств по изменению моделей управления, системы подготовки кадров, совершенствовании нормативно-правовой базы. Снижение потерь от ЧС позволит ускорить выход экономики из глубокого кризиса. Возможность построения сценариев развития будущего позволит обосновать рациональное распределение ресурсов, вывести общество на траекторию развития.

Литература

1. Широков А.А. Когда восстановятся мировая и российская экономики // Научная Россия. URL: <https://scientificrussia.ru/covid/a-shirov-o-gibkosti-ekonomicheskoy-politiki-v-usloviyah-koronakrizisa/> (дата обращения 16.06.20).
2. Сведения об обстановке с пожарами в Российской Федерации за 12 месяцев 2016 г. М.: МЧС России. Департамент надзорной деятельности и профилактической работы, 2017. 29 с.
3. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году: гос. доклад. М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2019. 344 с.
4. Справочное пособие по организации выполнения мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и проведению аварийно-спасательных работ силами и средствами органов государственной власти, органов местного самоуправления в мирное и военное время. МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2014. 625 с.
5. Марр Б., Мэтт У. Искусственный интеллект на практике. 50 кейсов успешных компаний. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2020. 320 с.
6. Семь ярких звезд искусственного интеллекта / С.Козлова [и др.] // Русский Репортер. 2020. № 4 (292). С. 42–47.
7. Перри Ли. Архитектура интернета вещей. М.: ДМК-Пресс, 2019. 454 с.
8. Методические рекомендации по построению, развитию и эксплуатации аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» (утв. зам. министра МЧС России А.П. Чуприяном). МЧС России. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. 72 с.
9. Бабинцев И.В., Некрасов И.В., Ничепорчук В.В. Концепция формирования паспортов безопасности территорий с использованием современных информационных технологий // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник». 2018. № 3. С. 17–22.
10. Разработка специального программного обеспечения АИУС РСЧС-2030 (I очередь): техническое задание на выполнение работы (утв. зам. нач. ВНИИ ГОЧС С.А. Качановым). М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. 46 с.
11. Об утверждении Положения о системе и порядке информационного обмена в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: приказ МЧС России от 26 авг. 2009 г. № 496. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
12. Махутов Н.А. Безопасность и риски: системные исследования и разработки. Новосибирск: Наука, 2017. 724 с.
13. Nicheporchuk V.V. Method of using hazard criteria for identifying hazardous situations // CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org). Vol. 2534. ISSN 1613-0073. Proceedings of the All-

Russian Conference «Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes» (SDM-2019). p. 427–433.

14. Ничепорчук В.В., Яровой А.В., Кожемякин Н.Л. Метод проектирования сценариев действий в опасных ситуациях // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Железногорск: ФБГОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 47–58.

15. Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях: приказ МЧС России от 8 июля 2004 г. № 339. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

References

1. Shirov A.A. *Kogda vosstanovyatsya mirovaya i rossijskaya ekonomiki* // Nauchnaya Rossiya. URL: <https://scientificrussia.ru/covid/a-shirov-o-gibkosti-ekonomicheskoy-politiki-v-usloviyah-koronakrizisa/> (data obrashcheniya 16.06.20).

2. Svedeniya ob obstanovke s pozharami v Rossijskoj Federacii za 12 mesyacev 2016 g. M.: MCHS Rossii. Departament nadzornoj deyatelnosti i profilakticheskoy raboty, 2017. 29 s.

3. O sostoyanii zashchity naseleniya i territorij Rossijskoj Federacii ot chrezvychajnyh situacij prirodnogo i tekhnogenного характера v 2018 godu: gos. doklad. M.: MCHS Rossii. FGBU VNII GOCHS (FC), 2019. 344 s.

4. Spravochnoe posobie po organizacii vypolneniya meropriyatij po preduprezhdeniyu i likvidacii chrezvychajnyh situacij i provedeniyu avarijno-spasatel'nyh rabot salami i sredstvami organov gosudarstvennoj vlasti, organov mestnogo samoupravleniya v mirnoe i voennoe vremya. MCHS Rossii. M.: FGBU VNII GOCHS (FC), 2014. 625 s.

5. Marr B., Mett U. *Iskusstvennyj intellekt na praktike. 50 kejsov uspešnyh kompanij*. M.: Mann, Ivanov i Ferber, 2020. 320 s.

6. Sem' yarkih zvyozd iskusstvennogo intellekta / S.Kozlova [i dr.] // Russkij Reporter. 2020. № 4 (292). S. 42–47.

7. Perri Li. *Arhitektura interneta veshchej*. M.: DMK-Press, 2019. 454 s.

8. Metodicheskie rekomendacii po postroeniyu, razvitiyu i ekspluatacii apparatno-programmnogo kompleksa «Bezopasnyj gorod» (utv. zam. ministra MCHS Rossii A.P. CHupriyanom). MCHS Rossii. M.: FGBU VNII GOCHS (FC), 2015. 72 s.

9. Babincev I.V., Nekrasov I.V., Nicheporchuk V.V. *Koncepciya formirovaniya pasportov bezopasnosti territorij s ispol'zovaniem sovremennyh informacionnyh tekhnologij* // Nauchno-analiticheskij zhurnal «Sibirskij požarno-spasatel'nyj vestnik». 2018. № 3. С. 17–22.

10. Razrabotka special'nogo programmnogo obespecheniya AIUS RSCHS-2030 (I ochered'): tekhnicheskoe zadanie na vypolnenie raboty (utv. zam. nach. VNII GOCHS S.A. Kachanovym). M.: FGBU VNII GOCHS (FC), 2015. 46 s.

11. Ob utverzhdenii Polozheniya o sisteme i poryadke informacionnogo obmena v ramkah edinoj gosudarstvennoj sistemy preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij: prikaz MCHS Rossii ot 26 avg. 2009 g. № 496. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

12. Mahutov N.A. *Bezopasnost' i riski: sistemnye issledovaniya i razrabotki*. Novosibirsk: Nauka, 2017. 724 s.

13. Nicheporchuk V.V. Method of using hazard criteria for identifying hazardous situations // CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org). Vol. 2534. ISSN 1613-0073. Proceedings of the All-Russian Conference «Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes» (SDM-2019). p. 427–433.

14. Nicheporchuk V.V., Yarovoj A.V., Kozhemyakin N.L. *Metod proektirovaniya scenarijev dejstvij v opasnyh situacijah* // Monitoring, modelirovanie i prognozirovanie opasnyh prirodnih yavlenij i chrezvychajnyh situacij: sb. materialov Vseros. науч.-практ. конф. Zheleznogorsk: FBGOU VO Sibirskaya požarno-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019. S. 47–58.

15. Ob utverzhdenii kriteriev informacii o chrezvychajnyh situacijah: prikaz MCHS Rossii ot 8 iyulya 2004 g. № 339. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОНОМИКОЙ ЗНАНИЙ И ИННОВАЦИИ

Д.А. Мячин, кандидат экономических наук.

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации.

Т.В. Мусиенко, доктор политических наук, кандидат исторических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России;

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения;

Федеральный научно-исследовательский социологический центр Российской академии наук – Социологический институт РАН.

В.Н. Лукин, доктор политических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России;

Федеральный научно-исследовательский социологический центр Российской академии наук – Социологический институт РАН

Исследуются проблемы управления экономикой знаний в условиях формирования цифровой экономики в России, направленной на внедрение современных инноваций во все сферы жизни общества и изменение инновационного ландшафта страны. Осуществлен экспресс-анализ позиций Российской Федерации в Глобальном инновационном индексе, в рамках которого оценивается развитие инновационных отраслей экономики в странах мира, применение их результатов в повседневной жизни людей. Использованы также материалы международных научных конференций, годовые отчеты Инновационного центра «Сколково» и Счетной Палаты Российской Федерации. Исследование проведено с использованием исторического, сравнительного и структурно-функционального методов.

Ключевые слова: управление, экономика знаний, цифровые технологии, инновации, глобальный инновационный индекс, инновационная деятельность, общество знаний, кластер, наука

MANAGING KNOWLEDGE-BASED ECONOMY AND INNOVATION

D.A. Myachin. Russian academy of national economy and public administration under the President of the Russian Federation.

T.V. Musienko. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia;

Saint Petersburg state university of aerospace instrumentation;

Federal research sociological center of the Russian academy of sciences – Sociological institute of the Russian academy of sciences

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

Federal research sociological center of the Russian academy of sciences – Sociological institute of the Russian academy of sciences

The article examines the problems of managing the knowledge economy in the context of the formation of the digital economy in Russia, aimed at introducing modern innovations

in all spheres of society and changing the country's innovation landscape. A rapid analysis of the position of the Russian Federation in the Global innovation index, which assesses the development of innovative industries in the world, the application of their results in the daily lives of people. Materials of international scientific conferences, Annual reports of the SKOLKOVO Innovation center and the accounting Chamber of the Russian Federation were also used. The research was conducted using historical, comparative, and structural-functional methods.

Keywords: management, knowledge economy, digital technologies, innovation, global innovation index, innovation activity, knowledge society, cluster, science

Управление экономикой знаний и инновационная деятельность требует адекватных решений по широкому кругу проблем. К числу первоочередных среди них относится изменение инновационного ландшафта в стране, внедрение самых современных инноваций во все сферы жизни общества. В «Стратегии пространственного развития» 2019 г. фиксируются наиболее существенные изменения в пространственной организации экономики современной России, в числе которых «концентрация научной, научно-технической и инновационной деятельности в крупных городских агломерациях и крупнейших городских агломерациях», а также активное распространение дистанционных форм выполнения трудовой деятельности и увеличение пространственной доступности услуг вследствие внедрения информационно-телекоммуникационных технологий. А в качестве одной из задач выступает «повышение доступности информационно-телекоммуникационной инфраструктуры» [1]. Это должно способствовать качественному изменению и повышению уровня знаний в российском обществе.

Определяющей целью «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» 2017 г. было обозначено «создание условий для формирования в Российской Федерации общества знаний» [2]. На ближайшую перспективу это должно происходить в рамках Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», рассчитанной на 2018–2024 гг. [3].

Общество знаний в самом общем виде можно охарактеризовать как общество, в котором получение необходимого объема информации, ее производство, сохранение и распространение имеют решающее значение для развития конкретного человека, экономики и государства в целом.

Общество знаний выступает основой экономики знаний. Существуют разные подходы в определении термина «экономика знаний». Так, по мнению академика В.Л. Макарова, этот термин используется «для определения типа экономики, где знания играют решающую роль, а производство знаний становится источником роста» [4]. По мнению зарубежных исследователей, экономика знаний – это, прежде всего, производство наукоемких товаров и услуг на основе человеческого интеллекта [5].

Проблема актуализирована изменением курса российского государства, его ориентацией на цифровизацию экономики. Ученые и эксперты исследуют разные аспекты экономики знаний: внедрение цифровых технологий в систему государственного и муниципального управления [6], методологические аспекты оценки эффективности управления [7], теоретико-методологические основы кадровой политики в условиях цифровизации экономики и использовании современных цифровых технологий в управлении социальным капиталом [8]. Высшая школа экономики подготовила учебник по экономике знаний [9].

Самый широкий круг вопросов по экономике знаний в публикациях зарубежных авторов: предлагаются свои варианты управления знаниями в компаниях, которые вырабатывают инновационные промышленные решения [10]; проводятся тематические исследования динамики знаний в государственно-частном партнерстве [11]; раскрывается информация об интеллектуальном капитале в разных странах, его динамике в соответствии с требованиями международной Системы менеджмента качества ISO [12, 13].

Экономике знаний присущи специфические черты. Это информационный продукт, не исчезающий, в отличие от материального продукта, после его использования сколь угодно большим числом потребителей; будучи созданным, знание становится доступно каждому желающему как общественное благо.

Формирование экономики знаний означает переход от экономики, имеющей своей основой преимущественное использование природных ресурсов, к экономике, где лидирующие позиции занимает производство знаний. Экономика знаний всегда связана с кардинальными технологическими прорывами, резким ускорением научно-технического прогресса, ставящим во главу угла информационно-коммуникационные отрасли, которые, в свою очередь, оказывают серьезное воздействие на общество в целом, меняя постепенно весь образ жизни подавляющего количества людей.

Переход к данному типу экономики совершается при условии инновационной активности значительной части общества, опережающих затратах на научные и опытно-конструкторские работы, создающие принципиально новые виды продукции и разнообразных услуг.

Производство знаний предполагает решение двух взаимосвязанных задач: с одной стороны – теоретическое обоснование через создание фундаментальных теорий, гипотез, формулирование проблем и, с другой – эмпирическое подтверждение, практическая реализация сформулированных выводов через конкретные модели и алгоритмы. Обе задачи успешно решаются, взаимодополняя друг друга, в странах, где инновационная составляющая является драйвером экономической деятельности.

Всемирная организация интеллектуальной собственности (WIPO) с 2007 г. привлекает ведущих экспертов для составления так называемого Глобального индекса инноваций (The Global Innovation Index – ГИИ, Индекс) – признанным международным рейтингом, в рамках которого дается оценка развитию в странах мира инновационных отраслей экономики, применение их результатов в повседневной жизни людей.

Рейтинг представляет комплексную систему учета не только научных достижений страны, но и влияние экономических, политических факторов на уровень и качество инновационного законодательства на условия ведения бизнеса и степень коррумпированности общества, на развитие науки и технологий. Индекс определяется по итогам анализа 82 позиций: от количества заявок международного уровня на регистрацию патентов и товарных знаков до общего объема экспорта высокотехнологичной продукции. Это дает представление о степени инновационного развития стран.

Показатели Индекса разбиваются на две группы: Innovation Input – инфраструктура, человеческий капитал, институты, состояние внутреннего рынка, развитие бизнеса, имеющиеся у государства ресурсы, условия для реализации инноваций; Innovation Output – итоги творческой деятельности, развитие технологий и экономики знаний, практические результаты, достигнутые в ходе внедрения инновационных разработок. Таким образом, Индекс фиксирует соотношение произведенных затрат и полученного эффекта по развитию инноваций. Это позволяет определить ключевые инновационные преимущества; анализировать недостатки, препятствующие осуществлению эффективной инновационной деятельности; вырабатывать соответствующие меры по их устранению; оценить положение страны в международном рейтинге и динамику мировых инноваций [14].

В 2019 г. Глобальный инновационный рейтинг (ГИИ-2019) представил данные уже 12 раз. В нем в интересующем контексте фиксируется текущее состояние инновационного развития 129 государств. В пятерку лидеров в сфере инновационного развития вошли Швейцария (девятый год подряд), Швеция, Соединенные Штаты Америки, Нидерланды и Великобритания. Серьезный прорыв в инновационной сфере сделала Индия, а Южная Африка, Чили, Сингапур и Израиль стали лидерами в своих регионах. Также отмечено, что Китай, Вьетнам, Руанда занимают передовые позиции по целому ряду показателей [15].

Такие результаты в сфере инноваций стали возможны благодаря развитой инфраструктуре, высокому новаторскому духу и целеустремленности делового сообщества,

разнообразие продуктов экономики знаний и технологий, прежде всего, в обрабатывающем секторе промышленности.

Обращение к опыту государств-лидеров в этой области определяет ориентиры для организации инновационной деятельности в Российской Федерации, информационные индикаторы, на основе которых появляется возможность определить проблемы, препятствующие инновациям в стране, должно способствовать выходу России на траекторию устойчивого экономического роста. В современных условиях активная поддержка развития инноваций на всех уровнях является решающим фактором, влияющим на качественное изменение основ нашей экономики и общества, когда первая превратится в экономику знаний, а второе станет обществом знаний. Это является главным условием повышения конкурентоспособности страны, уверенного движения вперед.

В 2019 г. ГИИ-2019 определил Российской Федерации 46 место. При всем нашем критическом отношении к разного рода рейтингам западного производства заметим, что в 2013 г. наша страна находилась на 62 месте рейтинга. Улучшение ситуации стало возможным за счет ряда позитивных моментов. Прежде всего, это состояние в стране науки и человеческого капитала – 23 место в рейтинге, включающие в себя такие ключевые показатели, как выпускники инженерных и научных специальностей – 10 место, общий охват населения высшим образованием – 17 место. Динамика развития уровня бизнеса – 35 место, также имеет положительную тенденцию; количество работников, занятых в наукоемких сферах, и осуществленные платежи за использование объектов интеллектуальной собственности – 18 позиция, занятость женщин, имеющих высшее образование – седьмая позиция. Зафиксировано некоторое улучшение показателей, связанных с развитием технологий и экономики знаний – 47 место; количество патентных заявок на изобретения – 20 и на полезные модели – 8; на 22 позиции в мире по индексу Хирша, отражающий качество научных публикаций [15].

Экономическая и научная практика подтверждает прогресс, отраженный в ГИИ-2019. Так, в 2013 г. в Калужской области был создан кластер информационно-коммуникационных технологий. К 2020 г. он включает около 130 малых, средних и крупных предприятий региона, а выручка кластера по итогам 2018 г. составила порядка 13 млрд руб. В условиях пандемии COVID-19 уместно напомнить, что в этой области впервые в России был создан и успешно действует кластер фармацевтики, биотехнологий и биомедицины [16].

Российские ученые: вслед за зарубежными [17] активно исследуют теорию и практику экономики знаний, формируют научный подход к решению проблем инновационного развития, включая научно-просветительскую работу среди населения [18–23].

В 2017 г. в Инновационном Центре «Сколково» насчитывалось 1 600 стартапов и 40 % выручки от реализации их продукции в объеме 48,3 млрд руб., 7,9 млрд руб. – инвестиций в компании; 2018 г. – уже более 1 900 компаний, выручка выросла до 69,9 млрд руб., а инвестиции – до 13,9 млрд руб., оформлено более двух тысяч патентов. Движение вперед продолжилось и в 2019 г. – 2 394 стартапа, выручка составила 100,7 млрд руб. [24–26]. Но по числу поданных патентных заявок в 43 раза меньше китайских и составляющих 0,4 % от общемирового количества, Российская Федерация находится на 15 месте в мире [27]. Да и их реализация продвигается с большим трудом [28].

Вместе с тем в ряде публикаций критически оцениваются достигнутые позиции и темпы продвижения вперед [29, 30]. Это вызвано тем, что по целому ряду позиций, влияющих на оценку общей эффективности в сфере инновационной деятельности, Российская Федерация отстает от передовых стран значительно: по инновационности инфраструктуры – 62 место, по ВВП на единицу использования энергии и вовсе во второй сотне – 113 позиция. Отрицательно сказываются на инновационной деятельности в нашей стране нормативно-правовые условия – 95 место, верховенство закона – 103, качество регулирования – 103, недостаточный кредитный портфель микрофинансовых учреждений – 73, сделки с применением венчурного капитала – 77, создание бизнес-

моделей – 91, уровень соответствия систем управления качеством стандарту ISO 9001 – 111, наличие и развитие печатных и иных средств массовой информации – 78 позиция [31].

Перечисленные индикаторы позволяют сделать выводы о низкой эффективности использования имеющихся ресурсов, «несовременных» инновационных результатах в сфере науки и технологий, а также причинах такого положения в сфере экономики знаний. В их ряду следует назвать и финансовое обеспечение инновационного процесса. Неисполнение федерального бюджета за 2019 г. побило рекорд одиннадцатилетней давности, составив 1,122 трлн руб. [32].

Более полное представление о финансовой политике государства в области науки и инноваций дает Отчет заместителя Председателя Счетной Палаты Российской Федерации за 2019 г. [33]. А в «Дайджесте мониторинга национальных целей» Счетной Палаты от 31 января 2020 г. отмечено сокращение в 2018 г. по сравнению с 2017 г. доли организаций, осуществляющих технологические инновации, которая опустилась ниже 20 %. Это в 2,5 раза меньше целевого значения, которого следует достичь в рамках Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [33].

Таким образом, экономика знаний – важный компонент экономики, играющий значимую роль в условиях цифровизации всей социально-экономической жизни общества.

От уровня управления этой сферой зависит и уровень инновационной деятельности в государстве. Их уровни на этапе перехода к цифровой экономике, что подтверждается данными Глобального инновационного рейтинга, не соответствуют тому, как должна себя позиционировать Россия в мировом экономическом и политическом пространстве.

Медленное внедрение инноваций в России умножает риски все большего отставания от передовых стран, снижения уровня жизни населения, утраты статуса глобального политического и экономического актора.

Россия обладает необходимым потенциалом для управления экономикой знаний на современном уровне и повышения качества инновационной деятельности.

Приведение инновационного ландшафта страны в соответствие с тем уровнем, который обеспечит на основе экономики знаний создание современного общества знаний, фундамента цифровой экономики, требует всестороннего научного осмысления и политической воли для реализации научных рекомендаций.

Литература

1. Стратегия пространственного развития: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 13 февр. 2019 г. № 207-р. URL: <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm> (дата обращения: 18.04.2020).
2. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы: Указ Президента Рос. Федерации от 9 мая 2017 г. № 203. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd> (дата обращения: 18.04.2020).
3. Цифровая экономика Российской Федерации на 2018–2024 годы: Национальная программа. URL: <http://static.government.ru/media/files/3b1AsVA1v3> (дата обращения: 18.04.2020).
4. Макаров В.Л. Экономика знаний: уроки для России // Наука и жизнь. 2003. № 5.
5. Toca M.C. Knowledge Based Economy Assessment // Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology, Scienti cPapers.org. 2012. № 2 (5). October. pp. 1–15.
6. Публичное управление в условиях цифровой глобализации / отв. ред. А.В. Полянин. Орел: Среднерусский институт управления – филиал РАНХиГС, 2020. 268 с.
7. Зуев М.Б., Зуев Б.П., Булгакова И.Н. Формирование и развитие метода оценки практической эффективности менеджмента в концепции оперативного управления // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 1. С. 75–84. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.75.84
8. Стратегия кадровой политики в эпоху цифровой экономики / под общ. ред. Н.А. Лытневой. Орел, 2019. 272 с.

9. Лукашов Н.В., Артемова Д.И., Кораблева О.Н. Экономика знаний: учеб. М.: Изд-во Проспект, 2020. 368 с.
10. Szuster M. Knowledge management in the companies which deliver new industrial solutions // Proceedings of TAKE 2018. Poznan, Poland, 11 to 13 July 2018. Theory and Applications in the Knowledge Economy Conference; Editors: Eduardo Tomé, Gaby Neumann, Justyna Majewska, Szymon Truskolaski. Poznan. 2018. pp. 263–277.
11. Kinghorn J. The dynamics of knowledge in Public Private Partnerships – a sensemaking based // Proceedings of TAKE 2018. Poznan, Poland, 11 to 13 July 2018. Theory and Applications in the Knowledge Economy Conference; Editors: Eduardo Tomé, Gaby Neumann, Justyna Majewska, Szymon Truskolaski. Poznan. 2018. pp. 413–424.
12. Bryl L. Intellectual capital disclosure practices – evidence from Poland // Proceedings of TAKE 2018. Poznan, Poland, 11 to 13 July 2018. Theory and Applications in the Knowledge Economy Conference; Editors: Eduardo Tomé, Gaby Neumann, Justyna Majewska, Szymon Truskolaski. Poznan. 2018. pp. 228–246.
13. Bornemann M., Hartmann G., Grefe L., John U. ISO 9001:2015 as a driver to push Intellectual Capital and Knowledge Management // Proceedings of TAKE 2018. Poznan, Poland, 11 to 13 July 2018. Theory and Applications in the Knowledge Economy Conference; Editors: Eduardo Tomé, Gaby Neumann, Justyna Majewska, Szymon Truskolaski. Poznan. 2018. pp. 247–261.
14. Глобальный индекс инноваций. Гуманитарная энциклопедия: Исследования // Центр гуманитарных технологий, 2006–2019 (в ред. от 23 апр. 2019 г.). URL: <https://gtmarket.ru/ratings/global-innovation-index/info> (дата обращения: 20.04.2020).
15. Global Innovation Index 2019. URL: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp> (дата обращения: 20.04.2020).
16. Круглый стол в Агентстве инновационного развития – Центре кластерного развития Калужской области // Бизнес. Общество. Власть. 2019. № 4 (34). Декабрь. С. 110–120.
17. Fijałkowska J., Hadro D., Sułkowski Ł. Intellectual capital reporting in universities as a tool of accountability – the worldwide practices // Proceedings of TAKE 2018. Poznan, Poland, 11 to 13 July 2018. Theory and Applications in the Knowledge Economy Conference; Editors: Eduardo Tomé, Gaby Neumann, Justyna Majewska, Szymon Truskolaski. Poznan 2018. pp. 216–227.
18. Воеводин В.В. Суперкомпьютерные технологии в цифровом мире: теория, практика, образование // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. № 4. С. 351–354.
19. Четверушкин Б.Н. Суперкомпьютерные технологии: проблемы и перспективы ближайшего будущего // Вестник Российской академии наук. 2018. Т. 88. № 12. С. 1083–1089.
20. Беспалова О.О., Ковганко М.В. Методика разработки стратегии развития инновационной инфраструктуры в регионе // Инновации в науке и практике: сб. статей по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Уфа: Изд-во НИЦ Вестник науки, 2019. С. 149–153.
21. Скрипник М.А. Регион как основа инновационного развития // Прогрессивные научные исследования – основа современной инновационной системы: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. Уфа: ООО «Омега сайнс», 2020. С. 311–316.
22. 7Р просветительства / Л.Н. Духанина [и др.] // Вестник Костромского гос. ун-та им. Н.А. Некрасова. 2020. № 1. С. 5–16.
23. Инновационные подходы в современной науке: сб. статей по материалам XXV Междунар. науч.-практ. конф. М.: ООО «Интернаука», 2018. Т. 13 (25). 232 с.
24. Годовой отчет 2018. URL: http://sk.ru/foundation/results/annual_reports_ru/p/annual_report_2018. (дата обращения: 22.04.2020).
25. Годовой отчет 2019. URL: https://old.sk.ru/foundation/results/annual_reports_ru/p/annual_report_2019. (дата обращения: 22.04.2020).

26. Сколково сегодня. URL: <https://sk.ru> (дата обращения: 22.04.2020).
27. Иноземцев В.Л. Несовременная страна. Россия в XXI веке. М.: Альпина Паблишер, 2019. 402 с.
28. Маскаев А.И., Тупаев А.В., Маркин Р.Ю. Российская «экономика знаний»: анализ опыта «Сколково» // Journal of Economic Regulation (Вопросы регулирования экономики). 2019. Т. 10. № 1. С. 56–76.
29. Мохначева Ю.В., Цветкова В.А. Россия в мировом массиве научных публикаций // Вестник Российской академии наук. 2019. № 8. С. 820–830.
30. Домаков В.В., Матвеев В.В. Реалии плагиата и перлы российского интернет-проекта «Антиплагиат» // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2019. № 1. С. 114–126.
31. Власова В.В., Рудь В.А. Глобальный инновационный индекс 2019. URL: <https://issek.hse.ru/news/299608238.html> (дата обращения: 22.04.2020).
32. Селиверстова Н. Кудрин уточнил объем неисполненных расходов бюджета за 2019 год. URL: <https://ria.ru/20200220/1564988138.html> (дата обращения: 23.04.2020).
33. Изотова Г.С. Мониторинг хода реализации мероприятий национального проекта «Наука», необходимых для выполнения задач, поставленных в Указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Отчет о промежуточных результатах экспертно-аналитического мероприятия. URL: <http://www.ach.gov.ru/upload/iblock/5a5/> (дата обращения: 22.04.2020).
34. Дайджест мониторинга национальных целей. 31 января 2020 года. URL: <http://www.ach.gov.ru/audit-national/daydzhest> (дата обращения: 23.04.2020).

References

1. Strategiya prostranstvennogo razvitiya: Rasporyazhenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 13 fevr. 2019 g. № 207-r. URL: <http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm> (data obrashcheniya: 18.04.2020).
2. O Strategii razvitiya informacionnogo obshchestva v Rossijskoj Federacii na 2017–2030 gody: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 9 maya 2017 g. № 203. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd> (data obrashcheniya: 18.04.2020).
3. Cifrovaya ekonomika Rossijskoj Federacii na 2018–2024 gody: Nacional'naya programma. URL: <http://static.government.ru/media/files/3b1AsVA1v3> (data obrashcheniya: 18.04.2020).
4. Makarov V.L. Ekonomika znaniy: uroki dlya Rossii // Nauka i zhizn'. 2003. № 5.
5. Tocan M.C. Knowledge Based Economy Assessment // Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology, Scienti cPapers.org. 2012. № 2 (5). October. pp. 1–15.
6. Publichnoe upravlenie v usloviyah cifrovoj globalizacii / otv. red. A.V. Polyanin. Orel: Srednerusskij institut upravleniya – filial RANHiGS, 2020. 268 s.
7. Zuev M.B., Zuev B.P., Bulgakova I.N. Formirovanie i razvitie metoda ocenki prakticheskoy effektivnosti menedzhmenta v koncepcii operativnogo upravleniya // Biznes-informatika. 2020. T. 14. № 1. S. 75–84. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.1.75.84
8. Strategiya kadrovoj politiki v epohu cifrovoj ekonomiki / pod obshch. red. N.A. Lytnevoj. Orel, 2019. 272 s.
9. Lukashov N.V., Artemova D.I., Korableva O.N. Ekonomika znaniy: ucheb. M.: Izd-vo Prospekt, 2020. 368 s.
10. Szuster M. Knowledge management in the companies which deliver new industrial solutions // Proceedings of TAKE 2018. Poznan, Poland, 11 to 13 July 2018. Theory and Applications in the Knowledge Economy Conference; Editors: Eduardo Tomé, Gaby Neumann, Justyna Majewska, Szymon Truskolaski. Poznan. 2018. pp. 263–277.
11. Kinghorn J. The dynamics of knowledge in Public Private Partnerships – a sensemaking

based // Proceedings of TAKE 2018. Poznan, Poland, 11 to 13 July 2018. Theory and Applications in the Knowledge Economy Conference; Editors: Eduardo Tomé, Gaby Neumann, Justyna Majewska, Szymon Truskolaski. Poznan. 2018. pp. 413–424.

12. Bryl L. Intellectual capital disclosure practices – evidence from Poland // Proceedings of TAKE 2018. Poznan, Poland, 11 to 13 July 2018. Theory and Applications in the Knowledge Economy Conference; Editors: Eduardo Tomé, Gaby Neumann, Justyna Majewska, Szymon Truskolaski. Poznan. 2018. pp. 228–246.

13. Bornemann M., Hartmann G., Grefe L., John U. ISO 9001:2015 as a driver to push Intellectual Capital and Knowledge Management // Proceedings of TAKE 2018. Poznan, Poland, 11 to 13 July 2018. Theory and Applications in the Knowledge Economy Conference; Editors: Eduardo Tomé, Gaby Neumann, Justyna Majewska, Szymon Truskolaski. Poznan. 2018. pp. 247–261.

14. Global'nyj indeks innovacij. Gumanitarnaya enciklopediya: Issledovaniya // Centr gumanitarnyh tekhnologij, 2006–2019 (v red. ot 23 apr. 2019 g.). URL: <https://gtmarket.ru/ratings/global-innovation-index/info> (data obrashcheniya: 20.04.2020).

15. Global Innovation Index 2019. URL: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp> (data obrashcheniya: 20.04.2020).

16. Kruglyi stol v Agentstve innovacionnogo razvitiya – Centre klasternogo razvitiya Kaluzhskoj oblasti // Biznes. Obshchestvo. Vlast'. Dekabr' 2019. № 4 (34). S. 110–120.

17. Fijałkowska J., Hadro D., Sułkowski Ł. Intellectual capital reporting in universities as a tool of accountability – the worldwide practices // Proceedings of TAKE 2018. Poznan, Poland, 11 to 13 July 2018. Theory and Applications in the Knowledge Economy Conference; Editors: Eduardo Tomé, Gaby Neumann, Justyna Majewska, Szymon Truskolaski. Poznan 2018. pp. 216–227.

18. Voevodin V.V. Superkomp'yuternye tekhnologii v cifrovom mire: teoriya, praktika, obrazovanie // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2019. T. 89. № 4. S. 351–354.

19. Chetverushkin B.N. Superkomp'yuternye tekhnologii: problemy i perspektivy blizhajshego budushchego // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2018. T. 88. № 12. C. 1083–1089.

20. Bepalova O.O., Kovganko M.V. Metodika razrabotki strategii razvitiya innovacionnoj infrastruktury v regione // Innovacii v nauke i praktike: sb. statej po materialam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ufa: Izd-vo NIC Vestnik nauki, 2019. S. 149–153.

21. Skripnik M.A. Region kak osnova innovacionnogo razvitiya // Progressivnye nauchnye issledovaniya – osnova sovremennoj innovacionnoj sistemy: sb. statej Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ufa: OOO «Omega sajns», 2020. S. 311–316.

22. 7P prosvetitel'stva / L.N. Duhanina [i dr.] // Vestnik Kostromskogo gos. un-ta im. N.A. Nekrasova. 2020. № 1. S. 5–16.

23. Innovacionnye podhody v sovremennoj nauke: sb. statej po materialam XXV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M.: OOO «Internauka», 2018. T. 13 (25). 232 s.

24. Godovoi otchet 2018. URL: http://sk.ru/foundation/results/annual_reports_ru/p/annual_report_2018. (data obrashcheniya: 22.04.2020).

25. Godovoj otchet 2019. URL: https://old.sk.ru/foundation/results/annual_reports_ru/p/annual_report_2019. (data obrashcheniya: 22.04.2020).

26. Skolkovo segodnya. URL: <https://sk.ru> (data obrashcheniya: 22.04.2020).

27. Inozemcev V.L. Nesovremennaya strana. Rossiya v XXI veke. M.: Al'pina Pabliher, 2019. 402 s.

28. Maskhev A.I., Tupaev A.V., Markin R.YU. Rossiiskaya «ekonomika znaniy»: analiz opyta «Skolkovo» // Journal of Economic Regulation (Voprosy regulirovaniya ekonomiki). 2019. T. 10. № 1. S. 56–76.

29. Mohnacheva Yu.V., Cvetkova V.A. Rossiya v mirovom massive nauchnyh publikacij // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2019. № 8. S. 820–830.

30. Domakov V.V., Matveev V.V. Realii plagiata i perly rossijskogo internet-proekta «Antiplagiat» // Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2019. № 1. S. 114–126.

31. Vlasova V.V., Rud' V.A. Global'nyj innovacionnyj indeks 2019. URL: <https://issek.hse.ru/news/299608238.html> (data obrashcheniya: 22.04.2020).
32. Seliverstova N. Kudrin utochnil ob"em neispolnennyh raskhodov byudzheta za 2019 god. URL: <https://ria.ru/20200220/1564988138.html> (data obrashcheniya: 23.04.2020).
33. Izotova G.S. Monitoring hoda realizacii meropriyatij nacional'nogo proekta «Nauka», neobhodimyyh dlya vypolneniya zadach, postavlennyh v Ukaze Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 7 maya 2018 g. № 204 «O nacional'nyh celyah i strategicheskikh zadachah razvitiya Rossijskoj Federacii na period do 2024 goda: Otchet o promezhutochnyh rezul'tatah ekspertno-analiticheskogo meropriyatiya. URL: <http://www.ach.gov.ru/upload/iblock/5a5/> (data obrashcheniya: 22.04.2020).
34. Dajdzhest monitoringa nacional'nyh celej. 31 yanvarya 2020 goda. URL: <http://www.ach.gov.ru/audit-national/daydzhest> (data obrashcheniya: 23.04.2020).

МЕТОДИКА АУДИТА И УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В ГОСУДАРСТВЕННОМ УЧРЕЖДЕНИИ

Г.А. Костин, доктор технических наук, доцент;

А.Г. Серова.

Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики

Статья посвящена актуальным проблемам управления информационной безопасностью в государственном учреждении и представляет интерес для специалистов и ученых, заинтересованных данными направлениями исследований. Статья не ограничивается только аудитом системы управления информационной безопасностью, но и затрагивает вопросы управления рисками в данной системе. Принятие эффективного и разноуровневого управленческого решения в системе управления информационной безопасностью зависит от определения первоочередных мероприятий, обеспечивающих снижение рисков в данной системе.

Процесс принятия решения базируется на классических принципах с использованием системного и математического подходов. Предложенная авторами методика аудита и управления информационной безопасностью в государственном учреждении применяется с использованием принципов системного анализа, swot-анализа, методов структуризации, экспертного опроса и статистической обработки результатов экспертного опроса. Система управления информационной безопасностью в данной методике рассматривается как совокупность компонент – законодательная, административная, техническая, организационная и социально-психологическая.

Ключевые слова: система управления информационной безопасностью, государственное учреждение, информационная безопасность, программный комплекс, Федеральная служба по техническому и экспортному контролю, Федеральная служба безопасности

METHODS OF AUDIT AND INFORMATION MANAGEMENT SECURITY IN A PUBLIC INSTITUTION

G.A. Kostin; A.G. Serova. Saint-Petersburg university of management technology and economics

This article is devoted to current problems of information security management in a public institution and is of interest to specialists and scientists interested in these areas of research. The article is not limited to the audit of the information security management system, but also addresses the issues of risk management in this system. The adoption of an effective and multi-level management decision in the information security management system depends on the identification of priority measures to reduce risks in this system.

The decision-making process is based on classical principles using systematic and mathematical approaches. The method of audit and information security management in a public institution proposed by the authors is applied using the principles of system analysis, swot analysis, structuring methods, expert survey and statistical processing of expert survey results.

Keywords: information security management system, public institution, information security, software, Federal service for technical and expert control, Federal security service

В настоящее время в связи с развитием новых компьютерных технологий, увеличением информационной среды и увеличением финансовых вложений в современные

информационные системы успешная деятельность в государственном учреждении зависит от эффективной системы управления информационной безопасностью (СУИБ). Актуальной предметной областью для изучения становится не только аудит и управление информационной безопасностью (ИБ), но разработка новых методов в СУИБ.

Анализ структуры СУИБ в государственном учреждении показал, что данная система строится, основываясь на таких методах управления, как организационные и технические (рис. 1).

В настоящее время новые направления в менеджменте не только идентифицируют риски в СУИБ, но и производят ее оценку и предполагают определенные решения. Данный процесс основан на системном и математическом подходах. В качестве критериев для оценки данной системы принимаются не только национальные и международные стандарты, но и требования законодательства, отраслевые требования в сфере управления и аудита ИБ.

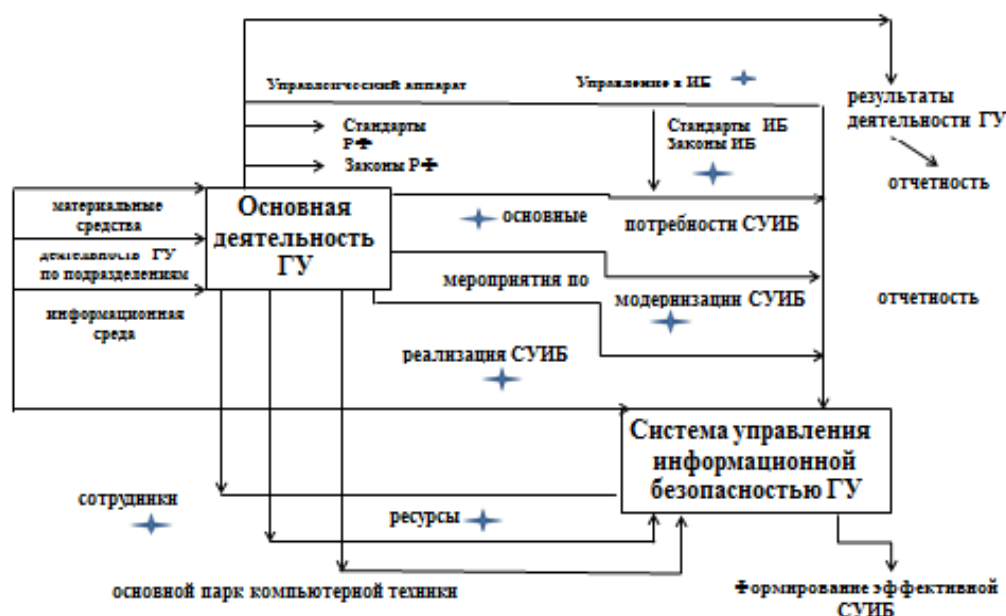


Рис. 1. Взаимосвязь основной деятельности государственного учреждения и СУИБ (ГУ – государственное учреждение)

Прежде всего, это международные и национальные стандарты оценки и управления ИБ: ISO 15408, ISO 17799 (BS 7799), ISO 27001(X), BSI стандарты, отражающие вопросы ИБ: COVTI, SAC, COSO, SAS 55/78, Германский стандарт BSI и BSI – Standarts 100-3 и т.д. [1].

Но стандарты в основном затрагивают законодательные, административные и технические компоненты СУИБ [2]. Сравнительно новым направлением для формирования разноуровневой и эффективной СУИБ является повышение интереса к формированию и модернизации организационной компоненты данной системы. Данная компонента отвечает за ресурсы в СУИБ государственного учреждения, их необходимость, состав и внедрение, в том числе за социально-психологическую составляющую организационной компоненты, к которой в настоящее время проявляется повышенный интерес в области управления ИБ [2].

Анализ теоретических и практических баз, законов и подзаконных актов Российской Федерации, регламентирующих документов Федеральной службы по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК), Федеральной службы безопасности (ФСБ), международных и национальных стандартов в области ИБ, также специализированных программных комплексов (ПК) в сфере аудита ИБ показал, что СУИБ строится, основываясь на таких методах управления, как организационные и технические (рис. 2).

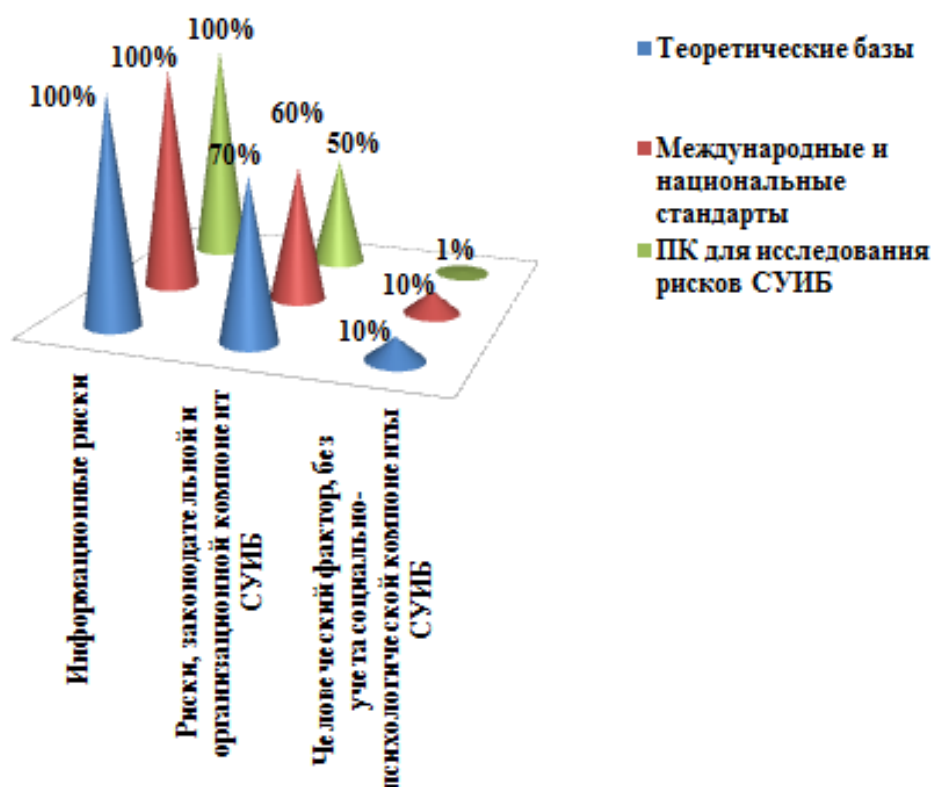


Рис. 2. Графическая схема проведенного анализа теоретических баз, международных и национальных стандартов в области аудита и управления ИБ

Методы и средства системного анализа СУИБ в государственном учреждении применяются не только при решении задач аудита и управления ИБ, но и при построении эффективной модели СУИБ [4].

Информационная среда государственного учреждения имеет внутренние и внешние составляющие. К внутренним составляющим относятся материальные средства для поддержания информационных процессов в государственном учреждении, также сотрудники, имеющие доступ к информационным базам учреждения.

К внешним составляющим информационной среды относятся явления во внешней среде, которые оказывают влияние на внутреннюю составляющую информационной среды государственного учреждения. Риск в системе управления ИБ – это риск во внешней и внутренней информационной среде учреждения [5]. Риски в СУИБ оказывают негативное влияние на качество данных в информационной среде и основную деятельность государственного учреждения.

СУИБ представим как структуру компонент: законодательная, административная, техническая и организационная, социально-психологическая (рис. 3).

Также на рис. 3 представлена модель СУИБ в государственном учреждении. Посредством данной модели риски в СУИБ сводятся к минимуму при помощи подбора мероприятий или ресурсов, устраняющих причины рисков.

Основной алгоритм устранения или снижения рисков в СУИБ в государственном учреждении:

$$Alg (Rk \rightarrow Ro). \quad (1)$$

1. Аудит СУИБ, позволяющий идентифицировать риски в данной системе Rk .
2. Анализ СУИБ, позволяющий принять эффективное управленческое решение в данной системе [6]. Требуется найти первоочередные мероприятия Mo в СУИБ, при

которых достигается снижение рисков за определенный период времени R_o (M_o , t), выделенный под аудит:

$$R_o(M_o, t) = \min_{k \in n} \sum_{i=1}^n (M_k, t), \quad (2)$$

где R_k – риски в СУИБ после проведенного аудита; M_k – пересмотренные мероприятия за определенный период времени; t – период времени, выделенный под аудит; M_o – первоочередные мероприятия по снижению или устранению рисков в СУИБ, после проведенного анализа данной системы.

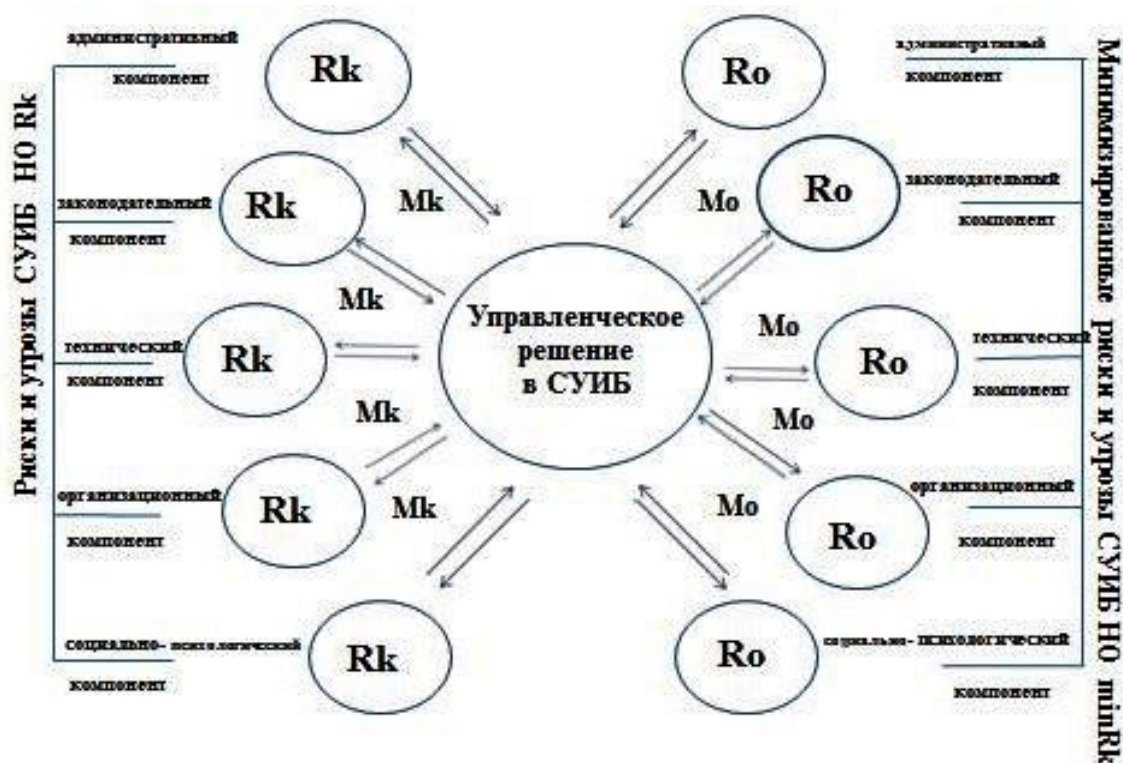


Рис. 3. Модель СУИБ в государственном учреждении

Законодательная компонента СУИБ в государственном учреждении представляет собой набор требований, которые опираются на законодательные акты Российской Федерации, международные и национальные стандарты в области аудита и управления ИБ, законы по электронно-цифровой подписи и т.д.

Административная компонента отвечает за внутреннюю документацию учреждения, относящуюся к СУИБ, все внутренние регламенты и политики в данной системе, находящиеся в актуальном состоянии.

Техническая компонента отвечает за аппаратные средства и операционные системы, сетевые средства и технические средства защиты, архивацию данных, пароли и криптографию, в компетенцию которых входит ИБ всей информационной среды учреждения.

Организационная компонента отвечает за организацию работ в СУИБ государственного учреждения, план активных мероприятий, осуществление запланированных мероприятий по оценке и устранению угроз в СУИБ, поддержание в актуальном состоянии существенных активов по обеспечению эффективной СУИБ в государственном учреждении. Частью таких активов и является социально-психологическая компонента.

Социально-психологическая компонента отвечает за экономический, социальный и психологический статус сотрудника, в компетенцию которого входит решать класс профессиональных задач в СУИБ в государственном учреждении.

Психологическая компонента СУИБ предполагает угрозы, связанные с неэффективным принятым решением СУИБ. Как правило, относится к определенному классу ситуаций – житейских, профессиональных, понимаемых данным сотрудником, как независимые от него действия.

Исходя из напряженного графика работы, психологическое и социальное состояние данных служащих не очень привлекательно, возникают трудности в психологии значимости и самооценки. Отсутствуют межличностные отношения и уважение со стороны всех служащих государственного учреждения к человеку, который отвечает за их собственный труд и несет материальную ответственность. Социальное положение зависит от материального вознаграждения сотрудников, отвечающих за СУИБ. Социальные, экономические и психологические компоненты СУИБ в государственном учреждении – это неумышленный субъективный (человеческий) фактор, который способствует образованию неблагоприятных инцидентов, возникающих в СУИБ.

SWOT-анализ СУИБ представляет собой инструмент оценки, с помощью которого проводится аудит СУИБ с учетом социально-психологической компоненты [7]. Результаты анализа СУИБ представляются в виде алгоритма (рис. 4) (сильные, слабые, возможности, угрозы). Такое представление алгоритма позволит лучше разобраться в проблемах СУИБ, обнаружить существующие риски и детализировать все стороны данной системы.

Данный алгоритм будем использовать при формировании «дерева проблем», представленного в виде графа P_k [8], множество вершин которого $P_k = \{p_1, p_2 \dots p_n\}$. При обнаружении риска в СУИБ представляется возможным выявить причину каждого риска, сформировать цель для устранения риска в данной системе.

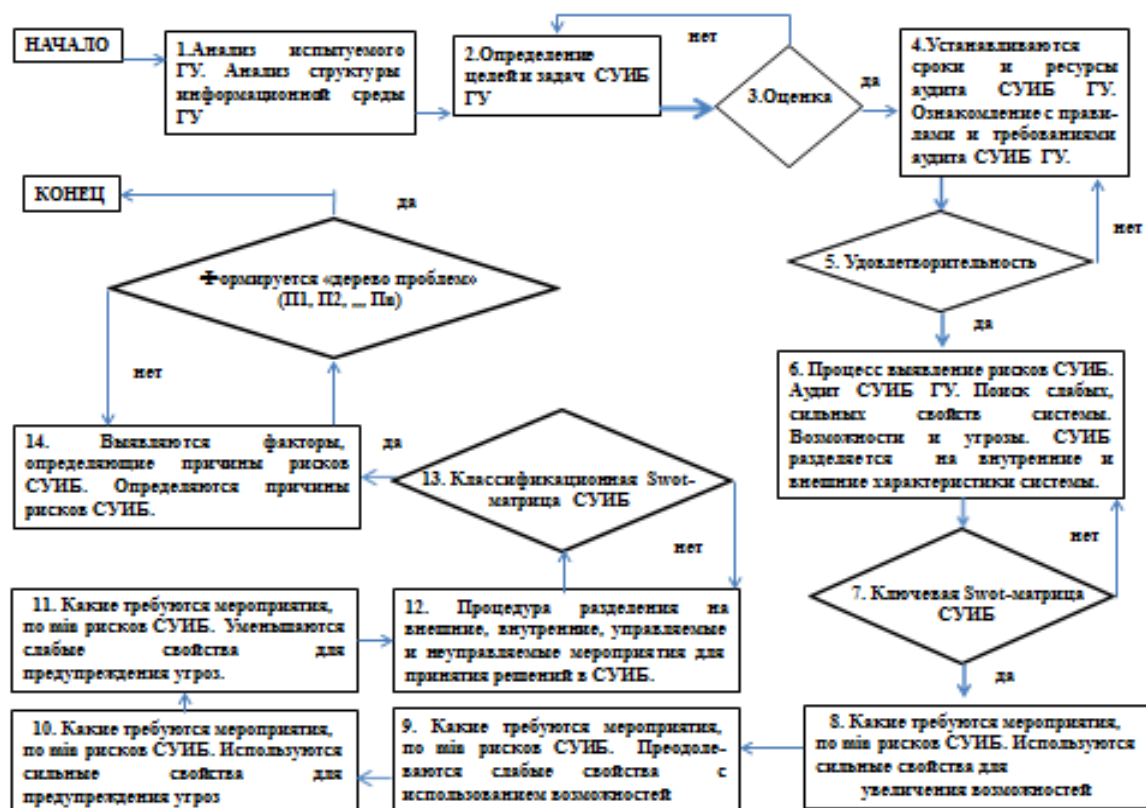


Рис. 4. Алгоритм аудита СУИБ в государственном учреждении

Инструмент для выявления первоочередных мероприятий в СУИБ в государственном учреждении – метод структуризации целей в СУИБ в государственном учреждении.

Поэтому для решения реальных проблем и задач в СУИБ используем не только мероприятия и ресурсы, то есть цели в данной системе, но и средства их достижения (рис. 5). Системный анализ определяет данный процесс как «дерево целей», который представим в виде графа Zhk , множество вершин которого $Zhk=\{zh1, zh2 \dots zhn\}$.

«Дерево мероприятий» представим в виде графа Mk , множество вершин которого $Mk=\{m1, m2 \dots mn\}$ может состоять из общих и специфических мероприятий. Совершенствование СУИБ в государственном учреждении, также материально-техническое снабжение данной системы – это общие мероприятия.

Процесс экспертных оценок представляется как процесс сбора экспертных суждений. Данные суждения – это практические данные, которые помогут принять грамотное и эффективное решение. Мероприятия, полученные в ходе аудита и анализа СУИБ, ранжируются и оцениваются экспертами, далее принимается нужное решение. Эксперты с разными возможностями оценивают различную информацию различной природы.

Экспертами проставляется каждому мероприятию по совершенствованию СУИБ определенная оценка, ранг. Оценки ранжируются и стандартизируются. Из представленного множества мероприятия анализируются в соответствии с коэффициентом относительной важности (формула 1), выбираются наиболее важные и необходимые мероприятия [4, 7] (рис. 5). В данном случае поможет процедура определения весовых коэффициентов мероприятий и работ по совершенствованию СУИБ государственного учреждения. Итоговое дерево мероприятий строится после определения коэффициентов относительной важности каждого мероприятия, указанных в анкетах для опроса в виде графа Mo , с множеством вершин $Mo=\{mo1, mo2 \dots mon\}$.

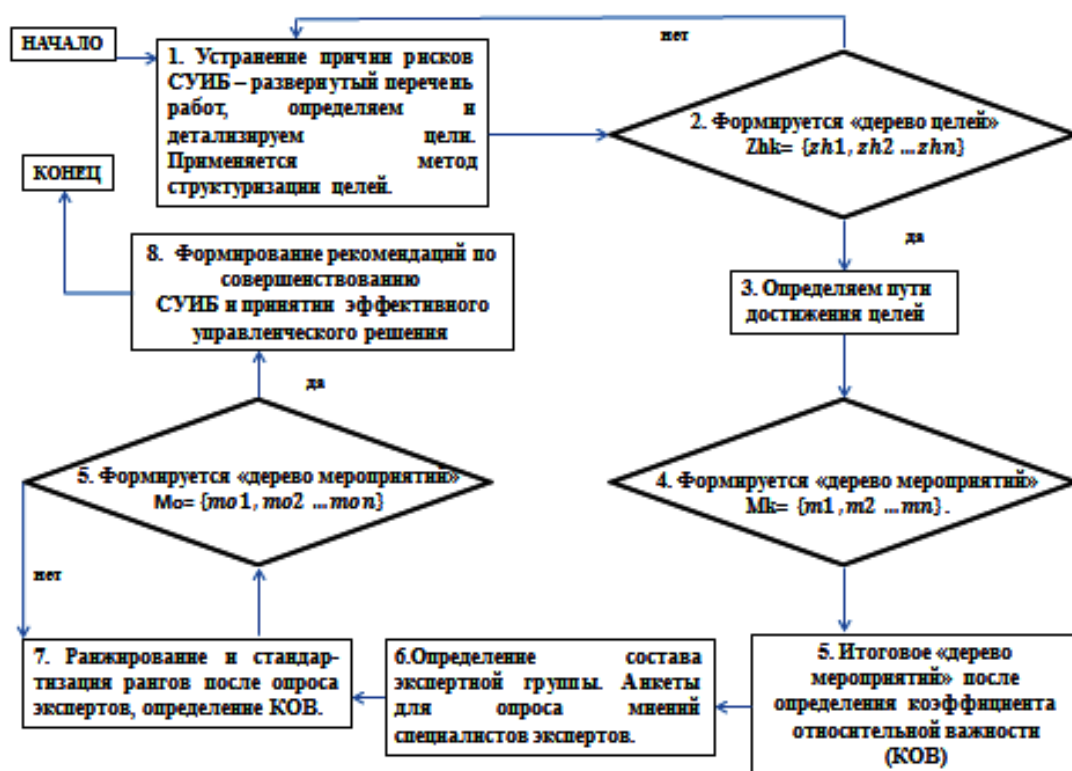


Рис. 5. Алгоритм анализа рисков СУИБ в государственном учреждении

По сведениям из таблицы ранжируемых мероприятий определяется коэффициент относительной важности W_n (формулы 3–7) для каждого фактора (цели, мероприятия, ресурса) по всем специалистам-экспертам [7]:

$$W_n = \frac{SRN_n}{\sum_{j=1}^m SRN_n}, \quad (3)$$

где $\sum_{j=1}^m W_n = 1$.

В методике для оценки согласованности применяется коэффициент согласия V – коэффициент конкордации Кендала [9–11]. Значения коэффициента конкордации должны изменяться от 0 до 1. Для несогласованных ранжировок $V=0$, если $V=1$, то они согласованы.

При строгом ранжировании коэффициент конкордации вычисляется по формуле:

$$V = \frac{12S}{m^2(n^3-n)}. \quad (4)$$

Связанные ранги существуют и при нестрогом ранжировании. Коэффициент конкордации следует корректировать, максимальное значение дисперсии уменьшается, по сравнению со строгим ранжированием и связанными рангами, и вычисляется по формуле [7]:

$$V = \frac{S}{\frac{1}{12} \times n^2 \times (m^3 - m) - n \times \sum T_j}, \quad (5)$$

где n_j – число факторов; m_j – количество экспертов; T_j – показатель связанных рангов в приведенной формуле (4); T_j – число групп равных рангов в j ранжировке; h_k – число равных рангов в k группе связанных рангов в ранжировке, полученной от j -го эксперта.

$$T_j = \sum_{k=1}^H (h_k^3 - h_k). \quad (6)$$

Отклонение суммы рангов от среднего значения суммы рангов:

$$S = \sum D_i^2 = \sum (\sum_{j=1}^m SRN_n - \frac{1}{n} \times \sum \sum_{i=1}^m SRN_n)^2, \quad (7)$$

где $(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m SR_n)$ – среднее значение суммы рангов; D_i – разность суммы рангов и среднего значения суммы рангов.

Для определения уровня значимости коэффициента конкордации (формулы 8, 9) Кендала для связанных рангов критерий Пирсона $\lambda_p^2 > \lambda_t^2$, несвязанные ранги:

$$\lambda_p^2 = n(m-1) \times V. \quad (8)$$

При связанных рангах:

$$\lambda_p^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} \times m \times n \times (n-1) - \frac{1}{n-1} \times \sum T_j}, \quad (9)$$

где λ_t^2 – табличное значение коэффициента для степеней свободы $f=m-1$ и уровня значимости α . В случае выполнения условия $\lambda_p^2 > \lambda_t^2$ гипотеза о согласованности мнений принимается.

На основе проведения экспериментальной процедуры аудита и исследования СУИБ в государственном учреждении с помощью опроса специалистов-экспертов было установлено, что основной ресурс для эффективного функционирования СУИБ – это

социальный и психологический статус сотрудников, в компетенцию которого входит решать класс профессиональных задач в СУИБ. И это основной риск в СУИБ государственного учреждения.

Решение в СУИБ необходимо направить на совершенствование социальной и психологической безопасности учреждения.

Как видно из рис. 6, после внедрения представленной в статье модели СУИБ в государственном учреждении, частота инцидентов в СУИБ снизилась. После внедрения снизились инциденты социально-психологического компонента, выполнены рекомендации проведенного аудита и анализа СУИБ в государственном учреждении. Также снизились инциденты, напрямую зависящие от социально-психологического компонента, то есть от сотрудников, в компетенцию которых входит решать класс профессиональных задач в СУИБ государственного учреждения (рис. 7).

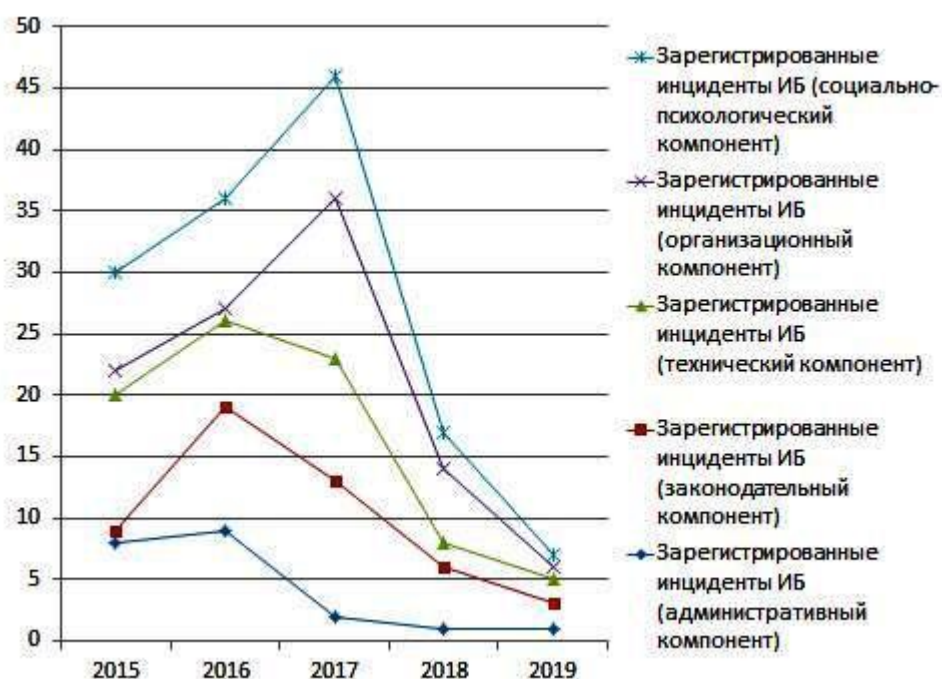


Рис. 6. Результаты практического применения разработанной методики в государственном учреждении Санкт-Петербурга

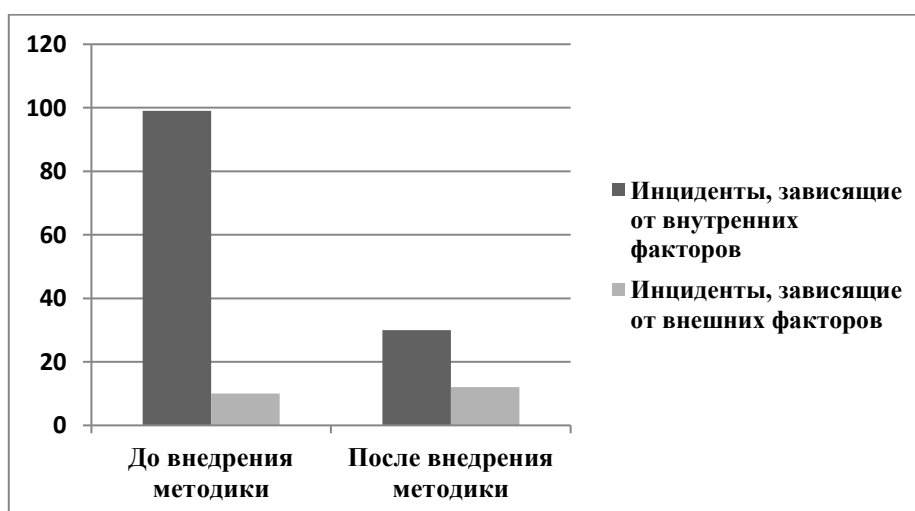


Рис. 7. Зарегистрированные инциденты до и после внедрения разработанной модели СУИБ государственного учреждения

Для решения поставленных задач в данном исследовании авторами статьи были рассмотрены и проанализированы аудит и СУИБ государственного учреждения. Проведен обзор научных публикаций, свидетельствующих, что в научной литературе имеется целый ряд работ, раскрывающих цели, закономерности, принципы, условия, технологии и другие аспекты совершенствования аудита и СУИБ государственного учреждения. Представлен обзор публикаций, связанных с вопросами управления в организационных системах. В исследованиях последних десятилетий, посвященных вопросам и проблемам ИБ, учеными фокусируется внимание на важности и актуальности применения системного подхода в сфере формирования и совершенствования СУИБ государственного учреждения и акцентируется внимание на важности исследования и учета человеческого, социального и психологического факторов в СУИБ государственного учреждения.

Литература

1. Аверченков В.И. Аудит информационной безопасности: учеб. для вузов. 3-е изд., стереотип. М.: ФЛИНТА, 2016.
2. Черешкин Д.С., Кононов А.А. Проблемы создания национальной инфраструктуры защиты информации – УРПС. М.: РАН Институт системного анализа. Проблемы управления информационной безопасностью, 2002. С. 29.
3. Астахова Л.В., Овчинникова Л.О. Кадровые проблемы построения системы управления информационной безопасностью в информационной сфере // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. 2016. № 3 (21). С. 38–46.
4. Гребенников В.В. Управление информационной безопасностью. Стандарты СУИБ: Екатеринбург: Издательские решения, 2018.
5. Nite F.H. Risk, vagueness and profit. Business. M., 2003. p. 360.
6. Машунин Ю.К. Разработка управленческого решения. Владивосток, 1999.
7. Писарева О.М. Методы социально-экономического прогнозирования: учеб. М., 2003.
8. Берж К. Теория графов и ее применения. М.: Иностранная литература. 1962.
9. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. М.: Патент, 1996.
10. Бешелев С.Д. Математическо-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1974.
11. Ромашкина Г.Ф., Татарова Г.Г. Коэффициент конкордации в анализе социологических данных // Социология: методология, методы, математическое моделирование. 2005. № 20.

References

1. Averchenkov V.I. Audit informacionnoj bezopasnosti: ucheb. dlya vuzov. 3-e izd., stereotip. M.: FLINTA, 2016.
2. Chereskin D.S., Kononov A.A. Problemy sozdaniya nacional'noj infrastruktury zashchity informacii – URRS. M.: RAN Institut sistemnogo analiza. Problemy upravleniya informacionnoj bezopasnost'yu, 2002. S. 29.
3. Astahova L.V., Ovchinnikova L.O. Kadrovye problemy postroeniya sistemy upravleniya informacionnoj bezopasnost'yu v informacionnoj sfere // Vestnik UrFO. Bezopasnost' v informacionnoj sfere. 2016. № 3 (21). S. 38–46.
4. Grebennikov V.V. Upravlenie informacionnoj bezopasnost'yu. Standarty SUIB: Ekaterinburg: Izdatel'skie resheniya, 2018.
5. Nite F.H. Risk, vagueness and profit. Business. M., 2003. p. 360.
6. Mashunin Yu.K. Razrabotka upravlencheskogo resheniya. Vladivostok, 1999.
7. Pisareva O.M. Metody social'no-ekonomicheskogo prognozirovaniya: ucheb. M., 2003.
8. Berzh K. Teoriya grafov i ee primeneniya. M.: Inostrannaya literatura. 1962.
9. Litvak B.G. Ekspertnye ocenki i prinyatie reshenij. M.: Patent, 1996.

10. Beshelev S.D. Matematicheskoye-statisticheskoye metody ekspertnykh ocenok. M.: Statistika, 1974.
11. Romashkina G.F., Tatarova G.G. Koeffitsient konkordatsii v analize sotsiologicheskikh dannykh // Sotsiologiya: metodologiya, metody, matematicheskoye modelirovaniye. 2005. № 20.

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРАВА И СВОБОДЫ ЧЕЛОВЕКА И ГРАЖДАНИНА В РОССИИ, ИХ ОГРАНИЧЕНИЕ И ЗАЩИТА В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОГО ПОЛОЖЕНИЯ

**В.А. Винокуров, доктор юридических наук, профессор,
заслуженный юрист Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.
Н.П. Литвинов.
Главное управление МЧС России по Ленинградской области**

Статья посвящена проблемам ограничения и защиты экономических прав и свобод человека и гражданина в Российской Федерации. Проанализированы нормативные правовые акты, по которым осуществляется защита экономических прав и свобод человека и гражданина. Выявлены проблемы, связанные с отсутствием правовых механизмов, по которым возможна оперативная и справедливая защита организаций и индивидуальных предпринимателей, пострадавших в условиях чрезвычайного положения, включая чрезвычайную ситуацию. Рассмотрены возможности компенсации организациям и индивидуальным предпринимателям убытков, ущерба или других материальных потерь.

На основе проведенного анализа сформулированы конкретные предложения по внесению изменений в действующее российское законодательство.

Ключевые слова: Конституция Российской Федерации; ограничение и защита прав и свобод человека и гражданина; экономические права и свободы, их ограничение и защита; организации и индивидуальные предприниматели; чрезвычайное положение, чрезвычайная ситуация; Уголовный кодекс Российской Федерации; Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях

ECONOMIC RIGHTS AND FREEDOMS OF MAN AND CITIZEN IN RUSSIA, THEIR LIMITATION AND PROTECTION IN A STATE OF EMERGENCY

V.A. Vinokurov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
N.P. Litvinov. Main directorate of EMERCOM of Russia for the Leningrad Region

The article is devoted to the problems of restriction and protection of economic rights and freedoms of man and citizen in the Russian Federation. The normative legal acts on which the protection of economic rights and freedoms of man and citizen is carried out are analyzed. The problems associated with the lack of legal mechanisms for the prompt and fair protection of organizations and individual entrepreneurs affected by a state of emergency, including an emergency, are identified. Possibilities of compensation to the organizations and individual entrepreneurs of losses, damage or other material losses are considered.

Based on the analysis, specific proposals for amendments to the current Russian legislation are formulated.

Keywords: Constitution of the Russian Federation; restriction and protection of the rights and freedoms of man and citizen; economic rights and freedoms, limitation and protection; organizations and individual entrepreneurs; state of emergency, emergency situation; Criminal code of the Russian Federation; Russian Federation Code of administrative offences

Основные права и свободы человека и гражданина в России закреплены в главном документе страны – Конституции Российской Федерации, в частности ее главе 2 [1].

В числе выделяемой учеными группы экономических прав [2, с. 751–765], включенных в текст Основного Закона государства, особое место занимает право частной собственности. Содержание указанного права человека и гражданина в общем виде раскрывается в статье 35 Конституции России, где сказано: «Каждый вправе иметь имущество в собственности, владеть, пользоваться и распоряжаться им как единолично, так и совместно с другими лицами» и далее – «Принудительное отчуждение имущества для государственных нужд может быть произведено только при условии предварительного и равноценного возмещения» (часть 2 и из части 3). В развитие последней дефиниции в Гражданский кодекс Российской Федерации включена статья 242 «Реквизиция», пункт 1 которой предусматривает, что в случаях стихийных бедствий, аварий, эпидемий, эпизоотий и при иных обстоятельствах, носящих чрезвычайный характер, имущество в интересах общества по решению государственных органов может быть изъято у собственника с выплатой ему стоимости имущества [3].

Рассматривая группу экономических, социальных и культурных прав, М.В. Баглай писал, что «Государство не может и не должно раздавать всем гражданам правовые, материальные и духовные блага, но обязано обеспечить им возможность защищать свое право на достойную жизнь. Однако для этого надо разумно ограничить свободу других. Если государство не сделает этого, то общество будет постоянно раздражаться острыми социальными противоречиями и в конце концов погибнет» [4, с. 224]. Баглай М.В. также указывал на то, что «защищенность экономических прав по своей юридической силе не может быть такой же, как прав личных или политических, так как в обществе с рыночной экономикой механизм распределения благ находится не только в руках государства», что эти права «являются не столько юридическими нормами, сколько стандартом, к которому должно стремиться государство в своей политике» [4, с. 224–225].

В своем исследовании В.В. Мельников констатирует, что право на экономическую деятельность включает ряд конкретных прав, а именно: создавать под свой риск и ответственность предприятия; вступать в договоры; приобретать и распоряжаться собственностью; осуществлять внешнеэкономическую деятельность; нанимать и увольнять работников, а также утверждает, что «никакой государственный орган не имеет права диктовать предпринимателю, какую продукцию он обязан производить и каковы должны быть на нее цены (если пределы не регулируются законодательством)» [5, с. 111].

Комментируя статью 35 Основного Закона государства, Е.Ю. Бархатова отмечает, что «Важнейшим институтом социально-экономических отношений является закрепленное в Конституции Российской Федерации право частной собственности, неременное условие демократической рыночной экономики. Собственность – это основа подлинной независимости человека и его уверенности в завтрашнем дне. Государство приняло на себя обязанность защищать частную собственность, обеспечивать ее неприкосновенность» [6, с. 57].

С высказанными мнениями следует согласиться. Правда, следует обратить внимание, что, рассуждая о правах и свободах человека и гражданина, включая права экономические, авторы не затрагивают вопросы ограничения этих прав и свобод. В то же время Конституция Российской Федерации прямо устанавливает возможность ограничения прав и свобод человека и гражданина федеральным законом «только в той мере, в какой это необходимо в целях защиты основ конституционного строя, нравственности, здоровья, прав и законных интересов других лиц, обеспечения обороны страны и безопасности государства» (часть 3

статьи 55), а также в условиях чрезвычайного положения, которое может вводиться в соответствии с Федеральным конституционным законом, и при котором могут быть установлены отдельные ограничения прав и свобод (часть 1 статьи 56). Одновременно в Основном Законе страны перечислены те права и свободы, которые не могут быть ограничены (часть 3 статьи 56). Из числа экономических прав не подлежит ограничению только право, установленное частью 1 статьи 34 Конституции Российской Федерации – право на свободное использование своих способностей и имущества для предпринимательской и иной не запрещенной законом экономической деятельности; а право частной собственности, в том числе на землю, может быть ограничено.

Федеральным конституционным законом «О чрезвычайном положении» [7] предусмотрены в отношении экономических прав как общие ограничения, в числе которых установление ограничений на осуществление отдельных видов финансово-экономической деятельности и особого порядка продажи, приобретения и распределения продовольствия и предметов первой необходимости (пункты «г» и «д» статьи 11), так и меры частного порядка, вводимые в условиях возникновения чрезвычайной ситуации, в частности: мобилизация ресурсов организаций независимо от организационно-правовых форм и форм собственности, переориентация указанных организаций на производство необходимой в условиях чрезвычайного положения продукции; мобилизация трудоспособного населения и привлечение транспортных средств граждан для проведения указанных работ (пункты «в» и «е» статьи 13).

Одновременно статья 27 названного Федерального конституционного закона устанавливает, что Правительством Российской Федерации должен быть определен порядок выплаты компенсаций как гражданам, так и организациям, понесшим ущерб в связи с применением мер, предусмотренных Федеральным конституционным законом «О чрезвычайном положении». Высшим исполнительным органом государственной власти Российской Федерации до настоящего времени не принят предусмотренный названным Федеральным конституционным законом порядок.

Как видим, средства на возмещение вреда организациям, индивидуальным предпринимателям и гражданам, возникшего в результате не только чрезвычайного положения, но и чрезвычайных ситуаций (как составной части чрезвычайного положения), не предусматриваются. Поэтому основной проблемой ограничения прав и свобод юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, а также граждан является отсутствие механизма выплаты им компенсации (именно в контексте Федерального конституционного закона «О чрезвычайном положении»). Сегодня в нашей стране существует только судебная защита прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, которая далеко не совершенна, как пишет, например, В.С. Анохин [8].

По мнению А.А. Мохова, «действующее законодательство допускает возможность ограничения прав предпринимателей при возникновении и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера; законодательство гарантирует судебную защиту прав и законных интересов предпринимателей, в том числе и в условиях чрезвычайных ситуаций; арбитражное процессуальное законодательство нуждается в совершенствовании порядка и механизмов защиты прав предпринимателей» [9].

Своеобразным ограничением экономических прав и свобод человека и гражданина в Российской Федерации служат нормы российского уголовного и административного законодательства, призванные в первую очередь защищать законопослушных граждан от нарушений указанных прав и свобод.

Так, Уголовный кодекс Российской Федерации содержит главу 22 «Преступления в сфере экономической деятельности», в которую включено 58 составов преступлений в этой области [10]. Например, диспозиция статьи 171 Уголовного кодекса Российской Федерации, которая именуется «Незаконное предпринимательство», содержит первое условие: «Осуществление предпринимательской деятельности без регистрации или без лицензии, в случае, если такая лицензия обязательна», за нарушение которого (вкуче с иными

условиями) наступает наказание в виде штрафа, обязательных работ или ареста. Таким образом, названный уголовный закон фактически вводит ограничение – он запрещает заниматься предпринимательской деятельностью, если не пройдены определенные процедуры, связанные с регистрацией юридического лица или оформления статуса индивидуального предпринимателя, оформления лицензии и т.п.

В Кодексе Российской Федерации об административных правонарушениях [11] существуют глава 14 «Административные правонарушения в области предпринимательской деятельности и деятельности саморегулируемых организаций» и глава 15 «Административные правонарушения в области финансов, налогов и сборов, страхования, рынка ценных бумаг», в которых содержится около ста составов административных правонарушений в рассматриваемой области, предусматривающие ограничения в различных вопросах экономической деятельности, за нарушение которых наступает административная ответственность. Например, в диспозицию статьи 14.15 «Нарушение правил продажи отдельных видов товаров» включено условие об обязательном соблюдении правил продажи, утверждаемых, как правило, Правительством Российской Федерации [12, 13].

Как было отмечено выше, права и свободы человека и гражданина в Российской Федерации, в том числе экономические права и свободы, ограничиваются при введении режима чрезвычайного положения, включая объявление чрезвычайной ситуации.

Экономические права и свободы человека и гражданина могут быть также ограничены иными законодательными актами, в том числе и теми, которые призваны защищать эти права и свободы, например, Федеральным законом «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [14]. Так данным федеральным законом предусмотрена возможность при введении чрезвычайной ситуации принимать дополнительные меры по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, а именно: определять порядок использования транспортных средств, средств связи и оповещения, а также иного имущества, в том числе организаций; приостанавливать деятельность организации, оказавшейся в зоне чрезвычайной ситуации, если существует угроза безопасности жизнедеятельности работников данной организации и иных граждан, находящихся на ее территории (подпункты «в» и «г» пункта 10 статьи 4¹). При этом названный Федеральный закон предусматривает права только граждан на возмещение ущерба, причиненного их имуществу вследствие чрезвычайных ситуаций, естественно, в тех случаях, когда государственные органы использовали это имущество (статья 18).

Следует заметить, что Правительством Российской Федерации утверждены Правила выделения бюджетных ассигнований из резервного фонда Правительства Российской Федерации по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и последствий стихийных бедствий [15]. Указанные Правила предусматривают различные виды финансовой помощи (компенсаций, пособий, выплат, возмещение вреда) физическим лицам, пострадавшим в результате террористического акта и (или) при пресечении террористического акта правомерными действиями. Компенсация ущерба или убытков организациям и индивидуальным предпринимателям и в этом случае не предусмотрена. Таким образом, в случае порчи и уничтожения имущества организаций органами государственной власти при ликвидации последствий чрезвычайной ситуации, руководители организаций имеют право только на судебную защиту, что, на взгляд авторов, не является скорым и справедливым способом защиты прав пострадавших организаций и индивидуальных предпринимателей.

Механизм компенсации понесенного организацией ущерба должен быть урегулирован в федеральном законе, в котором содержатся конкретные способы защиты прав организаций при наступлении данных последствий, а именно: какие права имеют организации, индивидуальные предприниматели, каков порядок и условия, а также виды и размеры возмещения ущерба, компенсаций.

В результате проведенного исследования предлагается внести следующие изменения и дополнения в Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [14]:

1. В наименовании главы IV после слов «граждан Российской Федерации» дополнить словами «и права организаций».

2. Дополнить новой статьей 19¹ следующего содержания:

«Статья 19¹. Права организаций в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций

1. Организации, осуществляющие деятельность в Российской Федерации, имеют право:

на защиту имущества в случае возникновения чрезвычайных ситуаций;

на возмещение ущерба, причиненного имуществу вследствие чрезвычайных ситуаций;

на льготы при страховании имущества на случай наступления чрезвычайной ситуации.

2. Порядок и условия, виды и размеры возмещения ущерба, компенсаций, предоставляемых организациям в соответствии с пунктом 1 настоящей статьи, устанавливаются Правительством Российской Федерации в соответствии с законодательством Российской Федерации.

3. Выплата организациям установленных Правительством Российской Федерации сумм ущерба и компенсаций осуществляется в зависимости от уровня реагирования на чрезвычайную ситуацию:

местными администрациями соответствующего муниципального образования – при введении местного уровня реагирования на чрезвычайную ситуацию;

исполнительными органами государственной власти субъектов Российской Федерации – при введении регионального (межмуниципального) уровня реагирования на чрезвычайную ситуацию;

федеральными органами исполнительной власти, определенными Правительством Российской Федерации, – при введении федерального уровня реагирования на чрезвычайную ситуацию.

4. При страховании организациями имущества от его повреждения, уничтожения и порчи на случай наступления чрезвычайной ситуации, размер налога на указанное имущество уменьшается на сумму, равную 50 процентам размера суммы, выплаченной на указанное страхование за соответствующий период.

5. Установленные настоящей статьей права организаций, осуществляющих деятельность в Российской Федерации, распространяются на индивидуальных предпринимателей, осуществляющих свою деятельность на территории Российской Федерации».

Предлагаемые меры позволят организациям в полной мере компенсировать свои потери при порче их имущества или его использовании органами государственной власти во время ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Кроме того, предлагаемая защита экономических прав и свобод организаций в этом случае будет реально гарантировать защиту иных прав и законных интересов и лиц, работающих в этих организациях.

Для качественной защиты экономических прав и свобод человека и гражданина в Российской Федерации, по мнению авторов, следует совершенствовать российское уголовное и административное законодательство. Для этого необходимо исключать из Уголовного кодекса Российской Федерации [10] и Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях [11] неработающие составы и наказания, которые не приводят к желаемому результату, и одновременно вводить такие составы уголовных преступлений и административных правонарушений, которые будут способствовать

выполнению государством главной обязанности – защищать права и свободы человека и гражданина (статья 2 Конституции Российской Федерации).

На основании изложенного, предлагается внести следующие изменения в Уголовный кодекс Российской Федерации [10]:

1) дополнить Кодекс новой статьей 178¹ следующего содержания:

«Статья 178¹. Уклонение от исполнения обязанностей по выплате компенсации лицам, понесшим ущерб в связи с введением чрезвычайного положения

1. Уклонение должностных лиц федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления от исполнения обязательств по расчету и выплате денежной компенсации физическому лицу, понесшему ущерб в связи с применением мер, предусмотренных Федеральным конституционным законом «О чрезвычайном положении», –

наказывается штрафом в размере до ста тысяч рублей или в полуторакратном размере компенсации, рассчитанной в установленном порядке, предусмотренной для выплаты физическому лицу.

2. Уклонение должностных лиц федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления от исполнения обязательств по расчету и выплате денежной компенсации индивидуальному предпринимателю, понесшему ущерб в связи с применением мер, предусмотренных Федеральным конституционным законом «О чрезвычайном положении», –

наказывается штрафом в размере до трехсот тысяч рублей или в двукратном размере компенсации, рассчитанной в установленном порядке, предусмотренной для выплаты индивидуальному предпринимателю.

3. Уклонение должностных лиц федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления от исполнения обязательств по расчету и выплате денежной компенсации организации, понесшей ущерб в связи с применением мер, предусмотренных Федеральным конституционным законом «О чрезвычайном положении», –

наказывается штрафом в размере до пятисот тысяч рублей или в трехкратном размере компенсации, рассчитанной в установленном порядке, предусмотренной для выплаты конкретной организации».

Нуждается в корректировке и Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях [11], который предлагается дополнить новой статьей 14.65 следующего содержания:

«Статья 14.65. Злоупотребление при введении ограничений в сфере экономики, установленных в связи с введением чрезвычайного положения

1. Совершение должностным лицом федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления действий по введению ограничений в отношении физического лица, приведших к неоправданному материальному ущербу в условиях чрезвычайного положения, –

влечет наложение административного штрафа в размере от десяти тысяч до тридцати тысяч рублей и дисквалификацией на срок до одного года.

2. Совершение должностным лицом федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления действий по введению ограничений в отношении индивидуального предпринимателя, приведших к нарушению его экономической деятельности в условиях чрезвычайного положения, –

влечет наложение административного штрафа в размере от пятидесяти тысяч до ста тысяч рублей и дисквалификацией на срок от одного года до трех лет.

3. Совершение должностным лицом федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного

самоуправления действий по введению ограничений в отношении организации, приведших к нарушению ее экономической деятельности в условиях чрезвычайного положения, – влечет наложение административного штрафа в размере от ста тысяч до двухсот тысяч рублей и дисквалификацией на срок от двух лет до трех лет».

Исходя из изложенного, следует, что государством предусмотрены нормы уголовного и административного законодательства, которые используются соответствующими органами для защиты экономических прав человека и гражданина в Российской Федерации. Однако установленных карательных норм недостаточно в условиях бурного развития экономики, поскольку весьма часто осуществляются действия, которые не подпадают под влияние существующих норм или которые довольно сложно реализовать для защиты прав организаций или индивидуальных предпринимателей. Подобное положение дел позволило авторам сформулировать конкретные предложения по изменению отдельных норм федерального законодательства, касающихся в первую очередь механизма компенсации причиненного ущерба, а также установления ответственности государственных органов, органов местного самоуправления и их должностных лиц за невыполнение требований федеральных законов в указанной части.

Принятие предложенных мер позволит защитить организации, индивидуальных предпринимателей и граждан, понесших материальный урон в условиях чрезвычайного положения (включая чрезвычайную ситуацию), от произвола властей, создадут условия, при которых юридические и физические лица будут способствовать государственным органам и органам местного самоуправления оперативно разрешить возникшие проблемы.

Литература

1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12 дек. 1993 г.) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2014. № 31. Ст. 4398.
2. Авакьян С.А. Конституционное право России. Учебный курс: учеб. пособие. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Норма: Инфра-М, 2010. Т. 1. 864 с.
3. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть первая (принят Государственной Думой 21 окт. 1994 г., подписан Президентом Рос. Федерации 30 нояб. 1994 г. № 51-ФЗ) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1994. № 32. Ст. 3301.
4. Баглай М.В. Конституционное право Российской Федерации: учеб. для вузов. 3-е изд., изм. и доп. М.: Изд-во НОРМА (Изд. группа НОРМА–ИНФРА-М), 2001. 800 с.
5. Мельников В.В. Экономическое содержание Конституции России: монография. М.: Юрид. изд-во «ЮРКОМПАНИ», 2001. 200 с.
6. Бархатова Е.Ю. Комментарий к Конституции Российской Федерации (постатейный). 2-е изд., перераб. и доп. М.: Проспект, 2015. 272 с.
7. О чрезвычайном положении: Федер. конституционный закон (принят Государственной Думой 26 апр. 2001 г., одобрен Советом Федерации 16 мая 2001 г., подписан Президентом Рос. Федерации 30 мая 2001 г. № 3-ФКЗ) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2001. № 23. Ст. 2277.
8. Анохин В.С. Судебная система Российской Федерации: проблемы и пути совершенствования // Арбитражный и гражданский процесс. 2013. № 3. С. 6–11.
9. Мохов А.А. Судебная защита прав и законных интересов предпринимателей при возникновении и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Адвокатская практика. 2012. № 6. С. 26–29.
10. Уголовный кодекс Рос. Федерации (принят Государственной Думой 24 мая 1996 г., одобрен Советом Федерации 5 июня 1996 г., подписан Президентом Рос. Федерации 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1996. № 25. Ст. 2954.
11. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях (принят Государственной Думой 20 дек. 2001 г., одобрен Советом Федерации 26 дек. 2001 г., подписан Президентом Рос. Федерации 30 дек. 2001 г. № 195-ФЗ) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2002. № 1 (ч. I). Ст. 1.

12. Правила продажи отдельных видов товаров, утвержденные постановлением Правительства Рос. Федерации от 19 янв. 1998 г. № 55 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1998. № 4. Ст. 482.

13. Правила продажи товаров дистанционным способом, утвержденные постановлением Правительства Рос. Федерации от 27 сент. 2007 г. № 612 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2007. № 41. Ст. 4894.

14. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федер. закон (принят Государственной Думой 11 нояб. 1994 г., подписан Президентом Рос. Федерации 21 дек. 1994 г. № 68-ФЗ) // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1994. № 35. Ст. 3648.

15. О выделении бюджетных ассигнований из резервного фонда Правительства Российской Федерации по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и последствий стихийных бедствий: постановление Правительства Рос. Федерации от 15 февр. 2014 г. № 110 // Собр. законодательства Рос. Федерации. 2014. № 8. Ст. 809.

References

1. Konstituciya Rossijskoj Federacii (prinyata vsenarodnym golosovaniem 12 dek. 1993 g.) // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 2014. № 31. St. 4398.

2. Avak'yan S.A. Konstitucionnoe pravo Rossii. Uchebnyj kurs: ucheb. posobie. 4-e izd., pererab. i dop. M.: Norma: Infra-M, 2010. T. 1. 864 s.

3. Grazhdanskij kodeks Rossijskoj Federacii. CHast' pervaya (prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 21 okt. 1994 g., podpisan Prezidentom Ros. Federacii 30 noyab. 1994 g. № 51-FZ) // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 1994. № 32. St. 3301.

4. Baglaj M.V. Konstitucionnoe pravo Rossijskoj Federacii: ucheb. dlya vuzov. 3-e izd., izm. i dop. M.: Izd-vo NORMA (Izd. gruppа NORMA–INFRA-M), 2001. 800 s.

5. Mel'nikov V.V. Ekonomicheskoe soderzhanie Konstitucii Rossii: monografiya. M.: YUrid. izd-vo «YURKOMPANI», 2001. 200 s.

6. Barhatova E.Yu. Kommentarij k Konstitucii Rossijskoj Federacii (postatejnyj). 2-e izd., pererab. i dop. M.: Prospekt, 2015. 272 s.

7. O chrezvychajnom polozhenii: Feder. konstitucionnyj zakon (prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 26 apr. 2001 g., odobren Sovetom Federacii 16 maya 2001 g., podpisan Prezidentom Ros. Federacii 30 maya 2001 g. № 3-FKZ) // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 2001. № 23. St. 2277.

8. Anohin V.S. Sudebnaya sistema Rossijskoj Federacii: problemy i puti sovershenstvovaniya // Arbitrazhnyj i grazhdanskij process. 2013. № 3. S. 6–11.

9. Mohov A.A. Sudebnaya zashchita prav i zakonnyh interesov predprinimatelej pri vozniknovenii i likvidacii chrezvychajnyh situacij // Advokatskaya praktika. 2012. № 6. S. 26–29.

10. Ugolovnyj kodeks Ros. Federacii (prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 24 maya 1996 g., odobren Sovetom Federacii 5 iyunya 1996 g., podpisan Prezidentom Ros. Federacii 13 iyunya 1996 g. № 63-FZ) // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 1996. № 25. St. 2954.

11. Kodeks Rossijskoj Federacii ob administrativnyh pravonarusheniyah (prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 20 dek. 2001 g., odobren Sovetom Federacii 26 dek. 2001 g., podpisan Prezidentom Ros. Federacii 30 dek. 2001 g. № 195-FZ) // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 2002. № 1 (ch. I). St. 1.

12. Pravila prodazhi otdel'nyh vidov tovarov, utverzhdennye postanovleniem Pravitel'stva Ros. Federacii ot 19 yanv. 1998 g. № 55 // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 1998. № 4. St. 482.

13. Pravila prodazhi tovarov distancionnym sposobom, utverzhdennye postanovleniem Pravitel'stva Ros. Federacii ot 27 sent. 2007 g. № 612 // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 2007. № 41. St. 4894.

14. O zashchite naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij prirodnogo i tekhnogennogo haraktera: Feder. zakon (prinyat Gosudarstvennoj Dumoj 11 noyab. 1994 g., podpisan Prezidentom

Ros. Federacii 21 dek. 1994 g. № 68-FZ) // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 1994. № 35. St. 3648.

15. O vydelenii byudzhetnyh assignovanij iz rezervnogo fonda Pravitel'stva Rossijskoj Federacii po preduprezhdeniyu i likvidacii chrezvychajnyh situacij i posledstvij stihijnyh bedstvij: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 15 fevr. 2014 g. № 110 // Sobr. zakonodatel'stva Ros. Federacii. 2014. № 8. St. 809.

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

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ САМООТНОШЕНИЕМ И МОТИВАЦИЕЙ К УЧЕБНОЙ И СЛУЖЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У КУРСАНТОВ МЧС РОССИИ

А.А. Земскова;

А.Н. Бачурина.

**Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал
Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.**

Н.А. Кравцова, доктор психологических наук, доцент.

**Тихоокеанский государственный медицинский университет
Минздрава России**

Выявлены и изучены взаимосвязи между критериями самоотношения и показателями мотивации к учебной и служебной деятельности у курсантов МЧС России: при высоких показателях саморуководства и низких значениях внутренней конфликтности личности наблюдается повышение внутренних индивидуально-значимых мотивов; при высоком уровне самопринятия и отсутствии отрицательных эмоций в сторону своего «Я» увеличиваются показатели внешних положительных мотивов у курсантов МЧС России.

Ключевые слова: самоотношение, учебная мотивация, служебная мотивация

RELATIONSHIP BETWEEN SELF-ATTITUDE AND MOTIVATION FOR EDUCATIONAL AND OFFICIAL ACTIVITY AMONG THE CADETS OF THE EMERCOM OF RUSSIA IS STUDIED

A.A. Zemskova; A.N. Bachurina.

Far-East fire and rescue academy – branch of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

N.A. Kravtsova. Pacific state medical university of the Ministry of health of Russia

In this research work, the relationships between the criteria for self-attitude and the motivation indicators for educational and official activity among the students of the EMERCOM of Russia were studied and identified. At high rates of self-leadership and low values of internal conflict of personality, an increase in internal individually significant motives is observed, with a high level of self-acceptance and the absence of negative emotions towards their I. The indicators of external positive motives among cadets of the EMERCOM of Russia increase.

Keywords: self-attitude, educational motivation, service motivation

В настоящее время нехватка кадров МЧС России является одной из наиболее острых проблем, решение которой требует наращивания эффективности индивидуальной и групповой деятельности сотрудников МЧС России. Эффективность деятельности

сотрудников МЧС России определяется качеством их профессиональной подготовки и зависит от психологических особенностей специалиста, его отношения к своей профессии, осознания самого себя как профессионала, уровня личной мотивации [1].

На сегодняшний день функционируют шесть образовательных организаций высшего образования МЧС России. Изучая данные об увольнении курсантов за последние пять лет из числа переменного состава Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (включая филиал – Дальневосточную пожарно-спасательную академию), выявлено, что ежегодно ряды курсантов покидают в среднем 26 человек (0,38 %). Среди причин, послуживших основанием для отчисления, преобладают: увольнение по собственному желанию и увольнение в связи с невыполнением условий контракта.

Снижение численности обучающихся в вузах МЧС России накладывает негативный отпечаток на формирование кадрового потенциала МЧС России, так как будущие специалисты по истечению срока обучения не прибывают в распоряжение территориальных органов МЧС России для прохождения дальнейшей службы. В связи с этим, исследование взаимосвязи самоотношения и мотивации к учебной и служебной деятельности обусловливается потребностью повышения кадрового потенциала МЧС России.

Значимый вклад в исследование самоотношения личности внесли Е.Т. Соколова (1989), С.Р. Пантилеев (1991), Н.И. Сарджвеладзе (2003) и др. [2–4]. Вопросами мотивации курсантов к учебной и служебной деятельности детально занимались А.В. Афанасов (2010), А.Ф. Караваев (2009), изучая отдельные свойства личности во взаимосвязи с мотивационной сферой [5, 6]. А.Ф. Кузнецов (2004), И.М. Вареев (2009), Т.В. Кашко (2014) в своих работах выявили проблемы формирования мотивации к обучению у курсантов военного вуза [7–9]. Е.Т. Соколова и С.Р. Пантилеев показали связь самоотношения со степенью удовлетворения главных мотивов [2, 3]. В исследовании Е.В. Селезневой (2015) установлены особенности взаимосвязей самоотношения и компонентов мотивации у студентов в зависимости от года обучения [10].

Проведенных исследований взаимосвязи самоотношения и мотивации у курсантов в настоящее время недостаточно. Таким образом, актуальность исследования обусловливается сохранением кадрового потенциала и повышением мотивации к познаваемой профессии.

Цель исследования заключается в выявлении взаимосвязи самоотношения и мотивации к учебной и служебной деятельности у курсантов МЧС России. В исследовании приняли участие курсанты 1–5 курс факультета пожарной безопасности Дальневосточной пожарно-спасательной академии – филиала Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. Общий объем выборки составил 91 человек.

Для решения цели исследования использовали методы психодиагностики: методика исследования самоотношения С.Р. Пантилеева, методика изучения мотивов учебной деятельности студентов, модифицированная А.А. Реаном, В.А. Якуниным, мотивы выбора профессии Р.В. Овчаровой. Разработана анкета, направленная на изучение учебной и служебной мотивации курсантов МЧС России. Методы статистической обработки данных: непараметрический критерий ранговой корреляции Спирмена, U-критерий Манна-Уитни позволили определить взаимосвязи и различия по уровню самоотношения и мотивации у курсантов, обучающихся на разных курсах.

Результаты исследования, обсуждение

Для изучения различий выраженности компонентов самоотношения на разных курсах использовали непараметрический U-критерий Манна Уитни.

Результаты исследования самоотношения по методике С.Р. Пантилеева показали высокую степень замкнутости шести первокурсников (табл. 1) [11]. Наблюдается выраженное защитное поведение личности и желание соответствовать общепринятым нормам поведения. Сравнивая уровень замкнутости 1 и 2 курсов, согласно табл. 1, заметны различия – уровень замкнутости первокурсников выше, чем у второкурсников ($p < 0,05$)

и курсантов старших курсов ($p < 0,01$). Возможно, это связано с тем, что курсанты, обучающиеся на 1 курсе, находятся на этапе адаптации к новым условиям обучения и служебной деятельности, что выражается в их стремлении полностью соответствовать общепринятым нормам поведения в вузе.

Средние показатели самоуверенности и отраженного самоотношения имеют все курсанты обследованных курсов. Для них свойственно сохранение работоспособности в привычных для себя ситуациях, уверенность в себе, ориентация на успех начинаний, возможно возникновение тревожности при появлении трудностей.

Таблица 1. Результаты изучения компонентов самоотношения у курсантов МЧС России (по методике С.Р. Пантилеева)

Компоненты самоотношения		1 курс		2 курс		3 курс		4 курс		5 курс	
		N	M±Q	N	M±Q	N	M±Q	N	M±Q	N	M±Q
Замкнутость	низкие	–	–	–	–	–	–	1	1	–	–
	средние	14	6,1±0,8	14	5,2±0,7	11	6,3±0,6	19	5,2±0,8	17	5,2±0,9
	высокие	6	8	3	8	4	8,3±0,5			2	8,5±0,7
Самоуверенность	низкие	–	–	–	–	–	–	1	3	1	3
	средние	20	5,8±1,2	15	6,2±1,1	15	6,1±1	19	5,8±1,1	17	6,2±1,1
	высокие	–	–	2	9±1,4	–	–	–	–	1	8
Саморуководство	низкие	1	3	–	–	–	–	4	2,3±1	–	–
	средние	17	5,2±1,1	13	5±1,4	9	6±1,1	13	5±1,4	14	5,1±1,4
	высокие	2	8,5±0,7	4	8	6	8,3±0,5	3	8,3±1	5	8
Отраженное самоотношение	низкие	–	–	1	3	–	–	1	3	1	3
	средние	20	5,1±1	16	5,3±1	15	5,3±0,9	19	5,1±1	16	5,5±0,9
	высокие	–	–	–	–	–	–	–	–	2	8
Самоценность	низкие	1	3	4	3	–	–	4	1,8±0,5	2	2,5±0,7
	средние	19	5,58	13	5,3±1,4	13	4,9±1,2	16	5,4±1,2	14	5,5±1,3
	высокие	–	–	–	–	2	8	–	–	3	9
Самопринятие	низкие	4	3	1	3	–	–	–	–	–	–
	средние	15	5,1±0,7	14	5,3±1	15	5	20	5	19	5
	высокие	2	8	2	8	–	–	–	–	–	–
Самопривязанность	низкие	1	3	1	3	–	–	–	–	–	–
	средние	19	5,3±0,81	15	5,4±0,9	15	5,6±1,3	20	5,6±0,8	18	5,2±1,3
	высокие	–	–	1	8	–	–	–	–	1	8
Внутренняя конфликтность	низкие	13	1,6±0,9	11	1,7±0,8	–	–	15	2±0,8	6	1,5±2,1
	средние	7	5,2±0,4	6	4,2±0,4	15	2,9±1,6	5	5,2±1,1	13	5,2±0,7
	высокие	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Самообвинение	низкие	16	2,1±1,7	8	2,1±0,9	–	–	13	2±0,7	8	1,7±0,9
	средние	3	5,5±1,7	9	4,3±0,7	13	3,1±1,8	7	4,6±1,1	11	5,4±0,8
	высокие	1	8	–	–	2	8	–	–	–	–

Выявлены различия по компоненту «саморуководство» между 1 и 4 курсами ($p < 0,001$), а также между 3 и 4 ($p < 0,05$). К четвертому курсу снижается волевой контроль для преодоления трудностей при возникновении препятствий, что может привести к возрастанию внутреннего напряжения. Большинство обследованных имеют средний показатель самооценности, отражающий склонность к высокой оценке своих качеств и признание их уникальности. Низкие же показатели самооценности выявлены у восьми курсантов 2 и 4 курсов, которые говорят о заниженной оценке себя как личности, недооценке своего духовного «Я», чувствительности к критике окружающих.

Средний уровень самопринятия имеют 82 (90 %) обследованных курсанта, которые характеризуются избирательным отношением к себе, адекватной самокритикой и склонностью принимать свои достоинства. Низкий уровень самопринятия выявлен у четырех курсантов 1 курса, указывающий на общий негативный фон восприятия себя, излишнюю самокритичность. Возможно, это связано с тем, что первокурсники стремятся

адаптироваться в роли курсанта, с высокой ответственностью подходят к выполнению поставленных перед ними задач, стараются получить положительные оценки и добиться признания и похвалы преподавателей и руководства факультета.

Математический анализ показал различия между показателями внутренней конфликтности 2 и 5 курсов ($p < 0,01$). У курсантов старшего курса вероятность появления недооценки собственных успехов выше в связи с возникновением неожиданных трудностей, чем у второкурсников, что, возможно, объясняется неуверенностью в себе и повышенной тревожностью в преддипломный период.

Исследование по методике «Мотивы выбора профессии» Р.В. Овчаровой позволило определить ведущий тип мотивации при выборе профессии [11].

Из представленных в табл. 2 данных видно, что доминирующими мотивами абсолютно каждого курсанта МЧС России при выборе профессии являются внутренние социально-значимые мотивы, а затем следуют внутренние индивидуально-значимые мотивы. Стоит отметить, что внешние отрицательные мотивы играют несущественную роль в процессе выбора курсантами будущей профессии, что указывает на удовлетворенность выбранной профессией.

Таблица 2. Мотивы выбора профессии курсантов на разных этапах профессионального становления ($M \pm m$)

Курс	№	Внутренние индивидуально-значимые мотивы	Внутренние социально-значимые мотивы	Внешние положительные мотивы	Внешние отрицательные мотивы
1	20	14,3 $\pm$ 3,5	18,5 $\pm$ 3,3	13,9 $\pm$ 6,7	11,0 $\pm$ 2,7
2	17	15,7 $\pm$ 3,1	20,1 $\pm$ 3,0	13,3 $\pm$ 2,5	12,1 $\pm$ 3,8
3	15	14,7 $\pm$ 3,8	18,2 $\pm$ 3,4	12,6 $\pm$ 4,0	12,2 $\pm$ 2,0
4	20	14,5 $\pm$ 2,9	18,8 $\pm$ 3,9	12,6 $\pm$ 3,9	12,0 $\pm$ 3,6
5	19	14,5 $\pm$ 2,6	20,1 $\pm$ 2,5	14,0 $\pm$ 2,1	13,8 $\pm$ 2,9

Результаты проведения анкетирования показали преобладание внешних положительных мотивов при поступлении курсантов в вузы МЧС России. Такими мотивами стали: пример и советы близких родственников, уважаемых людей, возможность для служебного роста и достижение достаточно высокого служебного положения, а также улучшение материального положения (рис. 1).

Мотивы поступления курсантов в вузы МЧС России

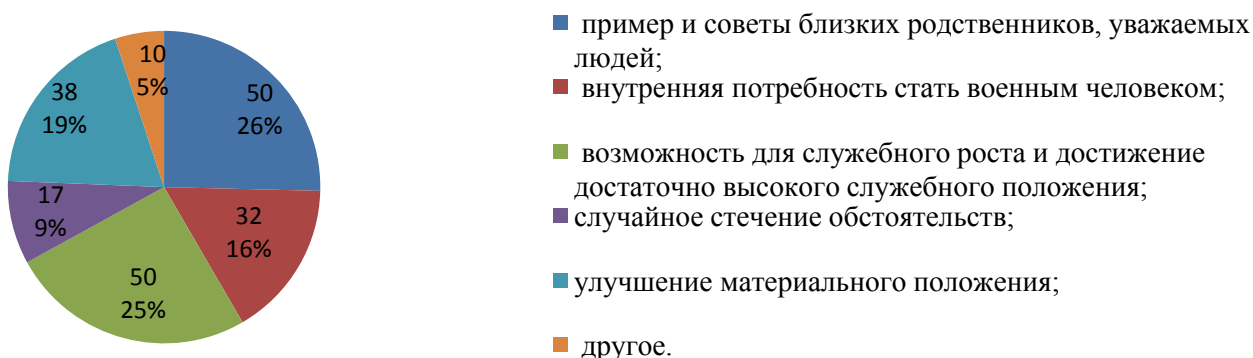


Рис. 1. Мотивы поступления курсантов в вузы МЧС России

Для изучения мотивов курсантов к обучению была выбрана методика в модификации А.А. Реана, В.А. Якунина [11]. Выявлено, что для курсантов младших курсов (1, 2 курс) наиболее значимыми являются такие мотивы, как: стремление стать

высококвалифицированным специалистом – 95 % (19 человек), желание приобрести глубокие и прочные знания – 85 % (17 человек), обеспечение успешности будущей профессиональной деятельности – 70 % (14 человек). Выбор обуславливается стремлением к безукоризненному выполнению заданий, стремлению реализовать все возможности в отношении учебы. Курсантами третьего курса выбраны те же учебные мотивы, во главе которых выступает стремление успешно учиться, сдавать экзамены на «хорошо» и «отлично» – 60 % (9 человек), что может объясняться внутренним желанием в поощрении от начальствующего состава, выплатой денежной премии по результатам сессии. В отличие от курсантов 1–3 курсов, у старшекурсников (4, 5 курсы) преобладают внешние мотивы: получение диплома – 75 % (15 человек) и стабильного получения стипендии – 75 % (15 человек). Молодые офицеры (5 курс) к окончанию учебы мотивированы обеспечением успешности будущей профессиональной деятельности – 84 % (16 человек), получением диплома – 79 % (15 человек) и получением интеллектуального удовлетворения от процесса обучения – 79 % (15 человек).

В результате анкетирования выявлено, что на 1, 2 и 4 курсах лучше учиться курсантов побуждают мысли о будущем (28 % опрошенных), личная ответственность (23 %). На 5 курсе, наряду с перечисленными выше преобладающими мотивами, курсантами отмечено стремление получить высшее образование в престижном вузе (18 %). На 3 курсе к обучению мотивируют родители (друзья) или преподаватели (15 %). Можно предположить, что на 3 курсе у курсантов снижается старание к обучению.

Наиболее значимые мотивы к учебной деятельности курсантов на каждом из обследованных курсов показаны в табл. 3. Таким образом, можно отметить высокий уровень позитивной мотивации к учебной деятельности у курсантов на каждом из обследованных курсов.

Таблица 3. Ведущие мотивы курсантов МЧС России к обучению

Курс			
1, 2	3	4	5
стремление стать высококвалифицированным специалистом	стремление успешно учиться, сдавать экзамены на «хорошо» и «отлично»	получение диплома	обеспечение успешности будущей профессиональной деятельности
желание приобрести глубокие и прочные знания	стремление стать высококвалифицированным специалистом	стабильное получение стипендии	получение диплома
обеспечение успешности будущей профессиональной деятельности	желание приобрести глубокие и прочные знания	личная ответственность	получение интеллектуального удовлетворения от процесса обучения
личная ответственность	обеспечение успешности будущей профессиональной деятельности	мысли о будущем	стремление получить высшее образование в престижном вузе
мысли о будущем	родители (друзья) или преподаватели	—	—

Результаты анкетирования по изучению профессиональной мотивации позволили выявить наиболее значимые ценности курсантов: семейное благополучие – 75 человек

(82,4 % от общего количества курсантов), возможность заниматься любимым делом – 68 (74,7 %), результативность службы – 35 (38,5 %). Среди основных причин, определивших выбор профессии, курсантами отмечены следующие: возможность для служебного роста и достижение достаточно высокого служебного положения – 50 (25 %); пример и советы близких родственников, уважаемых людей – 50 (25 %); улучшение материального положения – 38 (19 %); внутренняя потребность стать военным человеком – 32 (16 %).

По мнению курсантов, служба в системе МЧС России определила бы их успешное будущее. Наиболее привлекательными сторонами службы курсанты отмечают материальную сторону (преимущественно 3 и 4 курсы – 60 и 45 % опрошенных), возможность принятия самостоятельного решения в сложной ситуации (1 и 5 курсы – 45 и 48 %), осознание престижа, статуса в обществе, государственное обеспечение (2 курс – 53 %). Таким образом, отмечается преобладание внешних позитивных мотивов к служебной деятельности.

По мнению курсантов 1 и 2 курса, наибольшую сложность службы офицеров МЧС России представляют такие стороны, как длительный отрыв от семьи (75 % опрошенных), строгая дисциплина (37 %). Для курсантов старших курсов наибольшую сложность в служебной деятельности представляет беспрекословное подчинение (90 % опрошенных). Отсутствие сложности в длительном отрыве от семьи, начиная с третьего курса обучения, возможно, возникает вследствие постепенного отвыкания и снижения привязанности к семье (на данном этапе жизни семья – это родители), так как многие курсанты уже адаптировались к самостоятельной жизни, а некоторые из них уже создали собственную семью.

Курсанты всех курсов (73,6 % респондентов) утверждают, что их мотивами к выполнению задачи при несении службы являются осознание её важности и личная ответственность. Мотивами остальных курсантов является угроза последующего наказания за неисполнение.

Основные позитивные и негативные мотивы к служебной деятельности представлены на рис. 2.

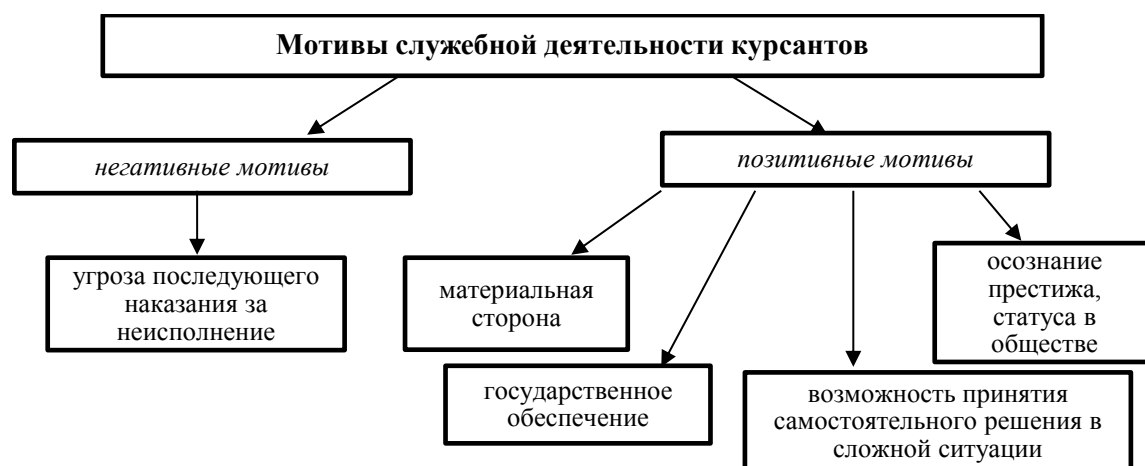


Рис. 2. Позитивные и негативные мотивы служебной деятельности курсантов на разных этапах профессионального становления

Анализируя результаты анкетирования, можно отметить, что кризисным периодом в изменении направления курсантской мотивации является 3 курс обучения. На данном этапе обучения курсанты начинают задумываться о необходимости своего обучения и вообще о правильности выбора профессии. Появляется множество сомнений, соблазнов, как правило, падает уровень мотивации к служебной и учебной деятельности, что возможно, влияет на качество обучения.

При изучении взаимосвязи показателей самоотношения и мотивов курсантов МЧС России по критерию Пирсона выявлено, что при повышении показателя саморуководства увеличивается показатель внутренних индивидуально значимых мотивов и наоборот

(0,243* при $p \leq 0,05$), то есть человеку свойствен контроль над эмоциональными реакциями и переживаниями по поводу себя. Уровень самопринятия прямопропорционально связан с внешней положительной мотивацией (0,385* при $p \leq 0,01$), что позволяет судить о выраженности чувства симпатии к себе, принятия себя, благодаря чему повышаются стимулы, ради которых человек считает нужным приложить свои усилия для достижения цели.

При повышении показателя внутренней конфликтности наблюдается снижение показателя внутренних индивидуально значимых мотивов (0,286** при $p \leq 0,01$), то есть уровень мотивов личной значимости снижается при увеличении количества внутренних конфликтов, сомнений, несогласий с собой. Также при повышении уровня самообвинения снижается показатель внутренних положительных мотивов (0,237** при $p \leq 0,05$) (табл. 4). Выраженность отрицательных эмоций в адрес своего «Я» значительно больше при снижении удовлетворения от деятельности человека.

Таблица 4. Взаимосвязь между самоотношением и мотивацией к учебной и служебной деятельности у курсантов МЧС России

Компоненты самоотношения	Показатели мотивации	
	Внутренние индивидуально-значимые мотивы	Внешние положительные мотивы
Саморуководство	0,243* при $p \leq 0,05$	–
Самопринятие	–	0,385** при $p \leq 0,01$
Внутренняя конфликтность	–0,286** при $p \leq 0,01$	–
Самообвинение	–	–0,237** при $p \leq 0,05$

* – уровень значимости не превышает 0,05; ** – уровень значимости не превышает 0,01

Таким образом, можно предположить, что существует взаимосвязь между самоотношением и мотивацией к учебной и служебной деятельности у курсантов МЧС России.

Результаты исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Выявлены преобладающие мотивы поступления курсантов в вузы МЧС России: пример и советы близких родственников, уважаемых людей; возможность для служебного роста и достижение достаточно высокого служебного положения, улучшение материального положения – внутренние социально-значимые и внутренние индивидуально-значимые мотивы. Значимые мотивы курсантов к учебной деятельности: стремление стать высококвалифицированным специалистом; обеспечение успешности будущей профессиональной деятельности; желание приобрести глубокие и прочные знания. Определены позитивные мотивы курсантов к служебной деятельности – возможность принятия самостоятельного решения в сложной ситуации, осознание престижа, статуса в обществе, государственное обеспечение, и негативные мотивы – угроза последующего наказания за неисполнение приказа.

2. Выявлены и представлены взаимосвязи между критериями самоотношения и показателями мотивации к учебной и служебной деятельности у курсантов МЧС России: между саморуководством и внутренними индивидуально-значимыми мотивами, самопринятием и внешними положительными мотивами, внутренней конфликтностью и внутренними индивидуально-значимыми мотивами, самообвинением и внешними положительными мотивами.

Полученные результаты исследования позволили сделать вывод о необходимости повышения мотивации у курсантов МЧС России к учебной и служебной деятельности, в том числе за счёт развития позитивного самоотношения.

Литература

1. Свободный Ф.К. Рефлексивный практикум как метод оптимизации формирования профессионального самосознания сотрудника ОВД // Психопедагогика в правоохранительных органах. 2004. № 1 (21). С. 43–45.
2. Соколова Е.Т. Самосознание и самооценка при аномалиях личности. М.: Изд-во МГУ, 1989. 210 с.
3. Пантеев С.Р. Самоотношение как эмоционально-оценочная система: монография. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 110 с.
4. Сарджвеладзе Н.И. Самоотношение личности // Психология самосознания: хрестоматия / под ред. Д.Я. Райгородской. Самара, 2003. С. 45–47.
5. Афанасов А.В. Специфика воспитания социально-значимых черт у курсанта военного вуза // Вестник Костромского государственного университета. Сер.: Педагогика. Психология. Социокинетика. 2010. С. 254–257.
6. Караваев А.Ф. Обучение и развитие личности курсантов на основе их индивидуальности // Психопедагогика в правоохранительных органах. 2006. С. 36–42.
7. Кузнецов А.Ф. Мотивация к обучению курсантов // Психопедагогика в правоохранительных органах. 2004. С. 43–49.
8. Вареев И.М. Изучение сформированности мотивации у курсантов, обучающихся в условиях военного вуза // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2009. С. 11–16.
9. Кашко Т.В. Особенности формирования мотивации к обучению у курсантов вузов МЧС России // Вестник Воронежского института МВД России. 2014. С. 28–36.
10. Селезнева Е.В. Взаимосвязь между самоотношением и процессуально-причинной мотивацией у студентов // Акмеология. 2015. № 3. С. 35–44.
11. Методики изучения мотивации // ТЕСТотека. URL: <http://testoteka.narod.ru/ms/0.html>. (дата обращения: 22.04.2019).

References

1. Svobodnyj F.K. Refleksivnyj praktikum kak metod optimizacii formirovaniya professional'nogo samosoznaniya sotrudnika OVD // Psihopedagogika v pravoohranitel'nyh organah. 2004. № 1 (21). S. 43–45.
2. Sokolova E.T. Samosoznanie i samoocenka pri anomalijah lichnosti. M.: Izd-vo MGU, 1989. 210 s.
3. Pantileev S.R. Samootnoshenie kak emocional'no-ocenochnaya sistema: monografiya. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1991. 110 s.
4. Sardzhveladze N.I. Samootnoshenie lichnosti // Psihologiya samosoznaniya: hrestomatiya / pod red. D.Ya. Rajgorodskoj. Samara, 2003. S. 45–47.
5. Afanasov A.V. Specifika vospitaniya social'no-znachimyh chert u kursanta voennogo vuza // Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Pedagogika. Psihologiya. Sociokinetika. 2010. S. 254–257.
6. Karavaev A.F. Obuchenie i razvitie lichnosti kursantov na osnove ih individual'nosti // Psihopedagogika v pravoohranitel'nyh organah. 2006. S. 36–42.
7. Kuznecov A.F. Motivaciya k obucheniyu kursantov // Psihopedagogika v pravoohranitel'nyh organah. 2004. S. 43–49.
8. Vareev I.M. Izuchenie sformirovannosti motivacii u kursantov, obuchayushchihsya v usloviyah voennogo vuza // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2009. S. 11–16.
9. Kashko T.V. Osobennosti formirovaniya motivacii k obucheniyu u kursantov vuzov MCHS Rossii // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. 2014. S. 28–36.
10. Selezneva E.V. Vzaimosvyaz' mezhdu samootnosheniem i processual'no-prichinnoj motivaciej u studentov // Akmeologiya. 2015. № 3. S. 35–44.
11. Metodiki izucheniya motivacii // TESToteka. URL: <http://testoteka.narod.ru/ms/0.html>. (data obrashcheniya: 22.04.2019).

К ВОПРОСУ О ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ СИЛОВЫХ СТРУКТУР

В.Б. Вилков, кандидат физико-математических наук, доцент.

Военная академия материально-технического обеспечения

им. генерала армии А.В. Хрулева.

А.К. Черных, доктор технических наук, доцент;

Е.Е. Горшкова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена задача о кадровом назначении, являющаяся обобщением известной задачи о назначении применительно к процессу кадрового обеспечения выпускниками образовательных организаций высшего образования силовых структур. Решение сводится к построению оптимального набора ансамблей из вершин трёхдольного графа (по одной вершине из каждой его доли). Для оценки качества набора указанных ансамблей привлекается теория нечётких множеств. Предложен алгоритм решения рассматриваемой задачи, использующий метод решения задачи о максимальном потоке. Приводится содержательный пример.

Ключевые слова: задача о кадровом назначении выпускников, нечёткое множество, нечёткая логика, трёхдольный граф, трёхвершинное сочетание, максимальный поток

ON THE ISSUE OF TRAINING SPECIALISTS FOR LAW ENFORCEMENT AGENCIES

V.B. Vilkov. Military academy of logistics behalf of the army general A.V. Khrulyov.

A.K. Chernykh; E.E. Gorshkova.

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

The article deals with the problem of personnel appointment, which is a generalization of the known problem of appointment in relation to the process of staffing graduates of educational institutions of higher education power structures. The solution is reduced to the construction of an optimal set of ensembles from the vertices of a three-dimensional graph (one vertex from each of its fractions). To assess the quality of the set of these ensembles, the theory of fuzzy sets is involved. An algorithm for solving the problem under consideration using the method of solving the maximum flow problem is proposed. A meaningful example is given.

Keywords: problem of personnel appointment of graduates, fuzzy set, fuzzy logic, three-dimensional graph, three-vertex combination, maximum flow

Постоянное усложнение различных технических средств, которыми оснащены силовые структуры, приводит к повышению требований как к качеству профессиональной подготовки выпускников образовательных организаций высшего образования силовых структур (ОО ВО СС), так и к эффективности кадрового назначения выпускников ОО ВО СС.

Поэтому предлагаемый подход, позволяющий оптимизировать процесс кадрового назначения выпускников ОО ВО СС на соответствующие должности в силовые структуры, что обеспечит высокое качество выполнения ими служебных обязанностей в рамках этих должностей, представляется достаточно актуальным.

Решение рассматриваемой задачи о кадровом назначении выпускников ОО ВО СС осуществлялось исходя из предположения о том, что информация о соответствии

выпускника как виду профессиональной деятельности, так и требованиям вакантной должности силовой структуры имеет нечёткий, неоднозначный характер. Поэтому несомненной новизной обладает как постановка задачи, так и подход к решению указанной задачи, основанный на использовании, с одной стороны, аппарата теории нечётких множеств и нечёткой логики и теории графов, а, с другой стороны – метода решения задачи о максимальном потоке. Целью данной статьи является подтверждение возможности и необходимости использования математического аппарата теории нечётких множеств и нечёткой логики, теории графов и метода решения задачи о максимальном потоке при планировании назначения выпускников ОО ВО СС на вакантные должности силовой структуры.

Для решения задачи привлекается теория графов и теория нечётких множеств. Приведем необходимые сведения из теории графов [1–3].

Предметом теории графов является изучение связей между узлами (объектами). Узлы называются вершинами, а связи между ними ребрами.

Графом $G = (V, E)$ называется пара множеств, множество вершин V и множество ребер E . В качестве вершин будем рассматривать обучающихся; программы обучения, вакантные должности; а в качестве ребер – пары взаимосвязанных элементов предлагаемого подхода: «обучающийся – программа обучения», «выпускник – вакантная должность».

Взвешенное ребро – это ребро, которому соответствует некоторое число. Например, если ребро (u, v) означает, что выпускник u обучался по v программе обучения, то его весом может быть оценка качества освоения выпускником соответствующей программы обучения.

Приведем ряд необходимых в дальнейшем изложении понятий.

Трёхвершинным ансамблем назовем путь, состоящий из двух дуг и содержащий три различные вершины. Под весом ансамбля будем понимать минимальный из весов его ребер.

Трёхвершинным сочетанием P в графе $G=(V,E)$ назовем такое множество трёхвершинных ансамблей из E , что любые два различных ансамбля из P не являются смежными, то есть не имеют общих вершин. Мощностью трёхвершинного сочетания назовем количество трёхвершинных ансамблей в нём. Под весом трёхвершинного сочетания понимается наименьший из весов его ансамблей. Трёхвершинное сочетание назовем максимальным, если его мощность максимальна.

Ориентированный граф $G=(V,E)$ назовем трёхдольным, по аналогии с двудольным, если множество его вершин распадается на три непересекающиеся части V_1, V_2, V_3 . При этом если $(u, v) \in E$, то либо $u \in V_1$ и $v \in V_2$, либо $u \in V_2$ и $v \in V_3$ (рис. 1).

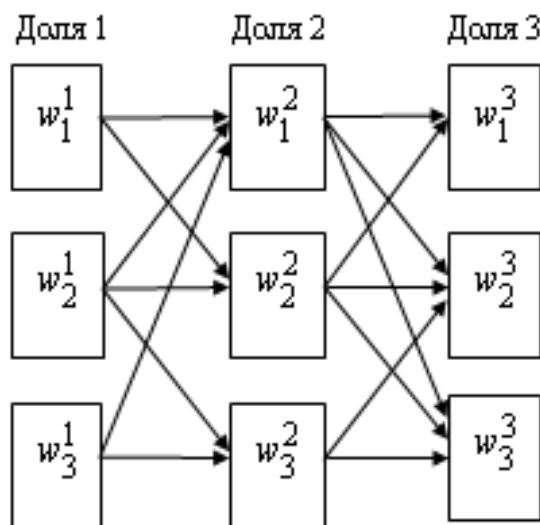


Рис. 1. Трёхдольный граф G

Приведем некоторые понятия теории нечётких множеств и нечёткой логики, заимствованные из источников [4–15].

Совокупность пар $(\mu_{A^*}(u), u)$, в которых $\mu_{A^*}(u)$ – функции принадлежности (альтернативные названия – надежности, степени принадлежности), заданные на универсальном множестве U , называется нечётким множеством A^* . $\mu_{A^*}(u)$, представляет собой степень принадлежности элемента $u \in U$ к нечёткому множеству A^* , значения которой принадлежат отрезку $[0;1]$.

Не ограничивая общности, будем рассматривать треугольные нечёткие числа, позволяющие достаточно просто иллюстрировать предлагаемый подход к решению указанной задачи.

Треугольным нечётким числом, в рамках предположений $a \neq b$ и $c \neq b$, назовём нечёткое множество, обозначаемое $\langle a, b, c \rangle$ и имеющее функцию принадлежности:

$$\mu(v) = \begin{cases} \frac{v-a}{b-a}, & \text{если } v \in [a, b], \\ \frac{c-v}{c-b}, & \text{если } v \in [b, c], \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Для нечётких множеств A^* и B^* теоретико-множественная операция пересечения определяется в соответствии с подходом, предложенным Л. Заде [4, 5] и определяется следующим образом.

Пересечением нечётких множеств A^* и B^* , заданных на универсальном множестве U , называется нечёткое множество C^* с функцией принадлежности:

$$\mu_{C^*}(u) = \min \{ \mu_{A^*}(u), \mu_{B^*}(u) \} \text{ для всех } u \in U.$$

Обозначив степень истинности нечёткого высказывания $\tilde{A}$ через $\mu_{\tilde{A}}$, для нечётких высказываний $\tilde{A}$ и $\tilde{B}$, определим нечёткую логическую операцию конъюнкцию ($\wedge$) в виде:

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

Вернемся к задаче, упомянутой в начале статьи. Дадим ее постановку в терминах теории графов.

Итак, рассмотрим ориентированный трёхдольный взвешенный граф $G = (V, E)$. Множество вершин $V = V_1 \cup V_2 \cup V_3$, где V_1 – множество вершин первой доли графа (им соответствуют обучающиеся); V_2 – множество вершин второй доли (им соответствуют программы обучения); V_3 – множество вершин третьей доли (им соответствуют вакантные должности); V_1, V_2, V_3 попарно не пересекаются. Пусть l_r – число вершин в V_r , $r = 1, 2, 3$. Предполагается, что вершины каждой доли упорядочены.

Обозначим:

- w_i^1 ($i = 1, 2, \dots, l_1$) – вершина из V_1 с номером i ;
- w_j^2 ($j = 1, 2, \dots, l_2$) – вершина из V_2 с номером j ;

– w_k^3 ($k=1,2,\dots,l_3$) – вершина из V_3 с номером k .

Наличие на графе ребра (i,j) означает, что обучающийся с номером i обучался по j программе обучения, а наличие ребра (j,k) , что выпускник, обучавшийся по j программе обучения, занимает вакантную должность с номером k .

Под весом ребра будем понимать надёжность выполнения одного из требований: получение качественного образования или качественное выполнение должностных обязанностей.

Требуется построить максимальное трёхвершинное сочетание наибольшего веса. Под весом сочетания, в силу формулы (1), понимается минимальный вес ребра из числа ребер, образующих это сочетание.

Для решения поставленной задачи для заданного графа G строится граф G^* . Если граф G изображен на рис. 1, то граф G^* представлен на рис. 2.

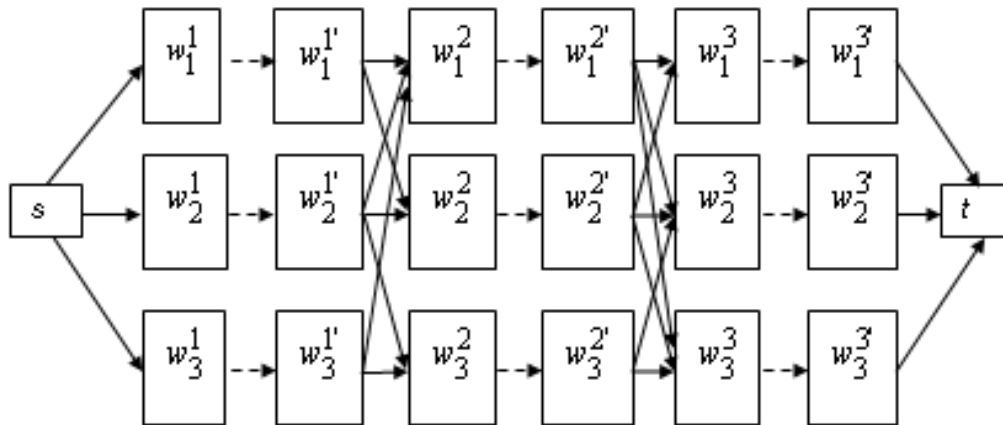


Рис. 2. Граф G^*

Опишем алгоритм построения графа G^* .

Каждую вершину u графа G заменим на ребро (u, u') . Если на графе G есть ребро (u, v) , то на графе G^* есть ребро (u, u') и ребро (u', v) . Кроме этого на графе G^* имеется вершина s – источник, соединенная ребрами со всеми вершинами первой доли графа G , и вершина t – сток, соединенная со всеми вершинами третьей доли графа G (рис. 2).

Рассматривая граф G^* как сетевой график, пропускные способности каждого ребра которого равны единице, будем находить максимальный поток на этом графике из его источника в сток.

Дугу, поток по которой равен единице, будем называть загруженной дугой, а путь на сетевом графике от источника до стока, все дуги которого являются загруженными дугами, будем называть загруженным путем.

Замечание 1. Рассмотрим на графе G трёхвершинный ансамбль $(w_i^1, w_j^2), (w_j^2, w_k^3)$.

На графе G^* имеется единственный путь, содержащий эти вершины – это путь, проходящий через вершины $s, w_i^1, w_i^{1'}, w_j^2, w_j^{2'}, w_k^3, w_k^{3'}, t$. В дальнейшем будем считать, что этот путь соответствует рассматриваемому ансамблю и наоборот. Следовательно, каждому трёхвершинному ансамблю на G соответствует определенный путь на G^* и наоборот.

Замечание 2. Загруженные пути на графе G^* не пересекаются. Действительно, в силу условий, налагаемых на поток, объем подвоза в каждый пункт должен равняться объему

вывоза из него. На графе же G^* в каждую вершину, не считая источника и стока, входит или выходит точно одна дуга. Следовательно, ни одна из указанных вершин не может лежать на двух загруженных путях.

Замечание 3. Число загруженных путей равно величине максимального потока.

Замечание 4. Так как непересекающимся загруженным путям соответствуют непересекающиеся трёхвершинные ансамбли, то величина максимального потока не превосходит мощности трёхвершинного сочетания.

Замечание 5. Непересекающимся трёхвершинным ансамблям соответствуют непересекающиеся пути от источника до стока на графе G^* . Это следует непосредственно из определения соответствия путей и ансамблей. Следовательно, максимальное число непересекающихся трёхвершинных ансамблей в графе G (мощность максимального трёхвершинного сочетания) не превосходит величины максимального потока.

Замечание 6. Из замечаний 4 и 5 следует, что величина максимального потока на G^* равна мощности максимального трёхвершинного сочетания на G .

Для решения задачи по отысканию максимального трёхвершинного сочетания максимального веса на графе G предлагается следующий алгоритм.

На нулевом этапе в соответствии с условиями задачи строим граф G_1^* .

На этапе с номером τ ($\tau=1,2,\dots$) для графа G_τ^* находится максимальный поток. Пусть его величина равна v_τ , а число загруженных путей от источника до стока равно M_τ . Строим соответствующее трёхвершинное сочетание и определяем его вес, пусть он равен g_τ (он равен величине построенного максимального потока). Убираем из графа G_τ^* дуги (назначений обучающегося на программу обучения, выпускника на вакантную должность), вес которых не превосходит g_τ . Получаем граф $G_{\tau+1}^*$. Переходим к следующему этапу.

Вычисления ведем до тех пор, пока не получим максимальный поток (трёхвершинное сочетание), величина которого меньше v_1 (меньше полученного на первом этапе). Тогда на предпоследнем этапе получено искомое решение.

Пусть i – номер выпускника, j – номер программы обучения, k – номер вакантной должности.

Степень уверенности в том, что выпускник i освоил j программу обучения будем задавать нечётким числом D_{ij}^p , $D_{ij}^p = \langle a_{ij}^p, b_{ij}^p, c_{ij}^p \rangle$, функцию принадлежности которого обозначим $\mu_{D_{ij}^p}$. Считаем, что выпускник i освоил j программу обучения на высоком уровне, если его тестирование дало оценку 90 баллов и выше. Тогда степень истинности нечёткого высказывания «выпускник освоил j программу обучения на высоком уровне» равна $\mu_{D_{ij}^p}(90)$.

Аналогично степень уверенности в том, что выпускник, прошедший обучение по j программе обучения, готов к исполнению профессиональных обязанностей на k должности, будем задавать нечётким числом D_{jk}^d , $D_{jk}^d = \langle a_{jk}^d, b_{jk}^d, c_{jk}^d \rangle$, функцию принадлежности которого обозначим $\mu_{D_{jk}^d}$. Считаем, что выпускник j готов к исполнению

профессиональных обязанностей на k должности на высоком профессиональном уровне, если его тестирование дало оценку 90 баллов и выше. Тогда степень истинности нечёткого

высказывания «выпускник готов профессионально исполнять первичные должностные обязанности» равна $\mu_{D_{ij}^d}(90)$.

Проиллюстрируем график функции принадлежности нечёткого числа $D_{11}^P = \langle 30, 70, 100 \rangle$ на рис. 3. На нём $y = \mu_{D_{11}^P}(90) = 0,33$.

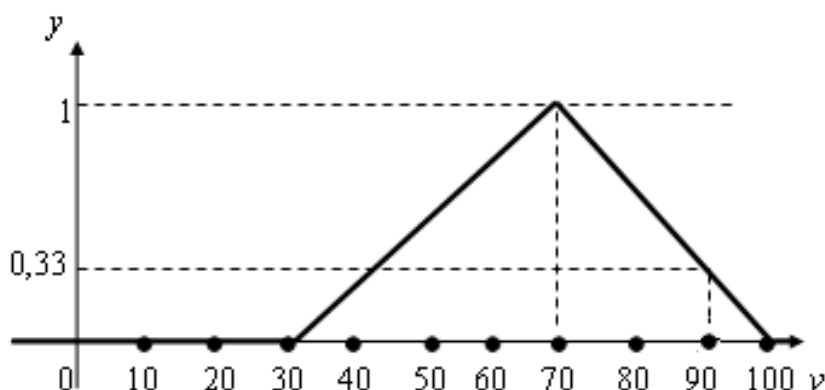


Рис. 3. График функции принадлежности нечёткого числа

Приведём содержательный пример, иллюстрирующий предложенный подход.

Пример. Имеется 4 обучающихся, 3 программы обучения и 5 вакантных должностей. Веса соответствующих ребер указаны в табл. 1, 2. Необходимо определить оптимальное назначение выпускников на вакантные должности.

В рамках проведения решения примера, для большей наглядности вершины первой доли будем обозначать i , второй – $\bullet j$, третьей – $\bullet\bullet k$ (рис. 4).

Таблица 1. Веса ребер между вершинами первой и второй долей

Вершины первой доли	Вершины второй доли		
	$\bullet 1$	$\bullet 2$	$\bullet 3$
1	0,6	0,7	0,0
2	0,7	0,5	0,5
3	0,9	0,0	0,9
4	0,8	0,8	0,7

Таблица 2. Веса ребер между вершинами второй и третьей долей

Вершины второй доли	Вершины третьей доли				
	$\bullet\bullet 1$	$\bullet\bullet 2$	$\bullet\bullet 3$	$\bullet\bullet 4$	$\bullet\bullet 5$
$\bullet 1$	0,8	0,5	0,7	0,5	0,6
$\bullet 2$	0,9	0,8	0,9	0,6	0,5
$\bullet 3$	0,6	0,9	0,6	0,9	0,8

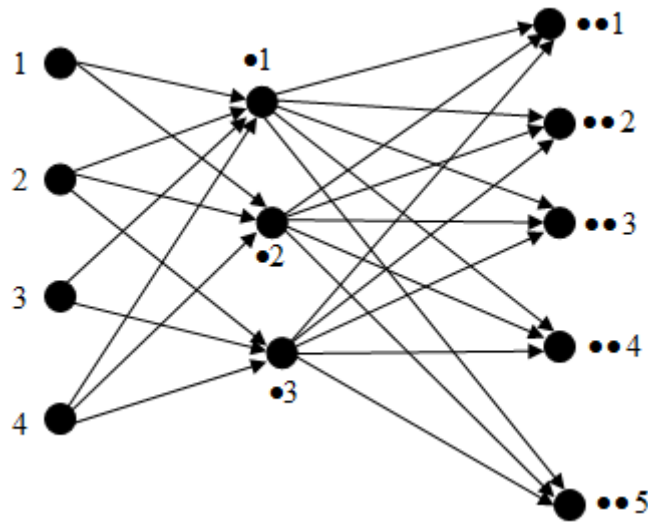


Рис. 4. Граф G

В результате применения предложенного алгоритма получим.

На первом этапе максимальный поток равен 3, максимальное трёхвершинное сочетание – $1, \bullet 1, \bullet\bullet 1, 2, \bullet 2, \bullet\bullet 2, 3, \bullet 3, \bullet\bullet 3$. Его вес равен 0,6 (рис. 5).

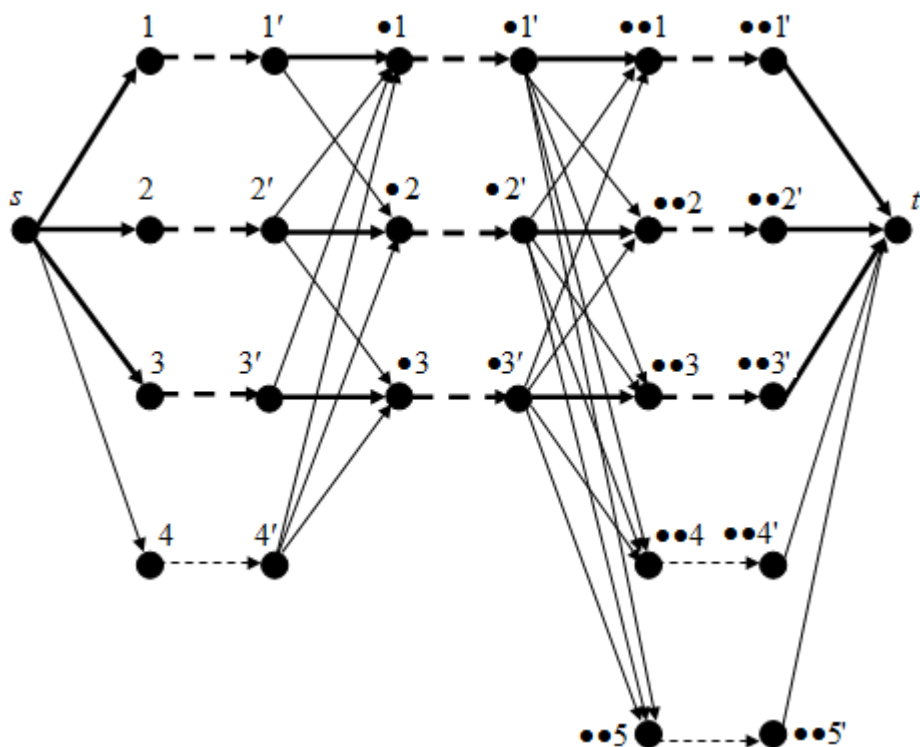


Рис. 5. Граф G_1^*

Убираем на графе ребра с весами меньшими или равными 0,6 (рис. 6).

Тогда на втором этапе максимальный поток равен 3, максимальное трёхвершинное сочетание – $1, \bullet 2, \bullet\bullet 3, 2, \bullet 1, \bullet\bullet 1, 4, \bullet 3, \bullet\bullet 5$. Его вес равен 0,7.

Убираем на графе ребра с весами равными 0,7 (рис. 7). Тогда на третьем этапе максимальный поток равен двум, максимальное сочетание – $3, \bullet 1, \bullet\bullet 1, 4, \bullet 2, \bullet\bullet 2$, его вес

равен 0,8. Надежность увеличилась, но мощность сочетания уменьшилась. Следовательно, согласно алгоритму, решение примера получено на втором этапе и имеет вид: первый обучающийся осваивает вторую программу и занимает третью должность, второй – осваивает первую программу и занимает первую должность, четвёртый – осваивает третью программу и занимает пятую должность. Уверенность в том, что все они успешно справятся с исполнением обязанностей по своим должностям, равна 0,7.

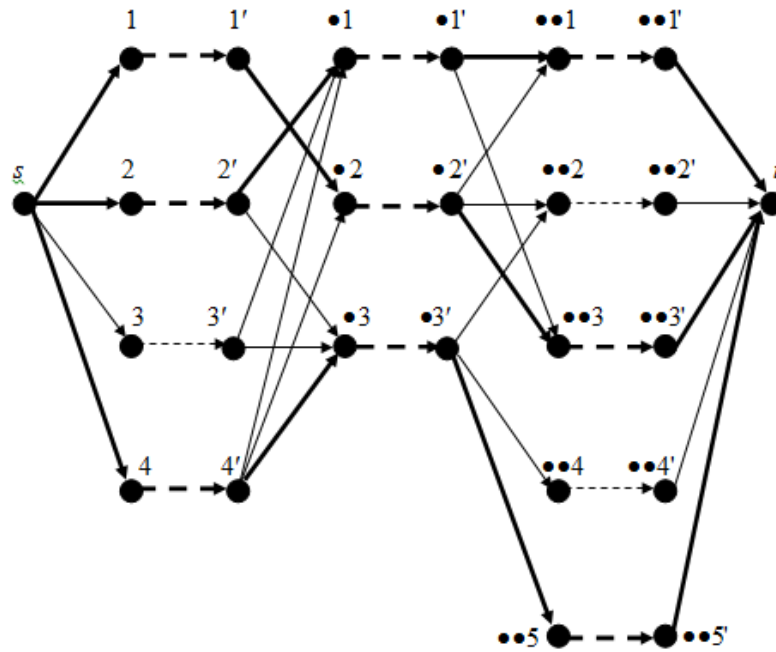


Рис. 6. Граф G_2^*

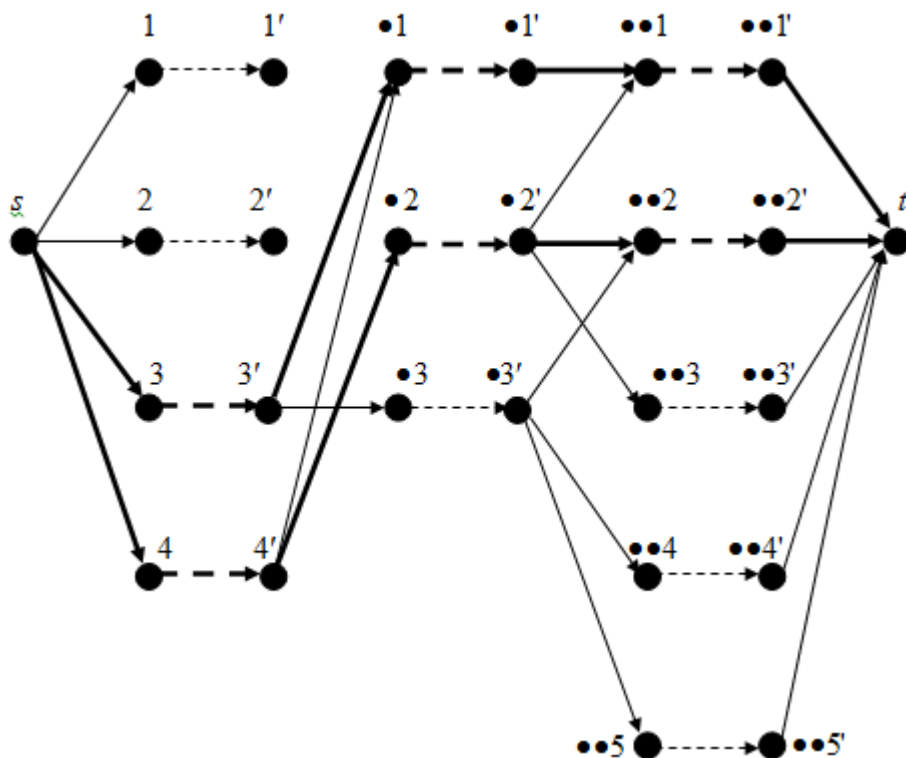


Рис. 7. Граф G_3^*

Таким образом, предложено решение задачи о кадровом назначении, альтернативное предложенному в работе [16], реализующее порядок распределения выпускников ОО ВО СС, одновременно учитывающее как качество профессиональной подготовки этих выпускников [17, 18], так и эффективность кадрового назначения выпускников на вакантные должности. Предложенный подход может быть использован кадровыми органами для подбора наиболее компетентных выпускников на вакантные должности силовых структур.

Литература

1. Харари Ф. Теория графов. М.: Ленанд, 2018. 304 с.
2. Оре О. Графы и их применение. М.: Ленанд, 2015. 208 с.
3. Вилков В.Б., Черных А.К., Флегонтов А.В. Задачи на графах с нечетко заданными весами: монография. СПб.: Министерство образования и науки Российской Федерации, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 2018. 160 с.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 166 с.
5. Zadeh L.A. Fuzzy sets. – Information and Control. 1965. Vol. 8. № 3. p. 338–353.
6. Mamdani E.H., Assilian S. An Experiment in Linguistic Synthesis with Fuzzy Logic Controller // Int. J. Man-Machine Studies. 1975. Vol. 7. № 1. p. 1–13.
7. Piegat A. Fuzzy Modeling and Control. New York: Springer, 2001. 733 p.
8. Вилков В.Б., Черных А.К., Флегонтов А.В. Теория и практика оптимизации решений на основе нечетких множеств и нечёткой логики: монография. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2017. 160 с.
9. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. М.: Радио и связь, 1982. 429 с.
10. Черных А.К., Козлова И.В., Вилков В.Б. Вопросы прогнозирования материально-технического обеспечения с использованием нечётких математических моделей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 4 (36). С. 107–117.
11. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 725 с.
12. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. 206 с.
13. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети. М.: Бином, 2006. 315 с.
14. Черных А.К., Вилков В.Б. Управление безопасностью транспортных перевозок при организации материального обеспечения сил и средств МЧС России в условиях чрезвычайной ситуации // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 9. С. 52–59.
15. Тэрано Т., Асаи К., Сугэно М. Прикладные нечёткие системы. М.: Мир, 1993. 368 с.
16. Вилков В.Б., Кунтурова Н.Б., Черных А.К. К проблеме моделирования процесса кадрового назначения выпускников образовательных организаций высшего образования силовых структур // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2018. № 665. С. 252–260.
17. Горшкова Е.Е., Фетисов А.В. Аналитическая модель факторов, влияющих на формирование специалиста ГПС МЧС России в образовательном процессе // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 4. С. 173–178.
18. Горшкова Е.Е., Грешных А.А., Ставицкий Д.В. Построение системы образовательной деятельности в учреждениях высшего образования силовых структур на основе компетентностных принципов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2018. № 1. С. 49–54.

References

1. Harari F. Teoriya grafov. M.: Lenand, 2018. 304 s.
2. Ore O. Grafy i ih primeneniye. M.: Lenand, 2015. 208 s.

3. Vil'kov V.B., Chernyh A.K., Flegontov A.V. Zadachi na grafhah s nechetko zadannymi vesami: monografiya. SPb.: Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii, Rossijskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet im. A.I. Gercena, 2018. 160 s.
4. Zade L. Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primeneniye k prinyatiyu priblizhennykh reshenij. M.: Mir, 1976. 166 s.
5. Zadeh L.A. Fuzzy sets. – Information and Control. 1965. Vol. 8. № 3. p. 338–353.
6. Mamdani E.H., Assilian S. An Experiment in Linguistic Synthesis with Fuzzy Logic Controller // Int. J. Man-Machine Studies. 1975. Vol. 7. № 1. p. 1–13.
7. Piegat A. Fuzzy Modeling and Control. New York: Springer, 2001. 733 p.
8. Vil'kov V.B., Chernyh A.K., Flegontov A.V. Teoriya i praktika optimizacii reshenij na osnove nechetkikh mnozhestv i nechyotkoj logiki: monografiya. SPb.: Izd-vo RGPU im. A.I. Gercena, 2017. 160 s.
9. Kofman A. Vvedeniye v teoriyu nechetkikh mnozhestv. M.: Radio i svyaz', 1982. 429 s.
10. Chernyh A.K., Kozlova I.V., Vil'kov V.B. Voprosy prognozirovaniya material'no-tekhnicheskogo obespecheniya s ispol'zovaniem nechyotkikh matematicheskikh modelej // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2015. № 4 (36). S. 107–117.
11. Leonenkov A.V. Nechetkoe modelirovaniye v srede MATLAB i fuzzyTECH. SPb.: BHV-Peterburg, 2005. 725 s.
12. Orlovskij S.A. Problemy prinyatiya reshenij pri nechetkoj iskhodnoj informacii. M.: Nauka. Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoy literatury, 1981. 206 s.
13. Yah'yeva G.E. Nechetkie mnozhestva i nejronnye seti. M.: Binom, 2006. 315 s.
14. Chernyh A.K., Vil'kov V.B. Upravleniye bezopasnost'yu transportnykh perevozok pri organizacii material'nogo obespecheniya sil i sredstv MCHS Rossii v usloviyah chrezvychajnoj situacii // Pozharovzryvobezopasnost'. 2016. T. 25. № 9. S. 52–59.
15. Terano T., Asai K., Sugeno M. Prikladnye nyochetkie sistemy. M.: Mir, 1993. 368 s.
16. Vil'kov V.B., Kunturova N.B., Chernyh A.K. K probleme modelirovaniya processa kadrovogo naznacheniya vypusnikov obrazovatel'nykh organizacij vysshego obrazovaniya silovykh struktur // Trudy Voenno-kosmicheskoy akademii im. A.F. Mozhajskogo. 2018. № 665. S. 252–260.
17. Gorshkova E.E., Fetisov A.V. Analiticheskaya model' faktorov, vliyayushchih na formirovaniye specialista GPS MCHS Rossii v obrazovatel'nom processe // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2015. № 4. S. 173–178.
18. Gorshkova E.E., Greshnyh A.A., Stavickij D.V. Postroeniye sistemy obrazovatel'noj deyatel'nosti v uchrezhdeniyah vysshego obrazovaniya silovykh struktur na osnove kompetentnostnykh principov // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2018. № 1. S. 49–54.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ВЕДОМСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ: ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ

**А.А. Александров, кандидат психологических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.
О.И. Малыгина.
Санкт-Петербургский государственный университет**

Рассмотрены ключевые вопросы организации психологического аспекта образовательной среды для курсантов ведомственных учебных заведений среднего образования. Актуальность проблемы определяется зависимостью эффективности образовательного процесса в целевых учреждениях от условий образовательной среды, в том числе психологических, которые предполагают мотивационный, организационный и психологический компоненты. Предложен ряд рекомендательных инкрементальных мер по формированию психологической среды образовательного процесса, а также подчеркнуты основные аспекты, на которые необходимо обратить внимание при разрешении проблемы в условиях конкретного учреждения.

Ключевые слова: образовательная среда, психологическая среда, психология образования, педагогика, педагогика в ведомственных учреждениях

THE PSYCHOLOGICAL ASPECT OF THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT FOR TRAINING SPECIALISTS IN DEPARTMENTAL INSTITUTIONS OF SECONDARY EDUCATION: FEATURES OF THE FORMATION

**A.A. Aleksandrov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
O.I. Malygina. Saint-Petersburg state university**

In the article resented we examined key aspects of forming the psychological side of education for military-oriented and emergency-oriented schools. As long as we are concerned, efficient inbuilt strategies of psychological development in terms of organizing educational environment are a key of further development of professional competences in the field examined. Apart from investigation into the problem we offer some basic incremental recommendation regarding to possible solutions of the problem in terms of a specific school.

Keywords: educational environment, psychological environment, educational psychology, pedagogy, pedagogy in departmental institutions

В отличие от классических высших учебных заведений учреждения подготовки кадров для МЧС России имеют отличительную особенность, так как занимаются подготовкой кадров для решения вопросов, связанных с ликвидацией и локализацией чрезвычайных ситуаций (ЧС). Подобного рода профессии могут быть прямо отнесены к опасным, в связи с чем к профессиональным компетенциям и личности будущих сотрудников таких ведомств предъявляются определенные требования.

По мнению ряда исследователей проблемы – В.В. Харина, О.В. Стрельцова, С.И. Рюминой [1] – психологический портрет любого сотрудника целевого ведомства должен отражать ряд особенностей, которые соответствуют его профессиональной

подготовленности к подобной службе, которая, в свою очередь, определяется перечнем компонент:

1) компонента мотивации – наличие четких мотивационных установок по выполнению рабочих задач. Они могут быть связаны с чувством долга, психологической ориентацией на оказание помощи и спасение, механизмом личностной самореализации через помощь и спасение людей;

2) компонента профессиональной ориентации – насколько будущий специалист понимает уровень профессиональной ответственности за свои будущие обязанности, уровень риска и уровень вовлеченности в собственную профессию;

3) компонента физической подготовленности;

4) операционная компонента – владение всеми необходимыми знаниями и навыками, необходимыми для разрешения ЧС.

Заявленные компоненты соответствуют типичной системе ценностей молодого профессионала. Трансформируясь из года в год во время обучения в кадетском корпусе, а затем и в университете, они, так или иначе обретают некую систему, в которой представлены в виде приоритетов. Данная система не сильно отличается от индивида к индивиду: сохраняя те же ценности, она характеризуется лишь различиями приоритетов, которые, как уже было замечено, мобильны с течением времени [2]. Особенно важно подчеркнуть, что к общим материальным ценностям со временем всё активнее добавляются так называемые «эмоциональные выгоды» – самореализация, профессионализм, высокая квалификация и способность делать свою работу максимально качественно. С течением времени и по мере начала практической деятельности эти приоритеты начинают занимать более высокие позиции в формирующейся системе ценностей, и все материальные аспекты согласуются именно с ними.

Какой аспект профессиональной подготовки определяет ориентир для преподавания специальных дисциплин? Совершенно очевидно, что этот аспект – будущая профессиональная квалификация, которая, в соответствии с современными стандартами управления человеческими ресурсами, условно делится на наличие у профессионала *hard skills* (трудные навыки) и *soft skills* (мягкие навыки) [3]. *Hard skills* отвечают непосредственным знаниям и навыкам осуществления рабочих обязанностей. Так для сотрудников противопожарной службы это могут быть навыки тушения пожаров в различных условиях, навыки работы с профессиональным оборудованием; для сотрудников спасательных служб к этому можно добавить систему знаний и навыков эвакуации жертв разрушения зданий и сооружений и пр. К таким же *hard skills* можно отнести системное мышление, стратегическое или «архитектурное» мышление – способность из отдельных деталей сконструировать некую модель решения той или иной профессиональной задачи. Последнее особенно актуально для представителей опасных профессий, которыми как раз и готовятся овладеть выпускники ведомственных учреждений среднего специального образования: от наличия стратегического мышления и его оперативности зависит координация команды при решении сложных задач. Выделяя соответствующие данной категории навыков компоненты, отражающие готовность молодого специалиста, можно отметить операционную компоненту, компоненту профессиональной ориентации и компоненту физической подготовленности.

Напротив, *soft skills* отвечают больше за качество межличностной коммуникации – как человек может взаимодействовать с другими людьми и в команде, и в целом? Традиционно считается, что *soft skills* больше относятся к деловой среде и мало касаются фундаментальных профессий, однако это, на взгляд авторов, является заблуждением – *soft skills* могут и должны развиваться у людей подобных профессий, поскольку от качества коммуникации, общего микроклимата в рабочих коллективах зависит качество исполнения рабочих обязанностей. В англоязычной управленческой культуре этот термин получил название «*performance*». Надо заметить, что все оставшиеся компоненты, отражающие готовность специалиста к несению службы, соответствуют именно *soft skills* – это

и мотивация, и психологическая устойчивость, и оценочная компонента. Как отмечают исследователи Ф. Патасчил и К. Лурин-Таблатин [3], 70–80 % успеха работы команды зависят именно от наличия soft skills. Это объясняется тем, что высокий синергетический эффект от результативного межличностного взаимодействия может компенсировать недостаток hard skills у отдельных участников команды или невозможность их применения в виду психологических причин (например, непредсказуемая стрессовая ситуация и пр.). Таким образом, soft skills являются необходимой базой для максимально эффективного использования hard skills, неким связующим звеном, без которого первое не может быть реализовано.

Психологический аспект образовательной среды, в которой развиваются кадеты, отвечает, главным образом, за эти самые soft skills. Развитие стрессоустойчивости, эмоционального интеллекта – возможности работать со своими эмоциями, контроля профессионального выгорания, сбалансированности и скоординированности мышления, иными словами, всех тех компонентов, которые уже были упомянуты ранее, зависит от того, как организован этот психологический аспект. В зависимости от того, как образовательная среда создана для кадетов, будут формироваться приоритеты системы личных и профессиональных ценностей. Это объясняется тем, что обучающиеся, получая определенную квалификацию, ориентируются на ролевые модели профессиональной среды, которые создают образовательные учреждения. Психологический аспект, который кадет может усвоить из этих моделей, будет ассоциироваться у него с частью его профессии.

Наиболее сложный и главный вопрос заключается в том, как именно этот психологический аспект должен быть организован. Как уже отмечалось ранее, все зависит от профессиональных задач, которые определены для тех или иных компетентных специалистов. Задачи вытекают из упомянутых выше компонент: ориентация на результат, высокая степень психологической устойчивости, высокая степень мотивации, высокая степень осознанности в отношении профессиональной ответственности.

Анализируя поле возможных мероприятий по формированию психологического аспекта, можно выделить два этапа работы в данном направлении: этап формирования входных (экзогенных) параметров и этап внутриорганизационной работы (некий in-house work). В первую очередь затронем аспект входных параметров. Любая среда формируется на основании определенных входных параметров, которые определяют предпосылки для ее существования. Фундаментальным входным параметром определяем общий психологический потенциал кандидатов на этапе поступления в университет, то есть уже имеющуюся базу накопленных личных качеств юношей и девушек. Для эффективного определения этих входных параметров, на взгляд авторов, требуются строгие, и при этом персонализированные критерии психологического и интеллектуального отбора, лишенные бюрократической составляющей. Современные проективные методики, которые часто используются при определении психологической готовности для несения службы, не верифицированы научно, результаты интерпретируются субъективно, по причине чего такие методики не могут служить инструментом массовой оценки психологической подготовленности выборки потенциальных воспитанников. Поскольку психологическая составляющая относится к личности и не может быть измерена цифрами, от анкет и проективных тестов, зачастую обрабатываемых количественно, необходимо переходить на качественные и персонализированные методы исследования. Подобная практика активно распространена в европейских университетах, где одним из вступительных экзаменов, тестирующих профильные компетенции, выступает именно собеседование с кандидатом. Психологическую подготовленность, а именно базовые необходимые навыки [4], такие как стрессоустойчивость, низкая лабильность (подвижность) психики кандидата, эмпатия и ориентация на позитивный результат, навыки концентрации на информации различных форм, качество памяти, базовые ценности в отношении коллектива, необходимо выявлять в ходе глубинного интервью с профессиональными специалистами и психиатрами и принимать решение по каждому кандидату коллегиально. Традиционные противники

коллегиальных интервью при рассмотрении кандидатов ссылаются на высокий субъективизм и риск коррумпированности приема. Авторы отмечают, что при ориентации на результат учебное заведение должно само соответствовать критерию профессиональной осознанности и, тем самым, корректировать политику приема.

Таким образом, определение верной методики оценки уже существующей психологической базы у кандидата на этапе формирования входных параметров является некой превентивной мерой, поскольку, отсеив неподходящих кандидатов, позволит оградить формирующийся психологический аспект образовательной среды от факторов-помех.

В рамках решения задач профессиональной подготовки на этапе in-house work или внутриорганизационных мероприятий психологический аспект формируется уже в сложившемся коллективе. Учитывая требования к профессионалу целевой отрасли, на взгляд авторов, внутриорганизационная работа в этом ключе должна строиться в направлении формирования навыков гибкости и адаптивности работы в коллективе. Гибкость и адаптивность, в свою очередь, связаны с навыком компромиссного разрешения проблем, навыком срочного решения проблем, пониманием баланса между личной и коллегиальной ответственностью, пониманием механизмов принятия решений в ЧС. Для достижения поставленных задач предлагается следующий перечень возможных мероприятий:

1. Интеграция механизмов развития навыков публичной коммуникации: дебаты, дискуссии, «круглые столы» и ролевые игры при проведении «кабинетных» занятий.

Механизмы развития навыков публичной коммуникации позволяют на личностном и коллективном уровне повысить уровень гибкости и адаптивности студентов. Публичная коммуникация помогает обучающимся лучше узнать личность и характер друг друга, обрести уверенность в себе, осознать точки соприкосновения и расхождения для того, чтобы уметь верно определять поле профессионального взаимодействия. Участвуя в публичных сессиях, выделяя определенные взгляды на проблемы, принимая участие в ролевых играх, обучающиеся оттачивают навыки принятия решений, эффективной профессиональной коммуникации, повышают собственный уровень осведомленности и осознанности в отношении выбранной профессии, трансформируют свое личное отношение друг к другу в процессе сближения.

Особенно данные механизмы актуальны для кадет в возрасте личностного становления. Семинарские занятия по всем общеобразовательным дисциплинам, которые нацелены на развитие культуры мышления, можно и нужно проводить в таком формате. Помимо позитивного вклада в микроклимат коллектива, это позволит изменить отношение кадет к таким дисциплинам, трансформировав существующие предрассудки в отношении их мнимой бесполезности и непригодности в основной профессии. Более того, такие нововведения позволят повысить их интерес к групповой работе и благоприятно повлияют на микроклимат в коллективе.

2. Интеграция механизмов группового обучения и практики на постоянной основе. Другим рабочим инструментом формирования навыков командной работы является внедрение в систему оценивания знаний и навыков групповых проектов и работ на постоянной основе для всех «кабинетных» занятий – лекций и семинаров [5]. Для того, чтобы кадеты осознавали ценность и важность групповых проектов, от результатов выполнения этих групповых работ должна частично или полностью зависеть система оценки. Одним из возможных решений является включение групповых проектов в качестве критериев балльно-рейтинговой оценки. Если результат выполнения проекта зависит от коллективной работы, обучающиеся в большей степени будут мотивированы искать точки соприкосновения и развивать навыки командной работы. Традиционные модели выполнения самостоятельных работ, построенные на индивидуальной работе, в данном случае не обладают высокой эффективностью.

Организация семинаров в виде систематического решения сложных задач в группах позволит обучающимся быстрее привыкнуть к групповой работе. При этом здесь уместно

внести важное замечание – для достижения адаптивности кадет в ключе командной работы группы надо систематически производить ротацию. Это позволит сформировать не только уже упомянутый навык адаптивности, но и критическое мышление, столь важное при принятии быстрых решений в ЧС. Кадеты будут в состоянии анализировать, какие позиции и по каким вопросам нужно и можно занимать, а также лучше узнавать личностные черты друг друга, что благоприятно скажется на прочности подобного коллектива.

Конечно же, важным системообразующим элементом командной работы является спортивная активность. Спортивные мероприятия и командные игры являются неотъемлемой составляющей образовательной среды, позволяют формировать компетенции противостояния и взаимодействия, гибкости в образовании команды и ее расформировании, адаптивности воспитанника к различным позициям и ролям. Исходя из накопленного опыта ведомственных учебных заведений, авторы полагают, что в организации таких процессов система не имеет недостатков.

Внедрение этих мер позволит развить навыки интеграции, командной работы, психологической гибкости и адаптивности, а также устойчивости, сформировать у студентов некий опыт принятия решений, что полностью отвечает задачам образовательной среды. Именно в этом плане эффективно сформированная психологическая составляющая данной среды позволит кадетам развиваться личностно и профессионально.

Литература

1. Харин В.В., Стрельцов О.В., Рюмина С.И. Психологические особенности готовности к профессиональной деятельности курсантов образовательных учреждений ГПС МЧС России // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2017. № 8.
2. Виноградова С.Н. Особенности социально-психологических компонентов сплоченности студенческих групп // Вестник Самарской гуманитарной академии. Сер.: Психология. 2010. № 2. С. 52–65.
3. Frederick F. Patacsil, Christine Lourrine S. Tablatin. Exploring the importance of soft and hard skills as perceived by it internship students and industry: a gap analysis. Jotse. 2017. Vol. 7 (3). P. 347–368.
4. Кравцов А.В., Хлоповских Ю.Г. Психологические требования к сотруднику ГПС МЧС России // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2014. № 1 (5).
5. Гасанова М.Д. Организация групповой работы студентов на основе принципов формирования команды // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Психолого-педагогические науки. 2016. Т. 10. № 2. С. 38–42.

References

1. Harin V.V., Strel'cov O.V., Ryumina S.I. Psihologicheskie osobennosti gotovnosti k professional'noj deyatel'nosti kursantov obrazovatel'nyh uchrezhdenij GPS MCHS Rossii // Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy. 2017. № 8.
2. Vinogradova S.N. Osobennosti social'no-psihologicheskikh komponentov splo chennosti studencheskih grupp // Vestnik Samarskoj gumanitarnoj akademii. Ser.: Psihologiya. 2010. № 2. S. 52–65.
3. Frederick F. Patacsil, Christine Lourrine S. Tablatin. Exploring the importance of soft and hard skills as perceived by it internship students and industry: a gap analysis. Jotse. 2017. Vol. 7 (3). S. 347–368.
4. Kravcov A.V., Hlopovskih Yu.G. Psihologicheskie trebovaniya k sotrudniku GPS MCHS Rossii // Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij. 2014. № 1 (5).
5. Gasanova M.D. Organizaciya gruppovoj raboty studentov na osnove principov formirovaniya komandy // Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Psihologo-pedagogicheskie nauki. 2016. T. 10. № 2. S. 38–42.

О НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ТАБЕЛЯ БОЕВОГО РАСЧЕТА ЗВЕНА ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ СЛУЖБЫ

И.Б. Елисеев, кандидат технических наук;

М.С. Бесков;

В.Р. Новиков.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены вопросы организации подготовки личного состава подразделений пожарной охраны, выполняющих боевые действия с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения. Предложены варианты по расширению экипировки газодымозащитников.

Ключевые слова: газодымозащитник, табель боевого расчета, средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, боевые действия

THE QUESTION OF THE NEED TO INTRODUCE A REPORT CARD FOR THE COMBAT CREW OF THE PROTECTION SERVICE OF SMOKEDIVERS

I.B. Eliseev; M.S. Beskov; V.R. Novikov.

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

The article deals with the organization of training of staffing of fire protection units, which perform actions to extinguish fires, using personal protective equipment of respiratory organs and sight. The authors have proposed options for expanding the options of smokedivers protection equipment.

Keywords: smokediver, report card of the combat crew, personal protective equipment of respiratory organs and sight, combat operations

Организация и осуществление профессиональной подготовки личного состава подразделений пожарной охраны является важнейшим аспектом в практической деятельности. Несмотря на положительную динамику снижения количества пожаров на территории Российской Федерации, их количество все равно остается огромным, статистические данные приведены на рис. 1–3 [1].



Рис. 1. Количество пожаров в Российской Федерации за 2014–2018 гг.



Рис. 2. Количество погибших на пожарах в Российской Федерации за 2014–2018 гг.



Рис. 3. Причинённый прямой материальный ущерб от пожаров в Российской Федерации за 2014–2018 гг.

При этом основная часть пожаров происходит в жилом секторе, а именно в жилых зданиях различной этажности, сведения по количеству пожаров и их распределению в зависимости от количества этажей представлены в рис. 4 и табл. 1 соответственно [1].

Как видно из представленных данных более половины пожаров происходит в жилом фонде, что требует высокого уровня подготовки и профессионализма пожарных, как правило, при работе в таких условиях применяются средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД), а пожарные использующие их – газодымозащитники. В Российской Федерации, несмотря на высокий профессиональный уровень пожарных, существует ряд важных моментов, не отраженных в нормативных документах или требующих доработки. Например, количество учебных часов на практические занятия в период повседневной подготовки или оснащение звена газодымозащитной службы (ГДЗС).



Рис. 4. Процент пожаров в зданиях жилого назначения и надворных постройках от общего количества пожаров

Таблица 1. Основные показатели обстановки с погибшими за 2014–2018 гг., произошедшие в зданиях различной этажности

Этажность здания	Количество погибших, % от общего числа				
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
1 этаж	75,68	75,06	65,89	62,09	60,64
2 этажа	8,14	8,56	7,56	6,91	7,32
От 3 до 5 этажей	8,62	8,74	8,27	8,12	7,85
От 6 до 9 этажей	2,77	3,10	3,00	2,84	2,69
От 10 до 16 этажей	1,20	1,15	0,90	0,94	0,95
От 17 до 25 этажей	0,11	0,15	0,25	0,14	0,22
Более 25 этажей	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

В соответствии с Приказом МЧС России от 26 октября 2017 г. № 472 [2] боевая подготовка личного состава дежурных смен проводится в течение всего года в объеме 230 часов, из которых непосредственно на практическую подготовку газодымозащитников отведено всего 12 часов, не считая различных учений и практических занятий по решению пожарно-тактических задач. Кроме того, в п. 84 [2] говорится, что руководителем занятия является начальник караула, который вправе осуществлять подбор упражнений, степень их сложности, структуру и содержание каждой тренировки, в данном случае специалист, только закончивший обучение, который не в состоянии в полном объеме раскрыть сложности и нюансы работы газодымозащитников, ввиду отсутствия необходимого практического опыта.

Исходя из вышеизложенного, предлагается в первую очередь выработать таблицу боевого расчета звена ГДЗС, в котором распределить обязанности между газодымозащитниками при проведении работ в непригодной для дыхания среде (НДС) и закрепить за каждым из них необходимое пожарно-техническое вооружение и оборудование (ПТВ), это поможет выработать четкий алгоритм действий при работе звена ГДЗС, а также облегчит работу в случае замены газодымозащитников в звене.

В соответствии с п. 23 Приказа МЧС России от 9 января 2013 г. № 3 [3], при спасении людей и имущества, а также при тушении пожаров в НДС звено ГДЗС должно состоять

из трех газодымозащитников, включая командира звена. Газодымозащитники одного звена ГДЗС должны иметь СИЗОД единого типа с одинаковым номинальным временем защитного действия и, как правило, в состав звена ГДЗС включаются газодымозащитники, которые несут службу в одном подразделении.

Для быстрого выполнения основной задачи на пожаре звеньями ГДЗС – спасения людей и тушения пожаров в кратчайшее время с минимальным прямым материальным ущербом, необходимо иметь современное, необходимое ПТВ, а также иметь четкое понимание действий среди участников звена ГДЗС.

Минимальная экипировка звена ГДЗС, в соответствии с п. 29 Приказа МЧС России от 9 января 2013 г. № 3 [3], представлена на рис. 5.

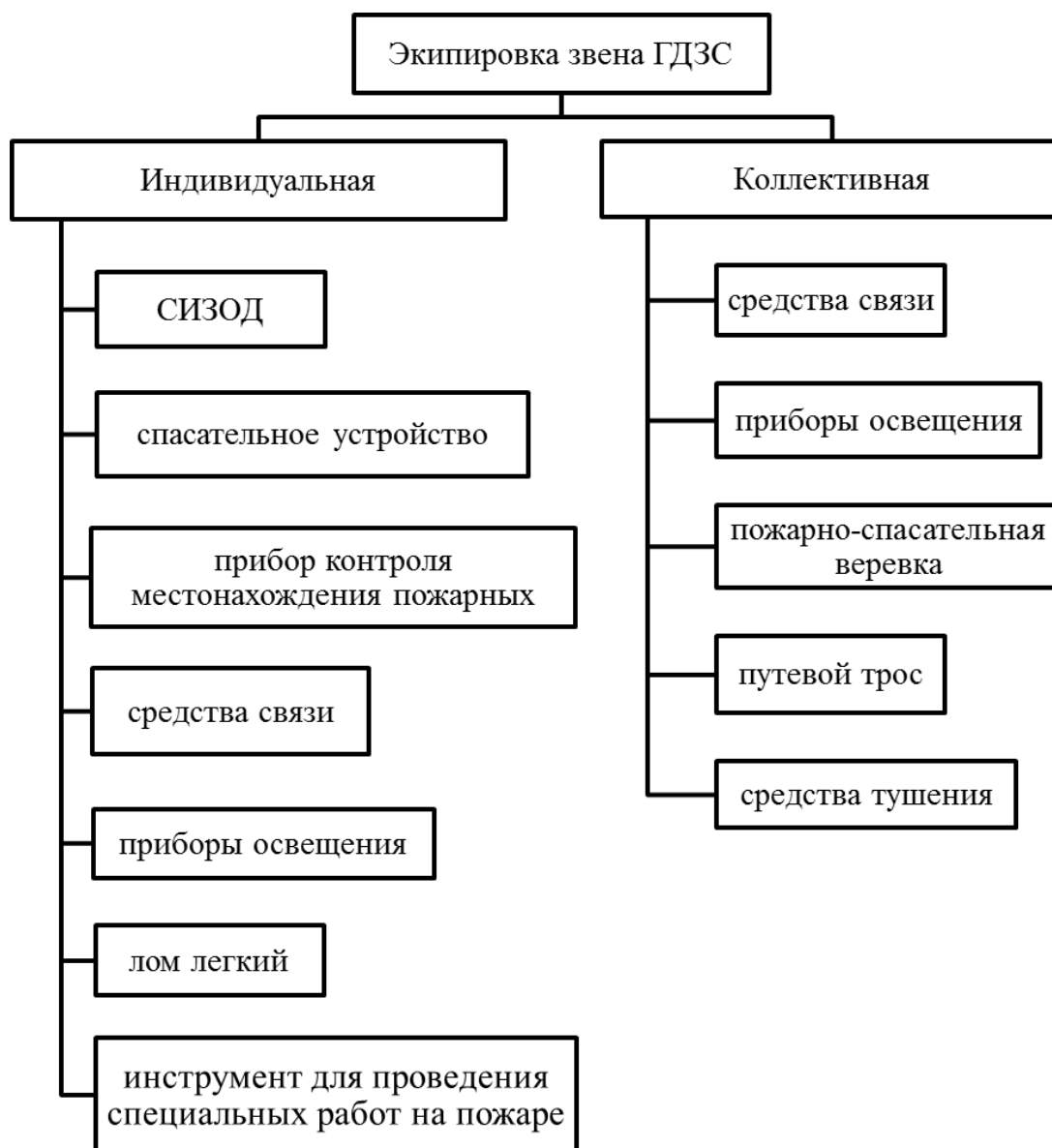


Рис. 5. Минимальная экипировка звена ГДЗС

Как видно из приведенного выше списка, все необходимое ПТВ можно разделить на две категории: групповое и индивидуальное. Но, как показывает отечественный и зарубежный опыт пожарных, этого минимального ПТВ недостаточно при выполнении основной задачи на пожаре. В табл. 2 представлена расширенная экипировка звена ГДЗС.

Таблица 2. Расширенная экипировка звена ГДЗС

Индивидуальная экипировка газодымозащитника	Групповая экипировка звена ГДЗС
СИЗОД и спасательное устройство, входящее в комплект	Средства связи (радиостанция, переговорное устройство или иное табельное средство) – оборудованное handsfree
Датчик неподвижного состояния	Групповой фонарь
Индивидуальный фонарь – световой поток не менее 100 люмен	Пожарно-спасательная веревка
Клинья для подпираания дверей, 2 шт.	Средства для разборки конструкций и простукивания пола: лом легкий (ИРМАС)
Индивидуальная веревка – ус самостраховки	Путевой трос (по решению командира звена)
Дополнительные силовые карабины, 2 шт.	Средства тушения (рабочая рукавная линия с примкнутым к ней перекрывным стволом, огнетушитель)
Пожарно-спасательная петля	Спасательные носилки – мягкие
Барашек (вентиль) для открывания пожарного крана	–

Для правильной организации взаимодействия между газодымозащитниками и разграничения их полномочий при тушении пожаров и спасении пострадавших, необходимо закрепить за каждым участником звена ГДЗС порядок действий. Примерный табель боевого расчета звена ГДЗС представлен в табл. 3.

Таблица 3. Табель боевого расчета звена ГДЗС

Состав звена ГДЗС	Коллективное ПТВ, необходимое при работе	Основные обязанности боевого расчета при тушении пожаров
Командир звена	Средства связи (радиостанция, переговорное устройство или иное табельное средство), групповой фонарь, средства для разборки конструкций и простукивания пола: лом легкий (ИРМАС)	Дает команду на включение и выключение в СИЗОД, при наличии путевого троса, встегивается в него, поддерживает связь с постом безопасности (начальником КПП ГДЗС), ведет разведку помещений, запоминает направление движения звена ГДЗС, помечает (запоминает) попавшиеся окна и двери, следит за целостностью звена, подает ствол на тушение очага
Газодымозащитник № 1	Средства тушения (рабочая рукавная линия с примкнутым к ней перекрывным стволом, огнетушитель), спасательные носилки – мягкие, пожарно-спасательная веревка	По команде командира звена включается и выключается из СИЗОД, при наличии путевого троса встегивается в него, прокладывает рукавную линию со стволом (несет огнетушитель), при необходимости работает подствольщиком, производит поиск пострадавших, следит за окружающей обстановкой и целостностью звена, при наличии пострадавшего совместно с газодымозащитником № 2 производит его спасение
Газодымозащитник № 2	Средства тушения (рабочая рукавная линия с примкнутым к ней перекрывным стволом, огнетушитель), путевой трос (по решению командира звена)	По команде командира звена включается и выключается из СИЗОД, при наличии путевого троса встегивается в него, прокладывает рукавную линию со стволом, производит поиск пострадавших, следит за окружающей обстановкой и целостностью звена, при наличии пострадавшего совместно с газодымозащитником № 1 производит его спасение

Предложенный вариант дополнительной экипировки звена ГДЗС и распределения обязанностей в таблице боевого расчета для звена ГДЗС существенным образом облегчит работу газодымозащитников, ускорит выполнение основной задачи на пожаре.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2018 году: стат. сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2019. 125 с.
2. Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны: Приказ МЧС России от 26 окт. 2017 г. № 472. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
3. Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде: Приказ МЧС России от 9 янв. 2013 г. № 3. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».

References

1. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2018 godu: stat. sbornik / pod obshch. red. D.M. Gordienko. M.: VNIPO, 2019. 125 s.
2. Ob utverzhdenii Poryadka podgotovki lichnogo sostava pozharnoj ohrany: Prikaz MCHS Rossii ot 26 okt. 2017 g. № 472. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».
3. Ob utverzhdenii Pravil provedeniya lichnym sostavom federal'noj protivopozharnoj sluzhby Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby avarijno-spasatel'nyh rabot pri tushenii pozharov s ispol'zovaniem sredstv individual'noj zashchity organov dyhaniya i zreniya v neprigodnoj dlya dyhaniya srede: Prikaz MCHS Rossii ot 9 yanv. 2013 g. № 3. Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Garant».

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александров Александр Александрович – науч. сотр. уч. совета СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. психол. наук;

Андрюшкин Александр Юрьевич – зав. каф. «Технол. конструкцион. материалов и пр-ва ракетно-космич. техн.» Балтийского гос. техн. ун-та «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, д. 1/21), канд. техн. наук, доц.;

Антошина Татьяна Николаевна – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), email: antoshina17@yandex.ru, канд. пед. наук;

Бачурина Анастасия Николаевна – курсант 5 курса фак-та пож. безопасн. Дальневосточ. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27);

Бесков Максим Сергеевич – препод. каф. спец. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Богданов Алексей Валентинович – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротуш. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), зам. дир-ра Эрмитажа, канд. техн. наук, доц.;

Брюс Фёдор Олегович – инж. 2-й кат. АО «Концерн «НПО Аврора» (194021, Санкт-Петербург, ул. Карбышева, д. 15);

Вилков Валерий Борисович – доц. каф. общенауч. и общетехн. дисц. Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулёва (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22), канд. физ.-мат. наук, доц.;

Винокуров Владимир Анатольевич – проф. каф. теории и ист. гос-ва и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р юрид. наук, засл. юрист РФ;

Вострых Алексей Владимирович – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Гельфанд Артем Максимович – ассистент каф. защ. систем связи СПб гос. ун-та телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, д. 22, корп. 1);

Горшкова Елена Евгеньевна – ст. препод. каф. переподгот. и повыш. квалификации спец. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Денисов Алексей Николаевич – проф. каф. пож. тактики и службы Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), e-mail: dan_aleks@mail.ru, д-р техн. наук, доц.;

Дворников Сергей Викторович – проф. каф. Воен. акад. связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного (194064, Санкт-Петербург, К-64, Тихорецкий пр., д. 3), д-р техн. наук, проф.;

Дворников Сергей Сергеевич – нач. лаб. Воен. акад. связи им. Маршала Советского Союза С.М. Буденного (194064, Санкт-Петербург, К-64, Тихорецкий пр., д. 3), канд. техн. наук;

Доронина Анастасия Александровна – бакалавр СПб нац.-исслед. ун-т информ. технол. механики и оптики (197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49);

Дюк Вячеслав Анатольевич – гл. науч. сотр. Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12 линия В.О., д. 13), e-mail: vyatcheslav.duke@gmail.com, д-р техн. наук;

Елисеев Игорь Борисович – ст. препод. каф. спец. подгот. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Журавлёв Николай Михайлович – препод. каф. механики и инж. графики Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), e-mail: luckyday715@gmail.com;

Завьялов Дмитрий Евгеньевич – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: zavialov-dmitriy@mail.ru, канд. техн. наук;

Земскова Анна Андреевна – препод. каф. гуманитар. и соц.-эконом. дисциплин Дальневосточ. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27);

Кабанов Андрей Александрович – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), email: akabanov@inbox.ru, канд. юр. наук, доц.;

Кадочникова Елена Николаевна – доц. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Казанцев Алексей Анатольевич – инж. каф. защ. систем связи СПб гос. ун-та телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, д. 22, корп. 1);

Кожевин Дмитрий Федорович – нач. каф. физ.-хим. основ проц. горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Кондрашин Алексей Викторович – нач. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kondrashin@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Коннова Людмила Алексеевна – вед. науч. сотр. отд. перспектив. разработ. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р мед. наук, проф. засл. деят. науки РФ;

Костин Геннадий Александрович – проректор по науч. работе СПб ун-та технол. упр. и экон. (190103, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр., д. 44), д-р техн. наук, доц., член-корреспондент МАН ВШ и РАВН;

Кравцова Наталья Александровна – зав. каф. клинич. психол. Тихоокеан. гос. мед. ун-та Минздрава России (690002, Приморский край, г. Владивосток, пр. Острякова, д. 2), e-mail: kranatali@yandex.ru, д-р психол. наук, доц.;

Крячко Александр Федотович – зав. каф. СПб гос. ун-та аэрокосмического приборостроения (190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А), д-р техн. наук, проф.;

Лабинский Александр Юрьевич – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Литвинов Никита Павлович – инж. отд. орг. контрактной службы упр. мат.-техн. обеспеч. ГУ МЧС России по Лен. обл. (188662, Лен. обл., Всеволожский р-он, п. Мурино, ул. Оборонная, д. 51);

Лукин Владимир Николаевич – проф. каф. филос. и соц. наук СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р полит. наук, доц.;

Львова Юлия Владимировна – ст. науч. сотр. отд. перспектив. разработ. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Максимов Александр Викторович – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: he1nze@mail.ru, канд. техн. наук;

Малыгина Ольга Игоревна – бакалавр СПб гос. ун-та (199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9);

Матрохина Кристина Васильевна – аспирант СПб горного ун-та (199106, Санкт-Петербург, ВО, 21 линия, д. 2);

Маховиков Алексей Борисович – декан фак-та фундаментал. и гуманитар. дисц., зав. каф. информ. и комп. технол. СПб горного ун-та (199106, Санкт-Петербург, ВО, 21 линия, д. 2), канд. техн. наук, доц.;

Мусиенко Тамара Викторовна – зам. нач. ун-та по науч. работе, проф. каф. филос. и соц. наук СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. ист. наук, д-р полит. наук, доц.;

Мячин Дмитрий Александрович – доц. каф. анализа данных и информ. технол. Рос. акад. народного хоз-ва и гос. службы при Президенте Рос. Федерации (119571, Москва, пр. Вернадского, д. 84), канд. экон. наук;

Ничепорчук Валерий Васильевич – ст. науч. сотр. отд. прикл. информ. Ин-та вычислительного моделирования Сибирского отделения РАН (660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50, стр. 44), e-mail: valera@icm.krasn.ru, канд. техн. наук;

Новиков Владислав Романович – ст. препод. каф. пож., авар.-спас. техники и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Онов Виталий Александрович – нач. центра орг. науч. исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: opov.va@igprs.ru, канд. техн. наук, доц.;

Пестов Игорь Евгеньевич – ст. препод. каф. защ. систем связи СПб гос. ун-та телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков д. 22, корп. 1);

Поляков Александр Степанович – проф. каф. физ.-техн. основ обеспечения пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф., засл. деятель науки РФ;

Поночевный Дмитрий Алексеевич – СПб нац.-исслед. ун-т информ. технол. механики и оптики (197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49), канд. экон. наук;

Руднев Евгений Владимирович – науч. сотр. отд. перспектив. разработ. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Савенкова Анастасия Евгеньевна – препод. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: savenkova@igprs.ru, канд. техн. наук;

Сахаров Дмитрий Владимирович – доц. каф. защ. систем связи СПб гос. ун-та телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (193232, Санкт-Петербург, пр. Большевиков, д. 22, корп. 1), канд. техн. наук;

Седнев Анатолий Владимирович – студент Московского гос. техн. ун-та им. Н.Э. Баумана (нац. исслед. ун-та) (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5);

Седнев Владимир Анатольевич – проф. каф. защ. нас. и тер. Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ, почет. работник науки и техн. РФ, лауреат премии Прав-ва РФ в обл. науки и техн., лауреат премии Прав-ва РФ в обл. образов.;

Семенов Александр Васильевич – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Серова Анастасия Геннадьевна – аспирант СПб ун-та технол. упр. и экон. (190103, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр., д. 44);

Сорокин Игорь Александрович – ст. препод. каф. физ.-хим. основ проц. горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Татарка Максим Васильевич – докторант Воен.-космич. акад. им. А.Ф. Можайского (197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13), канд. техн. 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 Елена Николаевна – зав. каф. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

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;

Шуваев Федор Леонидович – науч. сотр. Воен. ин-та (науч.-исслед.) Воен.-космич. акад. им. А.Ф. Можайского (197198, Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13), канд. техн. наук.