

**Трофимец Елена Николаевна** – доц. каф. высш. мат. и систем. моделир. слож. проц. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

**Фарбер Вера Александровна** – зав. каф. экон. и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. экон. наук, доц.;

**Хайдаров Андрей Геннадьевич** – доц. каф. бизнес-информ. СПб гос. технол. ин-та (техн. ун-та) (190013, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 26), e-mail: andreyhaydarov@gmail.com, канд. техн. наук, доц.;

**Широухов Александр Валерьевич** – зам. нач. каф. мех. и инж. графики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

**Юнцова Ольга Семеновна** – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: unsova@igps.ru, канд. пед. наук, доц.

## СОДЕРЖАНИЕ

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

**Ложкин В.Н., Пенченков А.Ю., Гавкалюк Б.В.** Физико-математическая модель образования, распространения, накопления и опасного воздействия транспортных ПМ<sub>10</sub> и ПМ<sub>2,5</sub> с учетом их химического состава в условиях чрезвычайных ситуаций.

**Головин С.А., Крутолапов А.С.** Методика применения инновационного адсорбционно-дыхательного клапана для обеспечения пожарной и экологической безопасности при железнодорожных перевозках нефтепродуктов.

### ***БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ***

**Пакляченко М.Ю.** К вопросу нормативного регулирования безопасности объектов топливно-энергетического комплекса.

**Родионов В.А., Магомет Р.Д., Дементьев Ф.А.** Пылевзрывозащита горных выработок угольных шахт: достоинства и недостатки, пути совершенствования.

### ***МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ***

**Хайдаров А.Г., Королева Л.А.** Моделирование процессов образования пожаровзрывоопасных газов при захоронении и перевозке твердых коммунальных отходов.

**Анашечкин А.Д., Трофимец Е.Н.** К вопросу построения краткосрочных моделей прогнозирования уровней воды на участках рек.

**Лабинский А.Ю., Нефедьев С.А., Бардулин Е.Н.** Использование нечеткой логики и нейронных сетей в системах автоматического управления.

**Александров С.В., Макарчук Г.В., Медведева Л.В.** Экологические аспекты при работе дизельной теплоэлектростанции с активным котлом-утилизатором высокотемпературного кипящего слоя.

**Мячин Д.А., Онов В.А., Нефедьев С.А.** Блокчейн: новые возможности управленческой практики.

**Широухов А.В., Тищенко И.В., Брыкова Л.В.** Исследование с помощью компьютерного моделирования тора, цилиндра и конуса как частные случаи циклиды Дюпена.

**Корольков А.П., Погребов С.А., Балобанов А.А., Гареев А.Р.** Методика отбора и оценки кандидатов для замещения вакантной должности в системе МЧС России.

**Антошина Т.Н., Попивчак И.И., Луговой А.А.** Особенности использования интерактивных информационных систем, ориентированных на человеко-машинное взаимодействие.

**Антюхов В.И., Коткова Е.А.** Управление информационными рисками в информационно-вычислительных сетях подразделений Государственной противопожарной службы МЧС России.

### ***ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ***

**Голынец Н.В., Фарбер В.А.** Проблемные зоны и основные направления обеспечения финансовой безопасности Северо-Западного региона

### ***ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ***

**Юнцова О.С., Савенкова А.Е., Егоров А.А.** Показатели эффективности и результативности деятельности надзорных органов.

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

**Дмитриев Г.Г., Соловьев А.Н.** Преподавание вопросов противодействия коррупции в учебных заведениях высшего образования Министерства обороны Российской Федерации: необходимость, проблемы, направления совершенствования.

**Седнев В.А., Аляев П.А.** Электронный тренажер пиротехника.

**Сведения об авторах**

---

---

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

---

---

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЯ, НАКОПЛЕНИЯ И ОПАСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПМ<sub>10</sub> И ПМ<sub>2,5</sub> С УЧЕТОМ ИХ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

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

Приведены данные измерений содержания высокотоксичных C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>, Pb, Cd, Ni, Cr в пробах сажи пожарного автомобиля КамАЗ. Обоснованы физическая и математическая модели прогноза санитарно-гигиенического загрязнения воздуха ПМ<sub>10</sub> и ПМ<sub>2,5</sub>, с учетом их химического состава, на магистрали в чрезвычайных транспортных и метеорологических условиях.

*Ключевые слова:* транспорт, твердые частицы, химический состав, городская магистраль, чрезвычайная ситуация, модель, прогноз

## PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODEL OF EDUCATION, EMISSIONS AND EXPOSURE, TAKING INTO ACCOUNT THE CHEMICAL COMPOSITION OF PM<sub>10</sub> AND PM<sub>2,5</sub> IN EMERGENCY CONDITIONS ON THE HIGHWAY

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

The content of highly toxic C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>, Pb, Cd, Ni, Cr was measured in soot samples of the KamAZ fire engine. A physical and mathematical model for predicting sanitary and hygienic air pollution on the highway PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub> is substantiated taking into account their chemical composition under adverse meteorological conditions.

*Keywords:* transport, solid particles, chemical composition, city highway, emergency, model, forecast

В крупных городах транспортные выбросы вредных (загрязняющих атмосферу) твердых частиц (particulate matter) размером до 10 мкм (ПМ<sub>10</sub>) и до 2,5 мкм (ПМ<sub>2,5</sub>) при неблагоприятных транспортно-метеорологических условиях могут создавать локальные

территориально-временные чрезвычайные ситуации (ЧС) сверх нормативного санитарно-гигиенического уровня воздействия на население, проживающего в окрестности транспортных коммуникаций [1, 2].

В зарубежной специальной литературе, в зависимости от специфики опасных свойств и химического состава субстрата твердых частиц, можно встретить такие его наименования, как [3]: черный углерод (black Carbon), элементарный углерод (Elemental Carbon), органический углерод (Organic Carbon), вторичный органический аэрозоль (Secondary organic Aerosol), общий углерод (Total Carbon=Organic Carbon+Elemental carbon).

Санитарно-гигиеническая опасность твердых частиц для человека [3] связана с поражением частицами кардиореспираторной системы человека, состоящей из сердечно-сосудистой системы и системы дыхания. Чем мельче частицы, тем глубже они проникают в тело человека. Частицы  $PM_{10}$  беспрепятственно проходят через щетину волосков носоглотки и по дыхательным путям попадают в легкие человека. Их металлические элементы окисляют клетки легких, повреждают их ДНК, увеличивая риск рака; приводят к хроническим заболеваниям легких.

Доказано, что частицы  $PM_{2,5}$  проникают глубже, в альвеолы (воздушные мешочки) легких, пронизанные капиллярными сосудами, через стенки которых происходит обмен кровотока кислородом и углекислым газом [3]. Блокируя нормальный клеточный метаболизм, частицы  $PM_{2,5}$  воспаляют и сужают кровеносные сосуды, сгущают жировой налет, повышают артериальное давление, приводят к образованию сгустков (тромбов). Это может блокировать приток крови к сердцу и мозгу, и, со временем, привести к инсульту и инфаркту миокарда. Современными исследованиями [2] подтверждается связь  $PM_{2,5}$  с понижением когнитивной функции (старения) мозга, его нейронной коммуникативной функции обмена информацией из-за воспаления мозгового белого вещества (болезней Альцгеймера и деменции – приобретенного слабоумия).

Аналогично зарубежной практике контроля твердых частиц [3], постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 19 апреля 2010 г. № 26 было введено в действие Дополнение № 8 к ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест», которым установлены ПДК для взвешенных частиц  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  (табл.) [2].

Таблица. Значения предельно допустимых концентраций  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$

№ п/п	Наименование вещества	Величина ПДК (мг/м <sup>3</sup> )		
		максимальная разовая	среднесуточная	среднегодовая
1	Взвешенные частицы $PM_{10}$	0,3	0,06 <sup>*)</sup>	0,04
2	Взвешенные частицы $PM_{2,5}$	0,16	0,035 <sup>*)</sup>	0,025

<sup>\*)</sup> 99-я процентиль

Однако нормируемая в установленном порядке опасность твердых частиц не учитывает их химический состав. Проведенные одним из авторов настоящей статьи исследования [4] показали, что частицы сажи  $PM_{2,5}$ , выбрасываемые в атмосферу с отработавшими газами (ОГ) дизелей, адсорбируют в порах бензо(а)пирен ( $C_{20}H_{12}$ , далее – БП) – самое опасное вещество по шкале Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [2, 3].

Для доказательства актуальности моделирования чрезвычайно опасного воздействия твердых частиц с учетом их химического состава в период с 18 января 2019 г. по 7 февраля 2019 г. на базе ФГБУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений

по Центральному федеральному округу» (Воронежский филиал) были проведены экспериментальные исследования по оценке химического состава проб дизельной сажи, взятых из выпускной трубы пожарного автомобиля с дизельным двигателем КамАЗ. Пробы отбирались по методике ПНД Ф 12.1:2:2:2:2:3:3:2-03.

Исследования показали присутствие в пробах значительного количества не только БП, но и тяжелых металлов. Измерения, выполненные по методике ПНД Ф 16.1:2:2:2:2:3.39-03, показали наличие в пробах БП до  $0,015 \pm 0,006$  мг/кг. Измерения, выполненные по методике ПНД Ф 16.3.24-2000, показали наличие в пробах высокотоксичных металлов: свинца до  $17,5 \pm 3,7$  мг/кг; кадмия до  $0,5 \pm 0,2$  мг/кг; никеля до  $104 \pm 48$  мг/кг; хрома до  $156 \pm 28$  мг/кг.

Для моделирования физического процесса образования ПМ<sub>10</sub> и ПМ<sub>2,5</sub> сажи одним из авторов статьи был разработан метод [4], который он назвал «оптическим или лазерным индицированием» и применил его, впервые в мире, в 70-х гг. для изучения динамики процесса образования сажи и важнейшей для физического моделирования его протекания характеристики – температуры, развиваемой, непосредственно, в локальных областях дизельного пламени, в которых и происходит пиролиз топлива.

Для моделирования физических условий формирования локальных ЧС сверх нормативного загрязнения твердыми частицами воздуха непосредственно на магистралях (как источниках эмиссии) были проведены серии непрерывных измерений РМ<sub>10</sub> и РМ<sub>2,5</sub> при движении в потоке автотранспорта и измерений на тротуарах магистралей Санкт-Петербурга с движущимся автотранспортом. Для этого был использован оптический метод косвенного измерения концентрации частиц дизельной сажи лазерной спектроскопии с детектированием рассеянного света прибором DUCTTRAK, модель 8530 (изготовитель TSI Incorporated USA) [2].

Математическая модель реализуется в два этапа.

На первом этапе модель накопления твердых частиц на магистрали протяженности  $L$  (км) в результате их эмиссии от потока дизельного автотранспорта (по пяти учетным группам: легковые, автофургоны и микроавтобусы до 3 500 кг, грузовые от 3 500 до 12 000 кг, грузовые свыше 12 000 кг, автобусы свыше 3 500 кг), по формуле:

$$M_{L_i} = \frac{L}{1200} \sum_1^x M_{k,i}^L \cdot G_k \cdot r_{V_{k,i}}, \quad \text{г/с}$$

где  $M_{k,i}^L$ , г/км – удельный пробеговой выброс твердых частиц сажи автомобилями  $k$  группы [5];  $x=5$  – количество групп автотранспорта;  $G_k$ , 1/час – фактическая наибольшая интенсивность движения автомобилей  $k$  группы, проходящих через фиксированное сечение магистрали в обоих направлениях по всем полосам движения (за 20 мин наблюдений) [5];  $r_{V_{k,i}}$  – поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения автомобилей ( $V_{k,i}$ , км/час) на магистрали, определяемый по методике [5].

На втором – модель диффузии твердых частиц от магистрали в часы пик при неблагоприятных метеорологических условиях. Разработана авторами в творческом содружестве с Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова и НИИ «Атмосферного воздуха» (Санкт-Петербург), как реализация, в зависимости от конкретных задач (перекресток, магистраль, элемент улично-дорожной сети, город, метеорологические условия и т.п.) [1, 2, 5, 6], численных решений уравнения атмосферной диффузии, которое для средних значений концентраций ПМ ( $q$ ) представляется выражением:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + u \frac{\partial q}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial y} + w \frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} k_x \frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial q}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial q}{\partial z} - \alpha q,$$

где  $x$  и  $y$  – оси расположенные в горизонтальной плоскости;  $z$  – ось по вертикали;  $t$  – время;  $u, v, w$  – составляющие средней скорости витания твердых частиц в стратифицированной атмосфере, соответственно, в направлениях осей  $x, y, z$ ;  $k_x, k_y, k_z$  – горизонтальные и вертикальная составляющие коэффициента обмена;  $\alpha$  – коэффициент, определяющий изменение концентрации за счёт физических процессов коагуляции и гравитационного оседания, вымывания частиц сажи осадками, оседания их на почве, поверхности водоемов, объектов инфраструктуры, зданий и т.п.

Задача решается с использованием программы «Эколог 4» НПФ «Интеграл» (Санкт-Петербург); с элементами нейронных сетевых математических аппроксимаций результатов и обучения моделей гетерогенными данными измерений автоматизированной системы мониторинга (АСМ) [1, 2] (работает в режиме «онлайн») Комитета по охране окружающей среды и природопользования Правительства Санкт-Петербурга.

На рисунке, в качестве примера практической реализации разработанного метода, показана вероятная карта загрязнения атмосферы Санкт-Петербурга  $PM_{2,5}$  дизельной сажи ОГ двигателей транспортных средств.

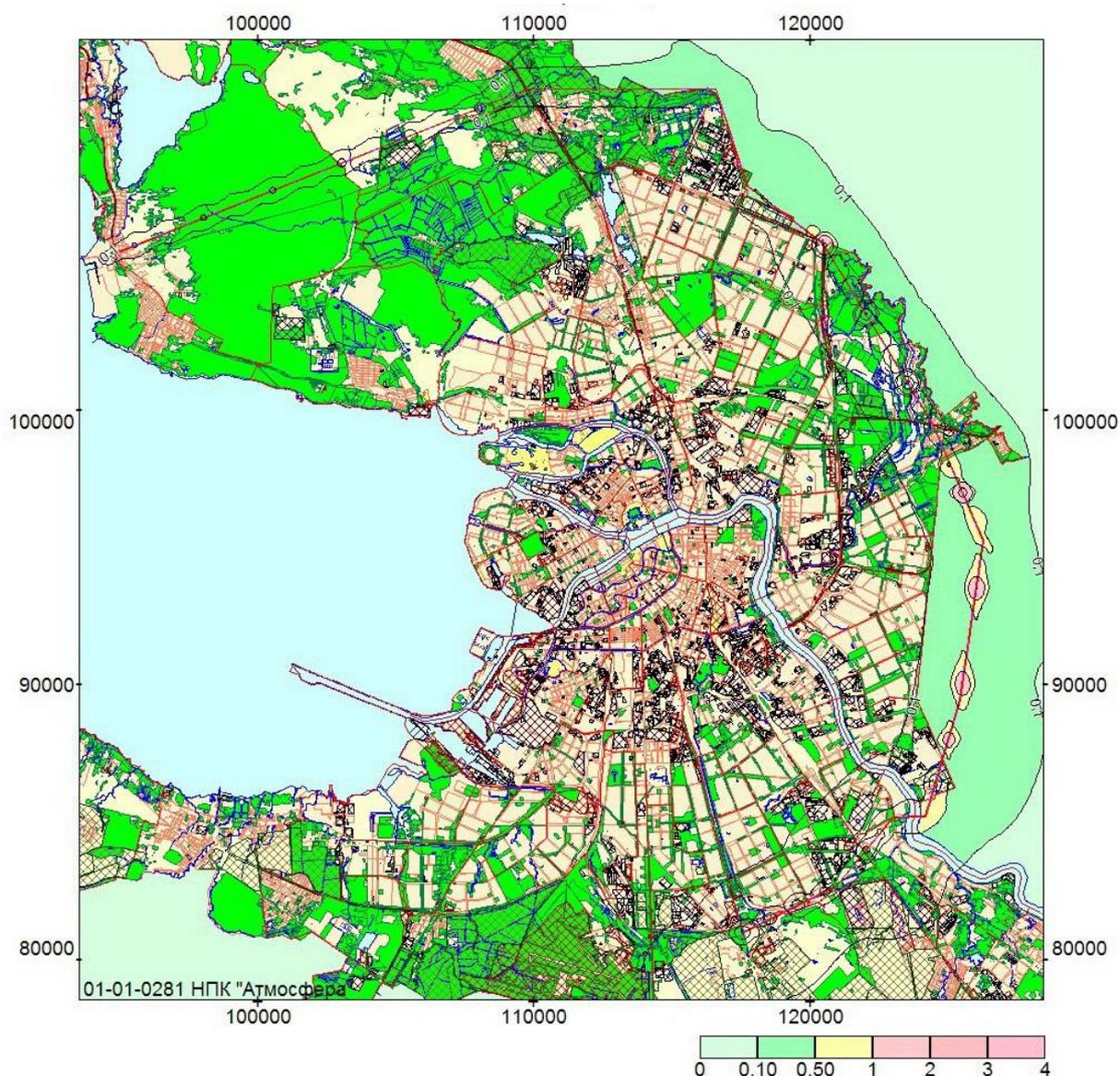


Рис. Карта ожидаемого загрязнения воздуха  $PM_{2,5}$  сажи дизельных автомобилей при неблагоприятных метеорологических условиях (Санкт-Петербург, 2017 г., в долях ПДК<sub>МР</sub>)

Расчеты выполнены для сочетания неблагоприятных транспортных («часы пик») и метеорологических условий, способствующих накоплению  $PM_{2,5}$  (слабая ветровая нагрузка, наличие инверсий) в приземном слое атмосферы на уровне дыхания человека. Анализ данных рисунка показывает, что при неблагоприятных условиях, вероятно, ожидать в окрестности оживленных городских транспортных артерий локальных мест загрязнения воздуха до уровня  $2,5 PDK_{MP}$ .

Принимая во внимание значение ПДК для БП в воздухе населенных мест ( $PDK_{CC}=0,1 \text{ мкг}/100\text{м}^3$ ) и, ранее отмеченное, измеренное содержание в твердых частицах дизельной сажи БП (до  $0,015 \text{ мг}/\text{кг}$ ), нетрудно сосчитать, что при ожидаемых в ЧС локальных территориально-временных превышениях ПДК дизельной сажи (до  $2,5$  раз) – вероятное превышение ПДК только от эмиссии БП в составе частиц дизельной сажи  $PM_{2,5}$ , будет до  $20$  раз. Такие локальные ЧС, конечно, могут представлять серьезную опасность для населения, проживающего в окрестности оживленных автомагистралей, поскольку, по данным ВОЗ [3], превышение фонового содержания в воздухе БП является для человека опасным.

Выводы:

1. Предложена оригинальная физико-математическая модель, позволяющая прогнозировать загрязнения воздуха твердыми частицами дизельной сажи  $PM_{2,5}$  в окрестности оживленных автомагистралей при неблагоприятных чрезвычайных транспортно-метеорологических условиях, с учетом их химического состава.

2. Проведением измерений содержания БП в частицах сажи пожарного автомобиля КамАЗ и расчетного исследования по разработанной модели (численного эксперимента) показано, что при таких ЧС можно ожидать локальные превышения ПДК по дизельной саже до  $2,5$  раз, а, соответствующие этим условиям, превышения ПДК по БП, содержащемуся только в  $PM_{2,5}$  дизельной сажи, до  $20$  раз.

3. Целесообразно продолжить исследования по изучению вероятности возникновения локальных ситуаций чрезвычайного санитарно-гигиенического воздействия  $PM_{10}$  и  $PM_{2,5}$  на население, проживающее в окрестности оживленных автомагистралей, с учетом химического состава твердых частиц.

### Литература

1. Lozhkin V., Lozhkina O., Dobromirov V. A study of air pollution by exhaust gases from cars in well courtyards of Saint Petersburg / Thirteenth International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (SPbOTSIC 2018) // Transportation Research Procedia 36 (2018). P. 453–458.

2. Motor transport related harmful  $PM_{2,5}$  and  $PM_{10}$ : from on-road measurements to the modelling of air pollution by neural network approach on street and urban level / O.V. Lozhkina [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. 2016. V. 772. № 1.

3. Introducing the Air Quality Life Index Twelve Facts about Particulate Air Pollution, Human Health, and Global Policy By Michael Greenstone and Claire Qing Fan, Energy Policy Institute at the University of Chicago, November 2018.

4. Ложкин В.Н. Исследование динамики и термических условий сажевыделения при сгорании распыленного топлива в цилиндрах дизелей: дис. ... канд. техн. наук. Л.: ЛПИ, 1978. 172 с.

5. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (доп. и перераб.). СПб., 2012.

6. Sofiev M., Genikhovich E., Keronen P., Vesala T. (2010). Diagnosing the surface layer parameters for dispersion models within the meteorological-to-dispersion modeling interface // J. Appl. Meteor. Climatol. V. 49. Iss. 2. p. 221–233. Doi: 10.1175/2009JAMC2210.

## References

1. Lozhkin V., Lozhkina O., Dobromirov V. A study of air pollution by exhaust gases from cars in well courtyards of Saint Petersburg / Thirteenth International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities (SPbOTSIC 2018) // Transportation Research Procedia 36 (2018). P. 453–458.
2. Motor transport related harmful PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub>: from on-road measurements to the modelling of air pollution by neural network approach on street and urban level / O.V. Lozhkina [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. 2016. V. 772. № 1.
3. Introducing the Air Quality Life Index Twelve Facts about Particulate Air Pollution, Human Health, and Global Policy By Michael Greenstone and Claire Qing Fan, Energy Policy Institute at the University of Chicago, November 2018.
4. Lozhkin V.N. Issledovanie dinamiki i termicheskikh uslovij sazhevydeleniya pri sgoranii raspynnogo topliva v cilindrah dizelej: dis. ... kand. tekhn. nauk. L.: LPI, 1978. 172 s.
5. Metodicheskoe posobie po raschetu, normirovaniyu i kontrolyu vybrosov zagryaznyayushchih veshchestv v atmosferyj vozduh (dop. i pererab.). SPb., 2012.
6. Sofiev M., Genikhovich E., Keronen P., Vesala T. (2010). Diagnosing the surface layer parameters for dispersion models within the meteorological-to-dispersion modeling interface // J. Appl. Meteor. Climatol. V. 49. Iss. 2. p. 221–233. Doi: 10.1175/2009JAMC2210.

# МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО АДСОРБЦИОННО-ДЫХАТЕЛЬНОГО КЛАПАНА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

**С.А. Головин;**

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

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрено и обосновано инновационное изобретение в виде адсорбционно-дыхательного клапана для обеспечения безопасности железнодорожного транспорта при перевозке опасных грузов. Предложена методика применения данного клапана для предотвращения утечек нефтепродуктов и тушения пожаров на железнодорожных цистернах, что направлено на повышение экологической безопасности и эффективности тушения пожаров.

*Ключевые слова:* нефтепродукты, железнодорожные перевозки, пожарная безопасность, экология, адсорбция, клапан

## TECHNIQUE OF APPLICATION OF INNOVATIVE ADSORPTIVE-RESPIRATORY VALVE TO ENSURE FIRE AND ENVIRONMENTAL SAFETY IN RAIL TRANSPORTATION OF OIL PRODUCTS

S.A. Golovin; A.S. Krutolapov.

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

The article considers and substantiates a new innovative invention in the form of an adsorption and breathing valve to ensure the safety of rail transport during the transport of dangerous goods. A method of using this valve to prevent oil leaks and extinguishing fires on railway tanks has been proposed, which is aimed at improving the environmental safety and efficiency of extinguishing fires.

*Keywords:* oil products, rail transportation, fire safety, ecology, adsorption, valve

Железнодорожный транспорт широко используется для перевозки опасных грузов, в том числе нефти и нефтепродуктов. Обеспечение безопасности функционирования железнодорожного транспорта рассматривается как одна из приоритетных задач его развития [1]. В процессе заполнения, слива нефтепродуктов из цистерн и в случае колебаний температуры, обеспечения герметичности цистерны при ее опрокидывании используются дыхательные устройства. Они могут иметь в своей конструкции огнепреградители для защиты оборудования от возникновения взрыво- и пожароопасных ситуаций путем гашения пламени в узких каналах [2].

В настоящее время существуют различные устройства для огнепреграждения горячей жидкости путем снижения поступления паров, газов и тепловых потоков в зону горения с помощью сеток или сеточных пакетов. Существенными недостатками или ограничениями для огнепреграждающих устройств являются:

- сложность конструкции и затрудненный доступ к кассете огнепреградителя и ее обслуживание;
- утечки паров жидкости в окружающую среду;

– малая термостойкость и ограниченная химическая стойкость насадки из полимерных материалов и др.

Исходя из вышесказанного, задачей разработки данного перспективного инновационного изобретения является снижение утечек паров нефтепродуктов, повышение защиты резервуара от взрыва и пожара, упрощение конструкции дыхательного клапана.

Технические результаты данного изобретения достигаются тем, что на железнодорожную цистерну монтируется адсорбционно-дыхательный клапан (рис.), имеющий две эластичные сетки огнепреградителя на основе базальтовой ткани с определенным размером ячеек, обеспечивающим гашение пламени. Сетки устанавливаются на расстоянии друг от друга и являются ограничителями для помещаемого между ними углеродного носителя типа Сибунит, предназначенного для адсорбции паров нефтепродуктов, что препятствует их выходу в атмосферу.

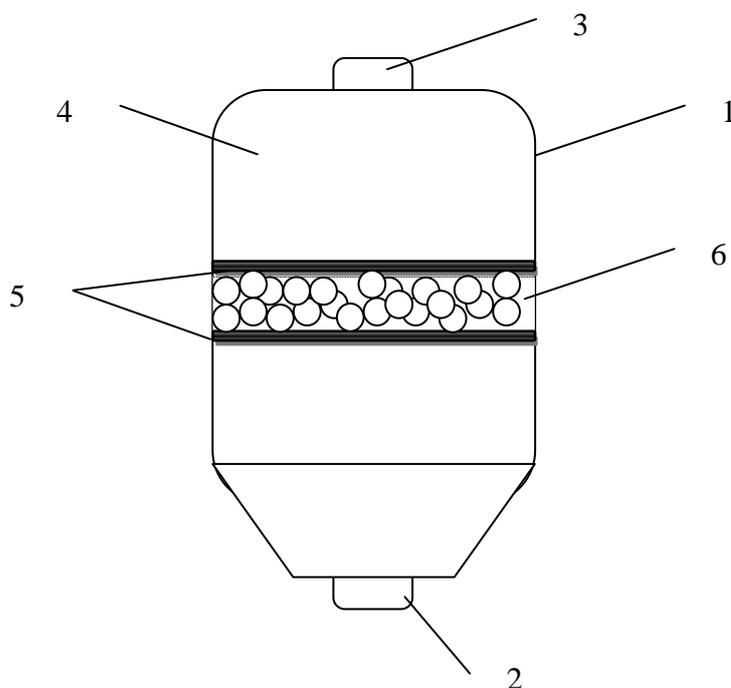


Рис. Адсорбционно-дыхательный клапан

Адсорбционно-дыхательный клапан состоит из корпуса 1, который имеет два патрубка: нижний 2 выходит в резервуар, а верхний 3 – в атмосферу; во внутренней полости дыхательного клапана 4 расположен огнепреградитель, который состоит из двух эластичных сеток 5 на основе базальтовой ткани, между которыми располагается сорбент Сибунит.

Эластичные сетки 5, изготовленные на основе базальтовой ткани, выполняют функцию огнепреградителя, имеют высокую огнестойкость, простое конструктивное исполнение, низкую стоимость, высокие механические характеристики, химическую стойкость и долговечность, что обеспечивает широкую область применения и выгодно отличает их от металлических сетчатых огнепреградителей.

Для обоснования возможности использования базальтовой ткани в качестве сетчатого огнепреградителя проведен расчет критического диаметра пламягасящего элемента для керосина ТС-1, определены безопасный и эквивалентный диаметр, проведены огневые испытания.

Критический диаметр канала пламягасящего элемента рассчитан по формуле:

$$d_{кр} = \frac{Pe * R * T * \lambda}{S_u * C_p * P * M}$$

где  $Pe$  – число Пекле;  $R$  – универсальная газовая постоянная кДж/моль\*К;  $T$  – начальная температура газовой горючей смеси, К;  $\lambda$  – теплопроводность горючей смеси, Вт/(м\*К);  $S_u$  – нормальная скорость распространения пламени, м/с;  $C_p$  – теплоемкость газовой горючей смеси при постоянном давлении, кДж/(кг\*К);  $P$  – давление горючей смеси, Па;  $M$  – молярная масса, кг/моль.

Безопасный диаметр канала пламягасящего элемента должен быть взят с учетом двойного коэффициента запаса надежности, то есть:

$$d_{без} = 0,5d_{кр}.$$

Размер квадратной ячейки ( $a$ ) базальтового полотна определен по формуле:

$$d_{без} = d_{экр} = 4 \times r_r = 4 \frac{S}{\Pi} = 4 \frac{a^2}{4a} = a,$$

где  $r_r$  – гидравлический радиус, мм;  $S$  – площадь ячейки, мм<sup>2</sup>;  $\Pi$  – периметр ячейки, мм.

Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты расчетов эластичного огнепреградителя на основе базальтовой ткани

Название нефтепродукта	Критический диаметр канала огнепреградителя, $d_{кр}$ , мм	Безопасный диаметр канала огнепреградителя, $d_{без}$ , мм	Размер ячейки базальтового полотна, $a$ , мм
Бензин А-72 (зимний), ГОСТ Р 51105-97	2,74	1,37	1,37
Керосин ТС-1, ГОСТ 10227-86	2,88	1,44	1,44
Дизельное топливо Л ГОСТ 305-2013	2,48	1,24	1,24

Для проведения опыта были изготовлены образцы из базальтовой ткани прямоугольной формы размером 25x25 см. В ткани между волокон были проделаны отверстия диаметром, соответствующим полученным расчетным данным, а именно 1,37 мм для бензина. После этого ткань была закреплена в специальный держатель диаметром 20 см. Температура воздуха в помещении составляла 20–25 °С. Испытания проводились в вытяжном шкафу. Бензин наливался в металлический поддон и поджигался с помощью горячей бумаги. Накрытие очага возгорания противопожарным средством производилось при помощи специального держателя, при этом стойкое пламенное горение прекращалось мгновенно. Выделения дыма не наблюдалось.

В качестве сорбента, располагаемого между эластичными базальтовыми сетками, предлагается использовать Сибунит – композиционный углерод-углеродный материал, сочетающий в себе достоинства графита (высокая химическая стойкость и электропроводность) со свойствами активных углей (высокие удельная поверхность и сорбционная емкость). Технология получения Сибунита заключается в осаждении пиролизического углерода на гранулированной или формованной матрице из сажи (технического углерода) с последующей парогазовой активацией и высокотемпературной обработкой [3]. Отличительными чертами Сибунита являются высокая чистота (содержание углерода 98,5–99,5 %), высокая механическая прочность, воспроизводимая мезопористая структура, высокая термическая стабильность и химическая стойкость. Преимущественный размер пор может регулироваться в диапазоне 18–300 нм.

Физико-химические свойства Сибунита по сравнению с активными углями приведены в табл. 2 [4].

Таблица 2. Физико-химические свойства Сибунита

Параметр	Сибунит	Активные угли
Удельная адсорбционная поверхность, м <sup>2</sup> /г	2–800	600–1800
Объем пор, V, см <sup>3</sup> /г		
V <sub>Σ</sub>	0,2–1,2	0,2–1,2
V <sub>микро</sub>	0,01–0,15	0,2–0,6
V <sub>мезо</sub>	0,2–0,8	0,1–0,3
V <sub>макро</sub>	0,1–0,7	0,1–1,0
Средний радиус пор, нм	4–200	<1,5>100
Массовая доля золы, %	< 1	> 1–3
Прочность при раздавливании, кг/см <sup>2</sup>	40–200	5–60

Изделие выпускается в виде гранул сферической формы размером 2–6 мм. Изделия изготавливаются с различной внешней формой и размерами зерен: экструдаты в виде лепестков, колец, цилиндров, трубочек с наружным диаметром 2–8 мм, микроблоки с наружным диаметром 10–15 мм, блочные изделия сотовой структуры с наружным диаметром 10–50 мм.

Сибунит подвергается регенерации [5].

Таким образом, предложенная методика применения инновационного изобретения выполняет функции адсорбции паров нефтепродуктов, дыхательного клапана, огнепреградителя, минимизации потерь углеводородов, а также защиты окружающей среды от загрязнения летучими углеводородами. Адсорбционно-дыхательный клапан имеет высокую огнестойкость, простое конструктивное исполнение, низкую стоимость, высокие механические характеристики, химическую стойкость и долговечность.

### Литература

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 17 июня 2008 г. № 877-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Стрижевский И.И., Заказов В.Ф. Промышленные огнепреградители. М.: Химия, 1974.
3. Плаксин Г.В. Создание новых типов пористых углеродных материалов для процессов адсорбции и катализа: дис. ... д-ра хим. наук. Новосибирск, 2001. 383 с.
4. Плаксин Г.В. Пористые углеродные материалы типа Сибунита // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. № 9. С. 609–620.
5. Макаров И.В., Сергеев В.В., Лихолобов В.А., Троицкий С.Ю., Плаксин Г.В. Способ очистки технологических растворов и сточных вод от органических веществ: пат. RU 2110480 С1; опубл. 10.05.98 г. (CAN: 132:312945). URL: <http://sciact.catalysis.ru/ru/public/patent/6096> (дата обращения: 20.02.2019).

### References

1. Strategiya razvitiya zheleznodorozhnogo transporta v Rossijskoj Federacii do 2030 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 17 iyunya 2008 g. № 877-r. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
2. Strizhevskij I.I., Zakaznov V.F. Promyshlennye ognepregraditeli. M.: Himiya, 1974.
3. Plaksin G.V. Sozдание novyh tipov poristykh uglerodnykh materialov dlya processov adsorbicii i kataliza: dis. ... d-ra him. nauk. Novosibirsk, 2001. 383 s.

4. Plaksin G.V. Poristye uglerodnye materialy tipa Sibunita // Himiya v interesah ustojchivogo razvitiya. 2001. № 9. S. 609–620.

5. Makarov I.V., Sergeev V.V., Liholobov V.A., Troickij S.Yu., Plaksin G.V. Sposob ochistki tekhnologicheskikh rastvorov i stochnyh vod ot organicheskikh veshchestv: pat. RU 2110480 C1; opubl. 10.05.98 g. (CAN: 132:312945). URL: <http://sciact.catalysis.ru/ru/public/patent/6096> (data obrashcheniya: 20.02.2019).

---

---

# БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

---

---

## К ВОПРОСУ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

**М.Ю. Пакляченко, кандидат технических наук.  
Воронежский институт МВД России**

Рассматривается законодательное регулирование обеспечения безопасности объектов топливно-энергетического комплекса и регламент контроля за выполнением субъектами топливно-энергетического комплекса требований по обеспечению безопасности. Отмечаются актуальные вопросы, проблематика которых кроется в неоднозначности толкования правовых норм, а также рассогласованности действий субъектов правоотношений в сфере топливно-энергетического комплекса.

*Ключевые слова:* топливно-энергетический комплекс, безопасность, преступность, полиция, контроль

## THE QUESTION OF STATUTORY REGULATION THE FUEL-POWER COMPLEX OBJECTS

M.Yu. Paklyachenko. Voronezh institute of Ministry of the Russian Interior

The legislative regulation of the fuel-power complex objects security is considered. The control regulations over safety requirements by the subjects of fuel-power complex are presented. The topical issues of ambiguity problem in interpretation of law and matching fault of conducts by the side of subjects legal arrangement in the fuel-power complex are noted.

*Keywords:* fuel-power complex, security, criminality, police, control

Для успешного развития и функционирования государства одно из первостепенных значений имеет топливно-энергетический комплекс (ТЭК), который представляет собой систему нескольких взаимодействующих отраслей электроэнергетики и топливной промышленности, специализированных видов транспорта и объектов теплоснабжения, газоснабжения и нефтепродуктообеспечения. Значение ТЭК в хозяйстве России исключительно велико, потому как именно он снабжает энергией и другими важными ресурсами все отрасли хозяйства, является главным поставщиком валюты в Россию.

При анализе и прогнозе развития потенциала ТЭК учитывается широкий спектр факторов [1]; отдельного внимания заслуживают вопросы обеспечения безопасности объектов ТЭК, включенные в ранг приоритетных.

В июле 2011 г. после вступления в силу Федерального закона от 21 июля 2011 г. № 256-ФЗ «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» (ФЗ № 256-ФЗ) были определены организационно-правовые начала и принципы по направлению обеспечения безопасности указанных объектов в целях предотвращения осуществления

актов незаконного вмешательства, а также обозначены полномочия государственных органов в указанной сфере.

Основной целью указанного закона явилось определение организационных основ и рамок для стабильной и безопасной деятельности субъектов ТЭК, обеспечения защиты интересов граждан и государства от актов незаконного вмешательства в сфере топливной энергетики.

Содержание и структура закона в идеологическом направлении ориентированы на предотвращение терактов и иных внешних воздействий на объекты ТЭК, а также аварий и преступных посягательств, в том числе в сфере информационных и телекоммуникационных технологий.

Стоит отметить, что в современных условиях энергетическая безопасность для России является одной из принципиально значимых составляющих национальной безопасности, а за ее нарушение предусмотрены уголовная и административная ответственность.

Так, Закон от 21 июля 2011 г. № 257-ФЗ Уголовного кодекса Российской Федерации дополнен нормой 217.1 «Нарушение требований обеспечения безопасности и антитеррористической защищенности объектов ТЭК».

В диспозиции предусмотрен ряд составов преступлений [2]:

1) нарушение требований, в результате которых по неосторожности было осуществлено причинение тяжкого вреда здоровью человека или причинение ущерба в крупном размере;

2) указанное деяние, в результате которого наступила смерть одного человека;

3) деяние, в результате которого наступила смерть двух или более человек.

Спектр наказаний варьируется от штрафа, ограничения свободы с лишением права занимать определенные должности или заниматься определенной деятельностью до лишения свободы сроком не более семи лет.

При отсутствии предусмотренных последствий подобное нарушение требований антитеррористической защищенности объектов ТЭК, а также правил обеспечения их безопасности образует состав административного правонарушения по ст. 20.30 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях [3].

Законодательно сформулированы приоритетные задачи обеспечения безопасности объектов ТЭК, среди которых указано «осуществление федерального государственного контроля (надзора) за обеспечением безопасности объектов ТЭК», который, согласно ст. 2 Закона «О войсках национальной гвардии Российской Федерации» и иным нормативно-правовым актам, осуществляется сотрудниками Росгвардии, имеющими специальные звания полиции.

Согласно нормативному акту, изданному Правительством Российской Федерации, «Об утверждении Правил осуществления Федеральной службой войск национальной гвардии Российской Федерации и ее территориальными органами федерального государственного контроля (надзора) за обеспечением безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» мероприятия по контролю включают следующие действия (административные процедуры) уполномоченного сотрудника:

– рассмотрение документов субъекта ТЭК;

– проверка объектов на предмет удовлетворения их технического и организационного состояния требованиям по антитеррористической защищенности и обеспечению безопасности в соответствии с ФЗ № 256-ФЗ.

Среди проверяемых документов прерогатива отдается паспорту безопасности объектов ТЭК, который составляют субъекты по результатам выполненного категорирования своего объекта ТЭК и на основании оценки реализованных в достаточной степени инженерных и технических работ, а также мероприятий по организации защиты физическими методами и охраны объекта ТЭК от угроз террористического характера согласно требованиям, которые определены Правительством Российской Федерации.

В указанном информационно-справочном документе, отображающем реальное состояние безопасности объекта ТЭК, содержится его характеристика и категория, перечислены возможные последствия в случае реализации акта незаконного вмешательства в процессы функционирования и эксплуатации объекта, дано подробное описание технических систем его защиты, содержатся выводы и рекомендации по вопросам обеспечения безопасности.

Важно отметить, что сведения, содержащиеся в паспортах безопасности объектов ТЭК, являются информацией, доступ к которой ограничен в соответствии с законодательством.

Несмотря на то, что концепция, идеология, построение многих нормативно-правовых актов в области обеспечения объектов ТЭК ориентированы на недопущение аварий и различных внешних деструктивных воздействий на объекты ТЭК, к данному моменту нельзя резюмировать о полной нормативной определенности в вопросах правовой регламентации всех процедур и действий в указанной сфере.

Так, в частности, многими субъектами правоотношений в сфере ТЭК отмечается, что перечень задач, упомянутый в законе «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса», выглядит несколько бессистемно. Однако большинством субъектов ТЭК сформированы планы и программы по приведению объектов в соответствие его требованиям, принимаются меры по их оснащению инженерно-техническими средствами охраны и физической защиты, предусматриваются необходимые ресурсы.

Продолжением первичных норм права, установленных ФЗ № 256-ФЗ, явился ряд подзаконных правовых актов, таких как: постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении Правил по обеспечению безопасности и антитеррористической защищенности объектов топливно-энергетического комплекса» 2012 г. и «Об утверждении Правил осуществления Федеральной службой войск национальной гвардии Российской Федерации и ее территориальными органами федерального государственного контроля (надзора) за обеспечением безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» 2016 г., Приказ Росгвардии «Об утверждении Административного регламента исполнения Федеральной службой войск национальной гвардии Российской Федерации государственной функции по осуществлению федерального государственного контроля (надзора) за обеспечением безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» 2017 г. (Административный регламент) и др.

За время, прошедшее с момента принятия указанных актов, правоприменителями был отмечен ряд вопросов и сложностей, возникающих в процессе контрольной деятельности.

Согласно положениям Административного регламента результатом исполнения государственной функции и деятельности уполномоченных сотрудников Росгвардии является:

1) установление соответствия или несоответствия состояния объектов ТЭК требованиям безопасности вместе с составлением акта проверки;

2) в случае выявления нарушений:

– составление и выдача субъекту ТЭК предписания об устранении выявленных нарушений (предписания);

– составление и выдача субъекту ТЭК протокола об административном правонарушении;

– превентивная и контролирующая деятельность за устранением выявленных нарушений.

На текущий момент отмечается низкий уровень исполнения субъектами ТЭК предписаний, а причинами их несвоевременного выполнения, как правило, являются нехватка у субъектов бюджета на устранение нарушений, требующих значительных денежных вложений; реализация рутинных и длительных мероприятий по разработке и утверждению организационной, распорядительной и технической документации.

Следует отметить, что если регламент обеспечения физической защищенности объектов ТЭК не провоцирует различного понимания со стороны субъектов ТЭК и, соответственно, контролирующих органов в своей реализации, то вопросы обеспечения информационной безопасности, некорректное восприятие которых, очевидно, будет являться причиной возникновения преступности в сфере информационных и телекоммуникационных технологий, являются крайне актуальными.

Так, например, если речь идет об объекте, информация о котором относится к информации ограниченного доступа, то необходимо реализовать нормы и положения законодательства о защите информации. Однако в современных реалиях далеко не все субъекты ТЭК адекватно воспринимают требования по предупреждению информационной преступности, в том числе в сфере информационных и телекоммуникационных технологий.

Здесь стоит также отметить, что аспекты контроля за реализацией защищенности информации на объектах ТЭК не включены в регламент действий уполномоченных сотрудников. На данный момент контроль соблюдения требований нормативно-правовых актов, таких, например, как Приказ Федеральной службы по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК) № 31 «Об утверждении Требований к обеспечению защиты информации в автоматизированных системах управления производственными и технологическими процессами на критически важных объектах, потенциально опасных объектах, а также объектах, представляющих повышенную опасность для жизни и здоровья людей и для окружающей природной среды», осуществляется ФСТЭК России.

Таким образом, предприятия ТЭК совершают значительное число действий по оформлению однотипных документов и исполнению схожих требований (дополнительный пример: субъекты составляют паспорт безопасности объекта ТЭК по положениям закона «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» и паспорт антитеррористической защищенности по положениям Федерального закона «О противодействии терроризму»).

Выходом из сложившейся ситуации видится проведение систематической балансировки и гармонизации требований нормативно-правовых актов и унификации порядка осуществления процедур составления документов с последующей их интеграцией.

В заключении необходимо отметить, что практический опыт органов, осуществляющих государственный контроль за обеспечением безопасности, а также многочисленные научные исследования в области защиты критически важных и стратегически значимых объектов государства показывают, что наиболее эффективным методом защиты является совокупность использования инженерных средств и технических средств охраны и безопасности, куда также целесообразно включить средства защиты информации. В таком интегрированном формате работы систем обеспечения безопасности достигается своевременное обнаружение нештатной ситуации, угрозы или атаки; быстрое принятие решения о реагировании сил охраны и, соответственно, максимальная степень защиты объекта, качественное проведение контроля за соблюдением ответственными лицами или субъектами требований законодательства о безопасности.

### **Литература**

1. Прогноз научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России на период до 2035 года (утв. Минэнерго России 14 окт. 2016 г.). URL: <http://docs.cntd.ru/document/456026524> (дата обращения: 11.09.2018).

2. Уголовный кодекс Рос. Федерации от 13 июня 1996 г. № 63-ФЗ (в ред. от 19 февр. 2018 г.). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_10699/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/) (дата обращения: 10.09.2018).

3. Кодекс Рос. Федерации об административных правонарушениях от 30 дек. 2001 г. № 195-ФЗ (в ред. от 7 марта 2018 г.). URL: <http://base.garant.ru/12125267/> (дата обращения: 10.09.2018).

## References

1. Prognoz nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya otraslej toplivno-ehnergeticheskogo kompleksa Rossii na period do 2035 goda (utv. Minehnergo Rossii 14 okt. 2016 g.). URL: <http://docs.cntd.ru/document/456026524> (data obrashcheniya: 11.09.2018).
2. Ugolovnyj kodeks Ros. Federacii ot 13 iyunya 1996 g. № 63-FZ (v red. ot 19 fevr. 2018 g.). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_10699/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/) (data obrashcheniya: 10.09.2018).
3. Kodeks Ros. Federacii ob administrativnyh pravonarusheniyah ot 30 dek. 2001 g. № 195-FZ (v red. ot 7 marta 2018 g.). URL: <http://base.garant.ru/12125267/> (data obrashcheniya: 10.09.2018).

# **ПЫЛЕВЗРЫВОЗАЩИТА ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ: ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ, ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ**

**В.А. Родионов, кандидат технических наук, доцент;**

**Р.Д. Магомет, кандидат технических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский горный университет.**

**Ф.А. Дементьев, кандидат технических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС**

Проанализирована взаимосвязь увеличения роста добычи каменного угля и производственного травматизма. Выполнен анализ литературных данных по причине возникновения чрезвычайных ситуаций и гибели персонала угольных шахт. На основе анализа установлено, что в 25 % случаев, связанных с массовой гибелью шахтеров, причиной аварий послужили внезапные выбросы метана и взрывы как метановоздушных, так и пылевоздушных масс горных выработок. По литературным данным установлено, что увеличение нагрузки на очистной забой приводит к более интенсивному пылеобразованию, повышению концентрации аэрозольных частиц в горных выработках. Данный факт подтвердил взаимосвязь роста объемов производств с увеличением количества заболеваний бронхолегочной системы горнорабочих. Полученные данные позволили авторам выдвинуть предположение, что каменноугольная пыль по своим комплексным факторам является наиболее опасной в шахтной атмосфере. Поэтому на основании аналитических данных, полученных авторами статьи, была высказана необходимость всестороннего изучения систем пылевзрывозащиты угольных шахт. Данные, полученные авторами статьи, по оценке достоинств и недостатков существующих систем пылевзрывозащиты угольных шахт подтвердили целесообразность работы по направлению исследования взрывоопасных свойств каменноугольной пыли и влияния на параметры взрыва применяемой в настоящее время в системах защиты инертной пыли. В работе приведены данные по дисперсности каменноугольной пыли, при которой наблюдаются максимальное давление взрыва и скорость нарастания давления взрыва. Определение данных параметров проводили в 20 л сферической взрывной камере. Полученные результаты показали необходимость поиска новых путей, так как при добавлении только очень больших концентраций инертной пыли удалось добиться снижения давления взрыва до безопасных значений. Поэтому на основе оценки влияния концентраций инертной пыли в образце угольной пыли авторами статьи высказано предположение как о необходимости совершенствования защитных свойств инертной пыли, так и о возможности повышения данных свойств за счет введения в ее состав мощных ингибиторов процессов возникновения и распространения поражающих факторов взрыва по системе горных выработок.

*Ключевые слова:* инертная пыль, осланцевание, пылевзрывозащита, взрыв, максимальное давление взрыва, угольная пыль, скорость нарастания давления при взрыве, аэрозоль, дефлаграционное горение, детонация

## **DUST-EXPLOSION PROTECTION OF EXCAVATIONS OF COAL MINES: MERITS AND DEMERITS, WAYS OF IMPROVEMENT**

V.A. Rodionov; R.D. Magomet. Saint-Petersburg mining university.

F.A. Dementev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In the present article the interrelation of increase in growth of extraction of coal and occupational injuries is analyzed. The analysis of literary data on an origin of emergency

situations and death of personnel of coal mines is made. On the basis of the analysis it is established that in 25 % of cases of the accidents connected with mass death of miners sudden emissions of methane and explosions, both the metanovozdushnykh, and the pylevozdushnykh of mass of excavations caused. According to literary data it is established that increase in load of a clearing face, leads to more intensive dust formation, increase in concentration of aerosol particles in excavations. This fact confirmed interrelation of growth of volumes of productions with increase in quantity of diseases of a bronchopulmonary system of miners. Data retrieved allowed authors to make the assumption that coal dust on the complex factors is the most dangerous in the mine atmosphere. Therefore on the basis of analytical data the received authors of article was need comprehensive studying of systems of dust-explosion protection of coal mines is stated. The data obtained by authors of article according to merits and demerits of the existing systems of dust-explosion protection of coal mines confirmed expediency of work on the direction of a research of explosive properties of coal dust and influence on parameters of explosion of the protection of inert dust applied now in systems. Data on dispersion of coal dust at which the maximum pressure of explosion and rise speed of pressure of explosion are observed are provided in work. Data definition of parmetr was carried out to 20 l to the spherical explosive chamber. The received results showed need of search of new ways as when adding only very big concentration of inert dust was succeeded to achieve pressure decrease of explosion to secure values. Therefore, on the basis of impact assessment of concentration of inert dust in a sample of coal dust by authors of article it is suggested, as about need of improvement of protective properties of inert dust, and about a possibility of increase in these properties due to introduction to its composition of powerful inhibitors of processes of emergence and distribution of the striking explosion factors on the system of excavations.

*Keyword:* inert dust, rock dusting, dust-explosion protection, explosion, maximum pressure of explosion, coal dust, pressure rise speed at explosion, aerosol, deflagrations burning, a detonation

Увеличение объемов добычи каменного угля, обеспечиваемое применением современного высокопроизводительного оборудования, обостряет проблему промышленной безопасности ведения горных работ. Увеличение грузопотоков в подземных условиях, наряду с ростом глубины работ, сопровождается повышенным газовыделением и пылеобразованием, что существенно снижает эффективность применяемых средств обеспечения пыле-метано-взрывобезопасности [1, 2].

Анализ произошедших за последние десять лет аварий на предприятиях минерально-сырьевого комплекса Российской Федерации показывает, что более 25 % от общего числа аварий связаны со вспышками, взрывами метановоздушных и пылеметановоздушных смесей. При этом в результате именно данных аварий жертвами стали 84 % горняков от общего числа погибших при авариях за отмеченный отрезок времени [1–3].

Кроме того, увеличение нагрузки на очистной забой приводит к более интенсивному пылеобразованию, повышению концентрации аэрозольных частиц в горных выработках, что повышает количество заболеваний бронхолегочной системы горнорабочих (кониозы и бронхиты различной этиологии). При постоянной работе в такого рода условиях возникает риск как инвалидизации, так и преждевременных летальных исходов среди работников горно-шахтной отрасли.

Повысить уровень пыле-метано-взрывобезопасности действующих угольных шахт возможно при условии комплексного подхода совершенствования управления безопасностью и риском, технологическими процессами подземной добычи угля, средств и способов взрывозащиты горных выработок.

## Методологический подход

Мероприятия пылевого режима угледобывающего предприятия, направленные на предупреждение образования взрывоопасного пылевого облака и возникновения источников воспламенения, определяют:

– перечень мероприятий, направленных на устранение (снижение) источников пылеобразования;

– перечень мероприятий, направленных на нейтрализацию взрывчатых свойств осевшей угольной пыли в выработках (побелка выработок, инертизация угольной пыли, обмывка выработок водой или раствором смачивателя, связывание угольной пыли применением различных паст);

– перечень мероприятий по локализации возникших взрывов пыли (применение сланцевых и водяных заслонов, автоматических систем взрывоподавления и локализации);

– перечень мероприятий, обеспечивающих предотвращающие появления источников воспламенения угольной пыли и газа [2–4].

Анализ применяемых в настоящее время на действующих угледобывающих предприятиях способов пылевзрывозащиты (на примере шахты им. А.Д. Рубана АО «СУЭК-Кузбасс») показал, что в зависимости от конкретных горногеологических и горнотехнических условий наиболее широкое применение получили инертизация взрывчатых свойств угольной пыли путем осланцевания выработок и гидропылевзрывозащита [1, 3, 5, 6].

Таким образом, можно заключить, что чаще всего осуществляются следующие мероприятия:

– осланцевание выработок, побелка или обмывка выработок;

– установка водяных и сланцевых взрыволокализирующих заслонов.

Целесообразность каждого из перечисленных мероприятий определяется для конкретной выработки в зависимости от срока службы, габаритов, обводненности, наличия транспортных коммуникаций и т.д. [4, 5].

В целях оптимизации результатов анализа эффективности мероприятий пылевзрывозащиты угольных шахт, анализ проводился с применением коэффициента эффективности ( $S \geq 1$ ).

Коэффициент эффективности пылевзрывозащиты:

$$S = \frac{X_w}{X_s},$$

где  $X_w$  – весовая эффективность действия воды, выраженная числом весовых единиц чистой угольной пыли, защищенной весовой единицей воды;  $X_s$  – аналогичная весовая эффективность действия твердых негорючих частиц.

Таким образом, распределение коэффициента эффективности мероприятий: осланцевание – 1, связывание растворами/пастами -1,8–3,6, туманообразующие завесы –  $\infty$ , побелка – 1.

Наиболее простым и эффективным на сегодняшний день являются мероприятия по сланцевой пылевзрывозащите.

Однако реальный опыт применения каждого из мероприятий выявил ряд недостатков:

– при обработке связывающими пастами бортов выработки они покрывались новыми слоями осаждающейся пыли довольно быстро. При этом дополнительным отрицательным аргументом служит неполное соответствие санитарно-гигиеническим требованиям применяемых паст, их высокая стоимость, низкая биоразлагаемость и недостаточная изученность влияния на организм человека;

– применение туманообразователей эффективно при их установке непосредственно у источника пылеобразования (на пересыпах с конвейера на конвейер,

на нижнем и верхнем сопряжениях лавы), а в условиях полной конвейеризации шахт именно транспортируемая горная масса является преобладающим источником пылевыделения (протяженность подготовительных выработок составляет в среднем более 2 500 м). Необходимое избыточное количество туманообразователей оказывает влияние на климатические условия в выработках;

– мероприятия пылеподавления, основанные только на принципах орошения, с современной интенсивностью пылеобразования не справляются, а избыточное применение воды сказывается негативно на санитарно-гигиенических условиях в подземных горных выработках;

– применение инертной пыли (ИП) для разбавления угольной практикуется на протяжении достаточно долгого периода. Сланцевая пыль (СП) эффективно поглощает тепло, тем самым предотвращает развитие взрыва угольной пыли. Вопрос влияния СП на организм человека хорошо изучен. Использование сланцевой инертной пыли (СИП) отличается низкой стоимостью и доступностью. Далее под ИП и СИП подразумевается пыль марки ПИГ [5–7].

С целью доказать необходимость поиска новых или совершенствования существующих способов разбавления взрывоопасных пылеугольных аэрозвесей, образующихся в угольных шахтах, решено было выполнить ряд экспериментов. Научно-исследовательская часть экспериментальной работы состояла в изучении изменения давления взрыва каменноугольных аэрозвесей от концентрации в них СИП. Кроме того, требовалось определить возможность снижения количества применяемой ИП.

### Экспериментальные результаты и их обсуждение

Научно-технические исследования процессов детонационного горения каменноугольного воздушного аэрозоля проводили на установке, сделанной на основании австрийской лицензии Институтом промышленной взрывозащиты (Китай), установленной в Санкт-Петербургском горном университете.

На установке был осуществлен эксперимент по исследованию процессов детонационного воспламенения заданных концентраций угольной и сланцевой пыли для определения наиболее эффективных соотношений.

Воспламенение контрольного образца пылеугольной и исследуемых образцов (угольная пыль + СИП) осуществлялось с помощью химических воспламенителей мощностью 10 kJ [6, 8, 9–12].

Система испытаний сферического взрыва ETD-20L DG (рис. 1) и разработанный алгоритм работы на установке позволяет определить:

–  $P_{ex}$  – максимальное избыточное давление взрыва, возникающее при сгорании смесей газо-, паро- или пылевоздушного состава в дефлаграционном режиме в объеме взрывной камеры при начальном давлении смеси 101,3 кПа;

–  $P_{max}$  – наибольшее значение давления взрыва (максимальное давление взрыва), определенное экспериментально в рамках взрывного диапазона концентрации пыли, МПа. Максимальное давление взрыва ( $P_{max}$ ) рассчитывается программными методами автоматическим пересчетом из  $P_{ex}$ ;

–  $dP/dt$  – отношение приращения давления, развиваемого при взрыве в замкнутом сосуде, к интервалу времени, в течение которого это приращение произошло (скорость нарастания давления при взрыве), МПа/с;

–  $K_{st}$  – трансформационный коэффициент (постоянная Бартнехта), позволяющий классифицировать пыль по параметрам взрываемости аэрозоля, и выполнить расчет характеристик взрыва для больших объемов, МПа\*м/с [7, 8, 13].

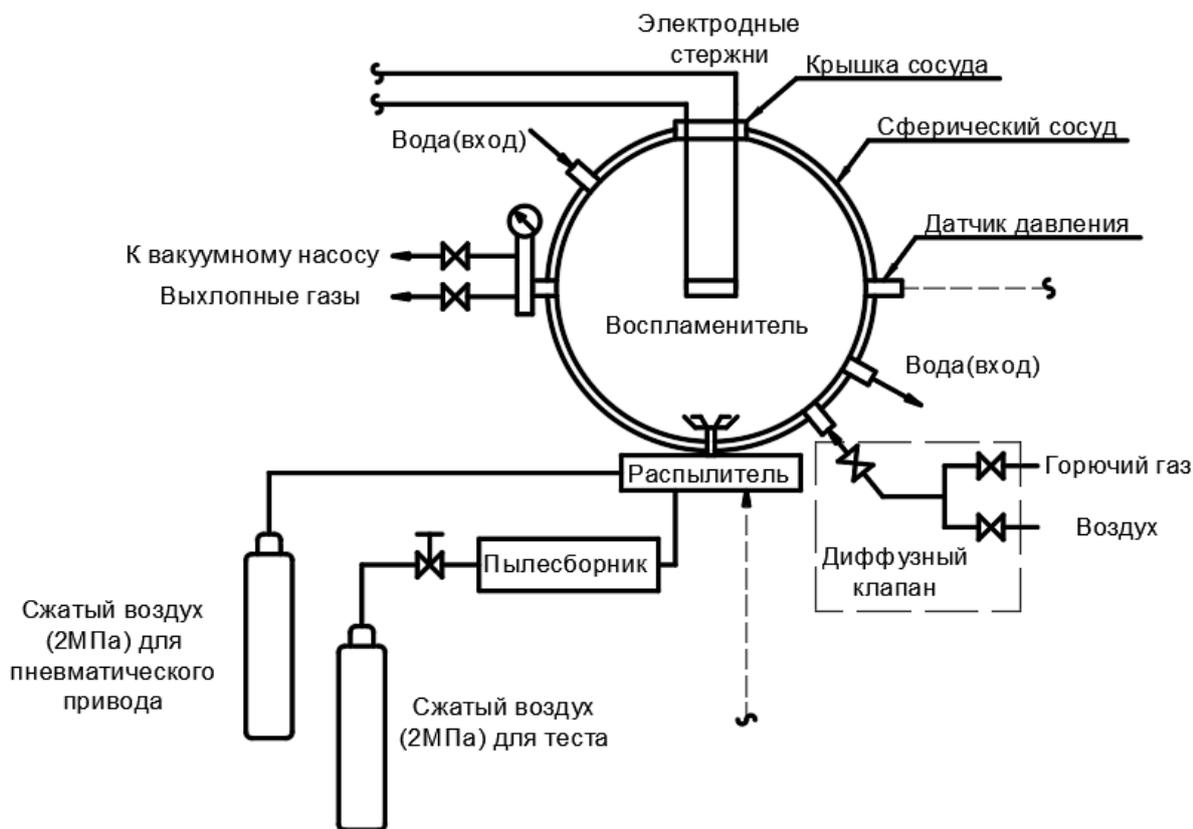


Рис. 1. Схема установки для исследования показателей взрывопожароопасности горючих пылей

В ходе эксперимента проведена серия опытов, с различным соотношением угольной и ИП (табл.).

Контрольный образец угольной пыли представлял собой каменный уголь марки Д (длиннопламенный).

Для получения экспериментального материала проводили ряд промежуточных операций. Во избежание морфологических и физико-химических изменений в анализируемом образце все экспериментальные работы проводились в кратчайшие сроки.

Для получения образца требуемой дисперсности проводили гранулометрический рассев. На этапе пробоподготовки герметично упакованный отбитый от груди забоя шахты образец каменного угля доставляли в лабораторию. Подвергали измельчению на дробильной установке. Проводили гранулометрический рассев. Для дальнейшей работы отбирали требуемую по дисперсности фракцию, с которой и осуществляли все необходимые в дальнейшем действия.

С помощью прикладного программного обеспечения проводили обработку полученных результатов. По полученному массиву данных выполняли построение графиков зависимости давления взрыва ( $P_{взр}$ ) пылевоздушной смеси от концентрации и фракционного состава угольной пыли (рис. 2) и времени детонационного горения пылегазовой смеси (рис. 3).

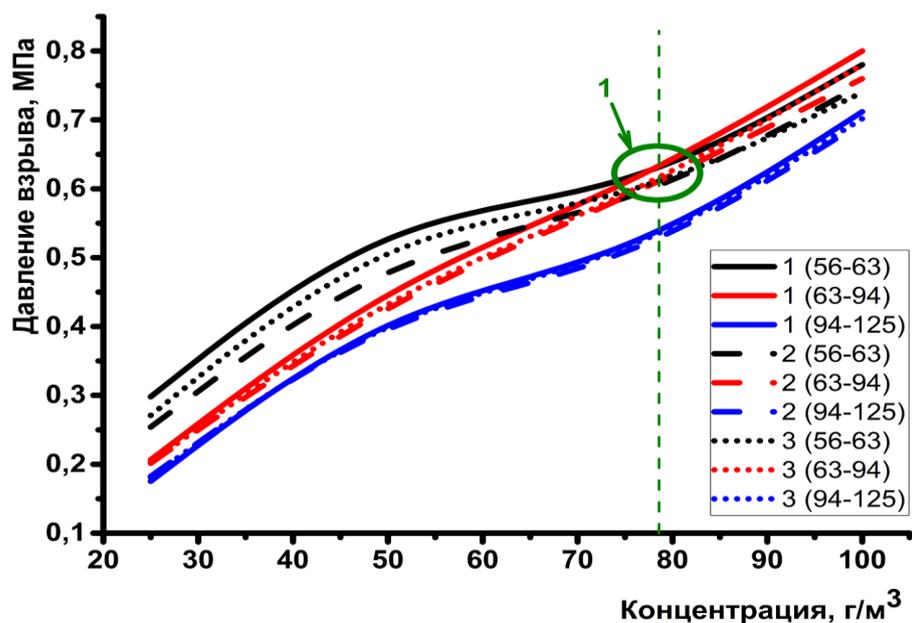


Рис. 2. График зависимости давления взрыва пылевоздушной смеси от концентрации и дисперсности угольной пыли

Зона 1, выделенная на графике, – зона равенства давлений взрыва, фракций дисперсности 56–63 и 63–94 мкм при концентрации пыли в области 76–80 г/м<sup>3</sup>.

В результате экспериментального исследования было установлено, что фракции менее 94 мкм представляют большую опасность, так как имеют большее давление взрыва. Кроме того, для фракций пыли с размерами более 94 мкм установлен факт того, что давление взрыва не зависит от марки угля для пылей дисперсностью более 100 мкм. Согласно полученным данным необходимо большее внимание уделить фракциям дисперсностью менее 63 мкм, так при концентрациях менее 70 г/м<sup>3</sup> давление взрыва у них более высокое, чем у образцов 1, 2 и 3 пыли дисперсностью 63–94 мкм. Необходимо обратить внимание на то, что при концентрациях пыли более 80 г/м<sup>3</sup> давление взрыва становится больше, чем у фракций 56–63 мкм.

На основании полученных результатов авторы считают, что дальнейшую работу по определению факторов взрыва необходимо проводить с фракциями пыли менее 63 мкм в области низких концентраций (менее 70 г/м<sup>3</sup>), а для фракций пыли 63–94 мкм в области высоких концентраций (более 80 г/м<sup>3</sup>).

В результате выполненных исследований с данным образцом каменного угля для дальнейших исследований отобрали пробу фракционного состава 63–94 мкм. Именно в данном интервале наблюдали максимальные характеристики процесса детонационного сгорания каменноугольной пыли. Полученные результаты подтверждаются рекомендациями [12] и данными работ [3, 8, 13, 14], также хорошо согласуются с результатами, изложенными в [2, 3, 15–19].

Дальнейшие исследования по влиянию концентрации ИП на поражающие факторы волны дефлаграционного/детонационного горения проводили для различных соотношений инертной и угольной пыли (на 2 г УГ приходилось 2, 4, 6 и 8 г ИП соответственно, результаты в таблице).

В качестве инертной добавки применяли – ИП (комбинированный состав, включающий в себя сланец+доломит+известняк), одобренную «Центральной углехимической лабораторией» г. Киселевска для использования в горно-геологических условиях шахты марки ПИГ в соответствии с ГОСТ Р 51569.

Данная пыль обладает высокой степенью гидрофобизации и предназначена для применения в обводненных выработках и местах высокого пылеобразования, рекомендована

к применению в угледобывающей и углеперерабатывающей промышленности для предупреждения и гашения взрывов угольной пыли.

Таблица

№ п/п	Масса угольной пыли, g	Масса ИП, g	Максимальное давление, МПа	Скорость нарастания давления взрыва, МПа/s
1	2	2	0,458	17,80
2		4	0,395	12,41
3		6	0,253	10,38
4		8	0,145	7,09
5		–	0,745	43,86

Визуализация полученных авторами статьи экспериментальных данных выполнена в среде OriginPro, так как имеющееся программное обеспечение «ExTest» не позволяет получать графические данные хорошего разрешения и проводить их дальнейшую математическую обработку. Обработка результатов возможна в широко распространённом пакете Microsoft Office с использованием приложения Excel [13].

Графические результаты, а именно зависимость динамики изменения давления взрыва от концентрации ИП в контрольном образце и давление взрыва контрольного образца представлены на рис. 2.

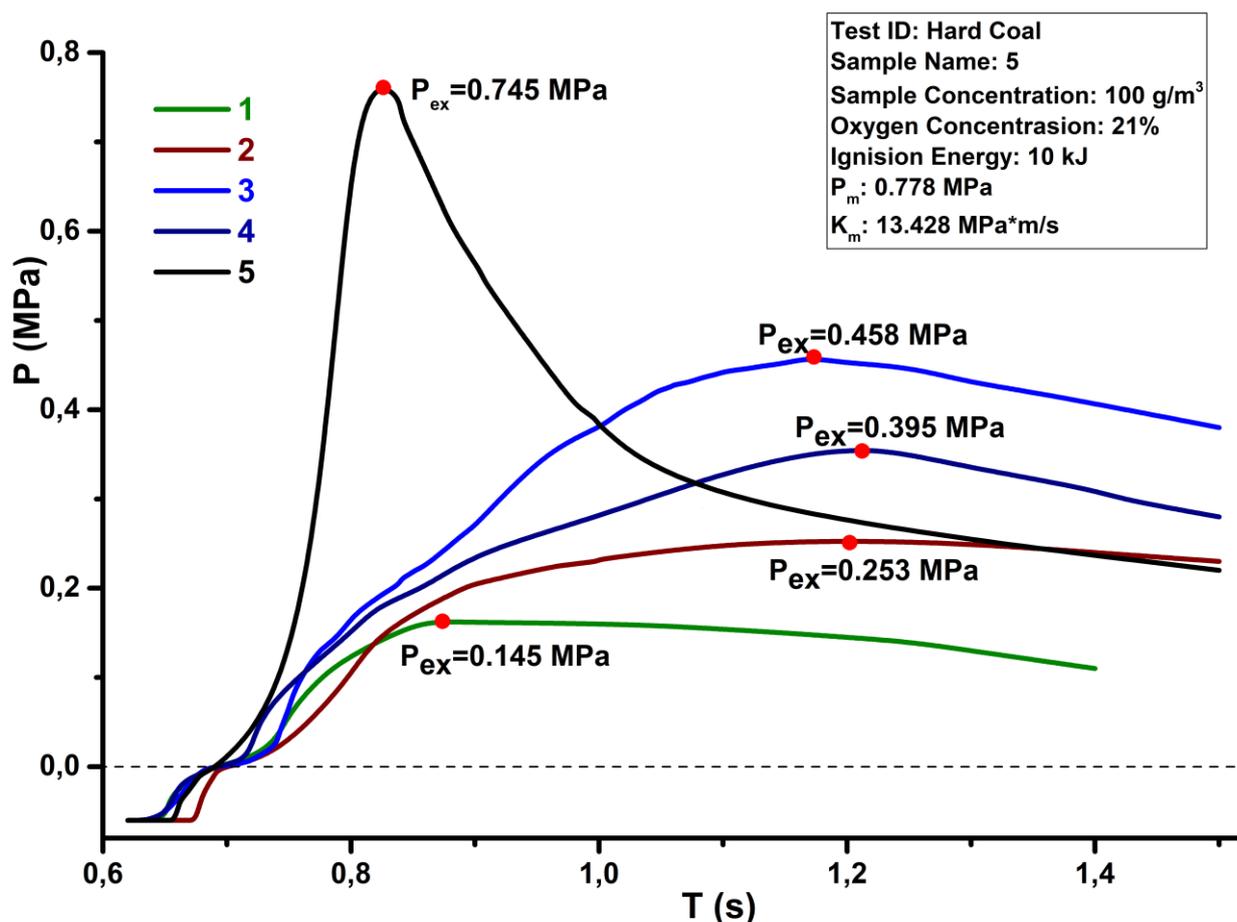


Рис. 3. График давления при постоянной концентрации угольной (5) и изменяющейся концентрации ИП (1–4)

При воспламенении чистой угольной пыли давление внутри взрывной камеры составило максимальное значение (0,745 МПа).

Разбавление контрольного образца ( $P_{ex}=0,745$  МПа) ИП до соотношения 1:1 недостаточно снижает параметры детонационного сгорания пыли до  $P_{ex}=0,458$  МПа.

Только при разбавлении контрольного образца ИП до соотношения 1:4 (2 g:8 g) происходит снижение опасных факторов взрыва до значения  $P_{ex}=0,14$  МПа.

Скорость нарастания давления при взрыве уменьшилась по сравнению с контрольным образцом с 43,86 МПа/с до 7,09 МПа/с, что свидетельствует о целесообразности применения СП в тех или иных концентрациях для целей взрывоподавления процессов распространения фронта волны детонационного горения по горным выработкам. Полученные результаты хорошо согласуются с результатами, полученными в работах [3, 8, 13, 14].

Таким образом, на основе проведенного эксперимента можно заключить, что из применяемых на сегодняшний день мероприятий по обеспечению пылевзрывобезопасности подземных выработок угольных шахт использование ИП при определенной концентрации, дисперсности и влажности позволяет наиболее эффективно предотвратить воспламенение и взрыв угольной пыли.

Однако авторы считают, что необходимо продолжить работу в данном направлении. Изучить вопрос введения в состав ИП ингибирующих добавок, позволяющих как повысить эффективность применения СП, так и уменьшить ее количество. Это, в свою очередь, позволит компенсировать экономические затраты на введение ингибиторов в состав ИП.

Совершенствование способов осланцевания горных выработок позволит повысить эффективность данного мероприятия и обеспечить более высокую степень пылевзрывозащиты угольных шахт и, как следствие, позволит предотвратить или уменьшить риск несчастных случаев со смертельным исходом в результате взрыва пылеугольных аэрозолей в пространстве горных выработок.

### Литература

1. Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке // Безопасность труда в промышленности. 2017. № 1. С. 82–87
2. Жихарев С.Я., Пихконен Л.В., Родионов В.А. Исследование взрывопожароопасных свойств каменного угля Прокопьевского месторождения Кузнецкого угольного бассейна // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. Сер.: Науки о Земле. 2017. № 3. С. 65–74.
3. Черечукин В.Г., Любомищенко Е.И. Теоретические исследования влияния выхода летучих веществ на определение концентрационных пределов взрывоопасности угольной пыли // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 5. С. 380–385.
4. Зубов В.П. Состояние и направления совершенствования систем разработки угольных пластов на перспективных угольных шахтах Кузбасса // Записки Горного института. 2017. Т. 225. С. 292–298.
5. Magomet R.D., Mironenkova N.A. Methane Problem of coal beds // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Т. 7. № 3. С. 2 276–2 284.
6. Пихконен Л.В., Родионов В.А., Жихарев С.Я. Определение взрывопожароопасных свойств каменного угля Ленинск-Кузнецкого Каменноугольного месторождения // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. Сер.: Науки о Земле. 2017. № 3. С. 74–84.
7. Лебецки К.А., Романченко С.Б. Пылевая взрывоопасность горного производства. М.: Горное дело ООО «Киммерийский центр», 2012. 464 с.
8. Родионов В.А., Пихконен Л.В., Жихарев С.Я. Дисперсность каменноугольной пыли марки Ж Воргашорского месторождения и её влияние на процесс термической деструкции // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2017. Т. 16. № 4. С. 350–356. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.4.6

9. Лилиана Медич Пейч, Хавьер Гарсия Торрент, Ниевез Фернандез Аньез, Хорзе Мартин Молина Эскобар. Предотвращение распространения взрывов метана и пыли в угольных шахтах // Записки Горного института. 2017. Т. 225. С. 307–313.
10. Hou B. Hydraulic fracture initiation theory for a horizontal well in a coal seam / Hou B., Chen M., Wang Z., Yuan J., Liu M. // Petroleum Science. 2013. Vol. 10. Issue 2. Pp. 219–225.
11. Zhao J. High production indexes and the key factors in coalbed methane production: A case in the Hancheng block, southeastern Ordos Basin, China / Zhao J., Thang D., Xu H., Lu Y., Tao S. // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2015. Vol. 130. Pp. 55–67.
12. BS EN 14034-1:2004+A1:2011 Determination of explosion characteristics of dust clouds. Part 1: Determination of the maximum explosion pressure  $P_{max}$  of dust clouds British Standard Date Views: 10 September 2018. URL: <https://clck.ru/FAR8u> (дата обращения: 11.02.2019).
13. Методика исследования влияния ингибирующих и флегматизирующих добавок на воспламеняемость и взрывчатость угольной пыли / В.А. Родионов [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (науч.-техн. журн.). 2018. № 5. С. 26–34. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-26-34.
14. Li Qingzhao, Zhai Cheng, Wu Haijin Investigation on coal dust explosion characteristics using 20 L explosion sphere vessels // Journal of China Coal Society. 2011. 36 p.
15. Karaoulis M., Revil A., Mao D. Localization of a coal seam fire using combined self-potential and resistivity data // International Journal of Coal Geology. Vol. 128–129. 1 August 2014. Pp. 109–118.
16. Explosion Characteristics Measurement of Combustible Dusts, 2012. Industrial Explosion Protection Institute, Northeastern University. Date Views: 10 December 2018. URL: <http://iepi.neu.edu.cn/Service/PDF/Explosion%20Characteristics%20Measurement.pdf>. (дата обращения: 11.01.2019).
17. Chen Y. Dynamic permeability change during coalbed methane production and its controlling factors / Chen Y., Liu D., Yao Y., Cai Y., Chen L. // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2015. Vol. 25. Pp. 335–346.
18. Research on characteristic parameters of coal dust explosion / Weiguoa Cao, Sen Xu, Liyuana Huang, Jianxinb Zang, Shanshana Qiu, Feng Pan // Procedia Engineering. 2012. Vol. 45. P. 442–447. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.08.183.
19. Lu T. Improvement of coal seam gas drainage by under-panel cross-strata stimulation using highly pressurized gas / Lu T., Wang Z., Yang H., Han Y., Sun X. // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2015. Vol. 77. Pp. 300–312.

## References

1. Promyshlennaya bezopasnost' predpriyatij mineral'no-syr'evogo kompleksa v XXI veke // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2017. № 1. S. 82–87
2. Zhiharev S.Ya., Pihkonen L.V., Rodionov V.A. Issledovanie vzryvopozharoopasnyh svojstv kamennogo uglja Prokop'evskogo mestorozhdeniya Kuzneckogo ugol'nogo bassejna // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki. Ser.: Nauki o Zemle. 2017. № 3. S. 65–74.
3. Cherechukin V.G., Lyubomishchenko E.I. Teoreticheskie issledovaniya vliyaniya vyhoda letuchih veshchestv na opredelenie koncentracionnyh predelov vzryvoopasnosti ugol'noj pyli // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'. 2016. № 5. S. 380–385.
4. Zubov V.P. Sostoyanie i napravleniya sovershenstvovaniya sistem razrabotki ugol'nyh plastov na perspektivnyh ugol'nyh shahtah Kuzbassa // Zapiski Gornogo instituta. 2017. Т. 225. S. 292–298.
5. Magomet R.D., Mironenkova N.A. Methane Problem of coal beds // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Т. 7. № 3. S. 2 276–2 284.
6. Pihkonen L.V., Rodionov V.A., Zhiharev S.Ya. Opredelenie vzryvopozharoopasnyh svojstv kamennogo uglja Leninsk-Kuzneckogo Kamennougol'nogo mestorozhdeniya // Izvestiya

Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki. Ser.: Nauki o Zemle. 2017. № 3. S. 74–84.

7. Lebecki K.A., Romanchenko S.B. Pylevaya vzryvoopasnost' gornogo proizvodstva. M.: Gornoe delo OOO «Kimmerijskij centr», 2012. 464 s.

8. Rodionov V.A., Pihkonen L.V., ZHiharev S.Ya. Dispersnost' kamennougol'noj pyli marki Zh Vorgashorskogo mestorozhdeniya i eyo vliyanie na process termicheskoy destrukcii // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo. 2017. T. 16. № 4. S. 350–356. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.4.6

9. Liliana Medich Pejch, Hav'er Garsiya Torrent, Nieves Fernandez An'ez, Horze Martin Molina EHskobar. Predotvrashchenie rasprostraneniya vzryvov metana i pyli v ugol'nyh shahtah // Zapiski Gornogo instituta. 2017. T. 225. S. 307–313.

10. Hou B. Hydraulic fracture initiation theory for a horizontal well in a coal seam / Hou B., Chen M., Wang Z., Yuan J., Liu M. // Petroleum Science. 2013. Vol. 10. Issue 2. Pp. 219–225.

11. Zhao J. High production indexes and the key factors in coalbed methane production: A case in the Hancheng block, southeastern Ordos Basin, China / Zhao J., Thang D., Xu H., Lu Y., Tao S. // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2015. Vol. 130. Pp. 55–67.

12. BS EN 14034-1:2004+A1:2011 Determination of explosion characteristics of dust clouds. Part 1: Determination of the maximum explosion pressure Pmax of dust clouds British Standard Date Views: 10 Septemberber 2018. URL: <https://clck.ru/FAR8u> (data obrashcheniya: 11.02.2019).

13. Metodika issledovaniya vliyaniya ingibiruyushchih i flegmatiziruyushchih dobavok na vosplamenaemost' i vzryvchatost' ugol'noj pyli / V.A. Rodionov [i dr.] // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauch.-tekhn. zhurn.). 2018. № 5. S. 26–34. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-26-34.

14. Li Qingzhao, Zhai Cheng, Wu Haijin Investigation on coal dust explosion characteristics using 20 L explosion sphere vessels // Journal of China Coal Society. 2011. 36 p.

15. Karaoulis M., Revil A., Mao D. Localization of a coal seam fire using combined self-potential and resistivity data // International Journal of Coal Geology. Vol. 128–129. 1 August 2014. Pp. 109–118.

16. Explosion Characteristics Measurement of Combustible Dusts, 2012. Industrial Explosion Protection Institute, Northeastern University. Date Views: 10 December 2018. URL: <http://iepi.neu.edu.cn/Service/PDF/Explosion%20Characteristics%20Measurement.pdf>. (data obrashcheniya: 11.01.2019).

17. Chen Y. Dynamic permeability change during coalbed methane production and its controlling factors / Chen Y, Liu D, Yao Y., Cai Y, Chen L. // Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2015. Vol. 25. Pp. 335–346.

18. Research on characteristic parameters of coal dust explosion / Weiguoa Cao, Sen Xu, Liyuana Huang, Jianxinb Zang, Shanshana Qiu, Feng Pan // Procedia Engineering. 2012. Vol. 45. P. 442–447. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.08.183.

19. Lu T. Improvement of coal seam gas drainage by under-panel cross-strata stimulation using highly pressurized gas / Lu T., Wang Z., Yang H., Han Y., Sun X. // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2015. Vol. 77. Pp. 300–312.

---

---

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

---

---

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ ГАЗОВ ПРИ ЗАХОРОНЕНИИ И ПЕРЕВОЗКЕ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

**А.Г. Хайдаров, кандидат технических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет).**

**Л.А. Королева, кандидат технических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Выполнено моделирование кинетики биопроцессов, происходящих при разложении твердых бытовых отходов при их транспортировке и захоронении. Рассмотрена пожаровзрывоопасность отходов. Получены зависимости изменений концентрации биомассы, выработки биогаза от времени при анаэробном и аэробном процессе. Проведена оценка чувствительности констант скоростей на ход протекания реакций разложения отходов.

*Ключевые слова:* твердые коммунальные отходы, пожаровзрывоопасность, биогаз, анаэробное и аэробное разложение, биомасса, чувствительность

## MODELING OF PROCESSES OF FORMATION GASES FIRE AND EXPLOSION HAZARD IN THE DISPOSAL AND TRANSPORTATION OF MUNICIPAL SOLID WASTE

A.G. Haydarov. Saint-Petersburg state institute of technology (technical university).

L.A. Koroleva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The modeling of the kinetics of the processes occurring in the decomposition of municipal solid waste during their transportation and disposal. The fire and explosion hazard of waste is considered. The fire and explosion hazard of waste is considered. The dependences of changes in biomass concentration, biogas production on time in the anaerobic and aerobic process were obtained. The assessment of sensitivity of the rate constants on the course of a reaction the decomposition of waste.

*Keywords:* municipal solid waste, fire and explosion hazard, biogas, anaerobic and aerobic decomposition, biomass, sensitivity

Постоянное увеличение населения Земли приводит к возрастанию воздействия на окружающую среду, в том числе вследствие образования большого количества отходов. Рост объема твердых коммунальных отходов (ТКО) обусловлен как ростом населения, так и увеличением объема отходов, приходящихся на одного человека. По данным зарубежных исследователей, в 1960 г. объем отходов на душу населения составлял приблизительно 1,2 кг, в 2012 г. – 2,97 кг.

Несмотря на огромные площади, которыми располагает Россия, бесконтрольный рост нелегальных свалок и приближение официальных свалок ТКО к населённым пунктам приводят к ухудшению экологической обстановки, возникновению пожаров и чрезвычайных ситуаций. Примерно пятая часть отходов, образующихся в нашей стране, приходится на столичный регион.

В настоящее время 85 % московского мусора захоранивается на полигонах, 14,5 % перерабатывается на мусоросжигательных заводах, 0,5 % выделяются при сортировке и как вторичное сырьё используется при дальнейшей переработке.

Действующие мусорные полигоны вокруг столицы и других городов перегружены. На них регулярно возникают пожары [1]. Например, в ноябре 2011 г. произошел пожар на полигоне ТКО в Ленинградской области на Волхонском шоссе. В июне 2013 г. – на городской свалке в г. Челябинске, в мае 2018 г. – на территории закрытого полигона ТКО «Сьяново-1» Серпуховского района, в июне 2018 г. – на мусорном полигоне «Непейно» в Дмитровском районе Московской области [2].

Увеличение количества отходов определяет необходимость поиска эффективных путей утилизации и снижения их опасности для человека и окружающей среды.

На сегодняшний день прорабатывается проект по вывозу мусора из Москвы и Санкт-Петербурга по железной дороге. На узловых грузовых станциях будут размещены мусоросортировочные комплексы, куда будут свозиться отходы, прессоваться и в вагонах вывозиться в другие регионы. Потенциальный объем вывоза отходов составляет до 3 млн т из Москвы и до 2 млн т из Санкт-Петербурга.

Фактором негативного влияния отходов на окружающую среду и человека является их пожаровзрывоопасность. Биохимическое разложение отходов повышает их температуру, что активизирует процессы химического окисления и ведет к дальнейшему повышению температуры за счет протекания экзотермических процессов. Кроме того, в процессе биodeградации органоенов твердых бытовых отходов (ТБО) ассоциациями микроорганизмов образуется биогаз, состоящий из метана 50–65 % об. и диоксида углерода [3]. Состав биогаза зависит от длительности хранения отходов.

Горючесть и взрывоопасность биогаза в первую очередь определяется содержанием в нем метана. Метан в смеси с воздухом воспламеняется в пределах 5,28–14,1 % об. [4]. Взрыву препятствуют некоторые компоненты биогаза, такие как азот и двуокись углерода. При наличии нескольких горючих компонентов, например, метана и водорода, вероятность взрыва может увеличиваться.

Причинами возникновения трудноликвидируемых пожаров при обращении отходов могут быть самовозгорание отходов, несанкционированные противоправные действия, неосторожное обращение с огнем, инциденты на прилегающих территориях, неправильные действия персонала, климатические и природные воздействия. Горение сопровождается выделением в атмосферу значительного количества токсичных веществ, например, оксидов углерода, серы, азота, полициклических углеводородов.

Авторами выполнено моделирование кинетики биопроцессов, происходящих при разложении ТБО в процессе их перевозки и захоронения. В основу расчетов положена модель Моно. Вычисления производились по методике, предложенной в работе [4]. Рассматривали аэробное и анаэробное разложение отходов. Исходили из предположения, что концентрация субстрата высокая ( $S \gg k_{S,N}$ ).

Скорость выработки анаэробной биомассы  $R_N$  [кг/м<sup>3</sup>/день] рассчитывали по уравнению:

$$R_N = \frac{\partial X_N}{\partial t} = k_{m,N} k_{temp,N} X_N - R_{D,N}, \quad (1)$$

где  $X_N$  – концентрация анаэробной биомассы [кг/м<sup>3</sup>];  $k_{m,N}$  – максимальная константа скорости анаэробного биораспада [день<sup>-1</sup>];  $k_{temp,N}$  – коррекционный фактор температуры для анаэробной биомассы;  $S$  – доступный субстрат [кг/м<sup>3</sup>];  $k_{S,N}$  – константа полунасыщения

субстрата для анаэробного роста [кг/м<sup>3</sup>];  $R_{D,N}$  – скорость разложения анаэробной биомассы [кг/м<sup>3</sup>/день].

Скорость выработки аэробной биомассы  $R_A$  [кг/м<sup>3</sup>/день] представлена уравнением:

$$R_A = \frac{\partial X_A}{\partial t} = k_{m,A} k_{temp,A} \frac{c_{O_2}}{k_{O_2} + c_{O_2}} X_A - R_{D,A}, \quad (2)$$

где  $X_A$  – концентрация аэробной биомассы [кг/м<sup>3</sup>];  $k_{m,A}$  – максимальная константа скорости аэробного биораспада [день<sup>-1</sup>];  $k_{temp,A}$  – коррекционный фактор температуры для аэробной биомассы;  $k_{s,A}$  – константа полунасыщения субстрата для аэробного роста [кг/м<sup>3</sup>];  $c_{O_2}$  – массовая концентрация кислорода [кг/м<sup>3</sup>];  $k_{O_2}$  – константа полунасыщения кислорода [кг/м<sup>3</sup>];  $R_{D,A}$  – скорость разложения аэробной биомассы [кг/м<sup>3</sup>/день].

Скорость разложения аэробной и анаэробной биомассы равна:

$$R_{D,N} = 0,05k_{m,N}(X_N - X_{N,0});$$

$$R_{D,A} = 0,05k_{m,A}(X_A - X_{A,0}),$$

где  $X_{N,0}$  и  $X_{A,0}$  – начальные концентрации анаэробной и аэробной биомассы соответственно, [кг/м<sup>3</sup>].

Когда анаэробные бактерии подвергаются воздействию кислорода, роста не наблюдается и уравнение (1) принимает следующий вид:

$$R_N = -0,05k_{m,N}(X_N - X_{N,0}).$$

Когда аэробным бактериям хватает кислорода в анаэробной стадии свалки, роста не наблюдается и уравнение (2) принимает следующий вид:

$$R_A = -0,05k_{m,A}(X_A - X_{A,0}).$$

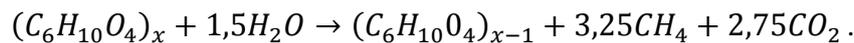
Коррекционный фактор температуры, входящий в биокинетические уравнения для анаэробного (1) и аэробного распада (2) определяли по формуле:

$$k_{temp} = \frac{(T - T_{max})(T - T_{min})^2}{(T_{opt} - T_{min})[(T_{opt} - T_{min})(T - T_{opt}) - (T_{opt} - T_{max})(T_{opt} + T_{min} - 2T)]},$$

где  $T$  – температура ТБО [К];  $T_{max}$  – максимальная температура для микробного роста [К];  $T_{min}$  – минимальная температура для микробного роста [К];  $T_{opt}$  – оптимальная температура для микробного роста [К].

Температуры при расчете коррекционного фактора определены в работе [4].

В данной модели для оценки скорости выработки метана и углекислого газа совместно с уравнением (1) использовалась следующая биохимическая реакция анаэробного распада:



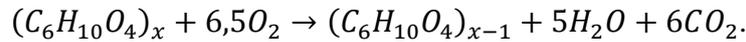
Получаемый газ производится только по мере роста анаэробных бактерий, поэтому время распада не учитывается:

$$\frac{R_{CO_2}}{2,75 \frac{M_{CO_2}}{M_{MSW}}} = \frac{R_N}{Y_{S/B,N}} = \frac{k_{m,N} k_{temp,N} X_N}{Y_{S/B,N}};$$

$$\frac{R_{CH_4}}{3,25 \frac{M_{CH_4}}{M_{MSW}}} = \frac{R_N}{Y_{S/B,N}} = \frac{k_{m,N} k_{temp,N} X_N}{Y_{S/B,N}},$$

где  $R_{CO_2}$  – скорость выработки углекислого газа [кг/м<sup>3</sup>/день];  $R_{CH_4}$  – скорость выработки метана [кг/м<sup>3</sup>/день];  $Y_{S/B,N}$  – коэффициент выхода субстрата/анаэробной биомассы [кг<sub>В</sub>/кг<sub>С</sub>].

Для оценки скорости расхода кислорода и выработки углекислого газа совместно с уравнением (2) использовалась следующая биохимическая реакция аэробного распада:



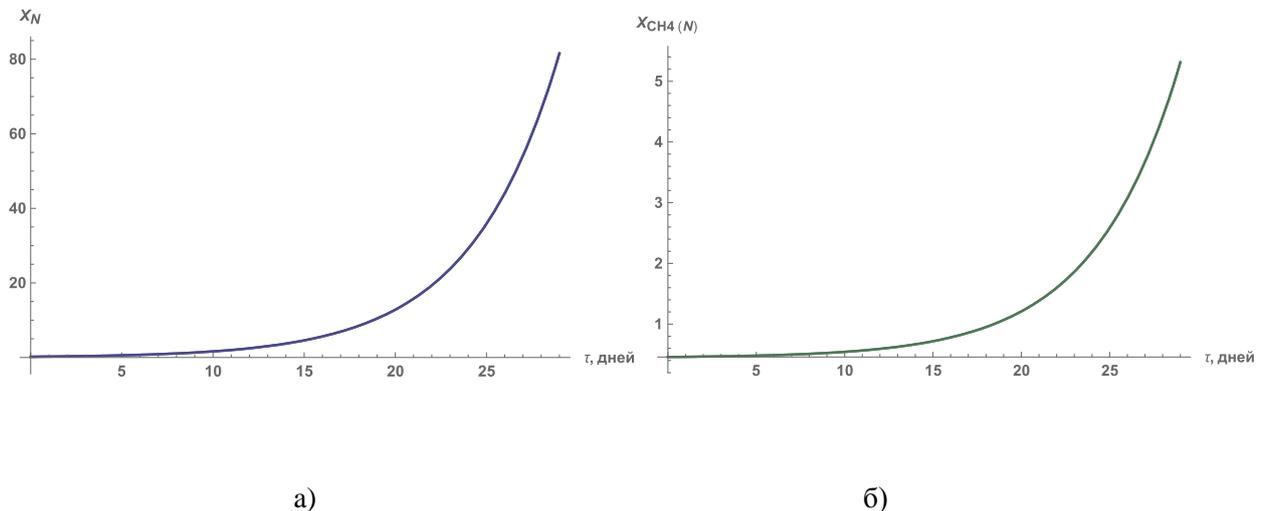
Газы расходуются и производятся только по мере роста аэробных бактерий, поэтому время распада не учитывается:

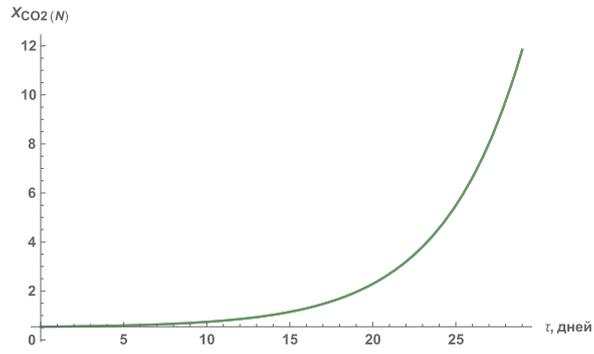
$$\frac{R_{O_2}}{-6,5 \frac{M_{O_2}}{M_{MSW}}} = \frac{R_A}{Y_{S/B,A}} = \frac{k_{m,A} k_{temp,A} \frac{x_{O_2}}{k_{O_2} + x_{O_2}} X_A}{Y_{S/B,A}};$$

$$\frac{R_{CO_2}}{6 \frac{M_{CO_2}}{M_{MSW}}} = \frac{R_A}{Y_{S/B,A}} = \frac{k_{m,A} k_{temp,A} \frac{x_{O_2}}{k_{O_2} + x_{O_2}} X_A}{Y_{S/B,A}},$$

где  $R_{O_2}$  – скорость расхода кислорода [кг/м<sup>3</sup>/день];  $Y_{S/B,A}$  – коэффициент выхода субстрата/аэробной биомассы [кг<sub>В</sub>/кг<sub>С</sub>]. Константы, используемые в биокинетических уравнениях, определены в работе [4].

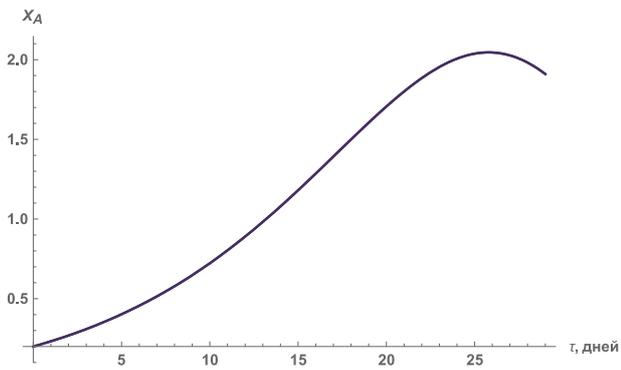
Полученные результаты, представленные на рис. 1, 2, позволяют прогнозировать скорость образования пожаровзрывоопасных газов, выработку и расход кислорода во времени.



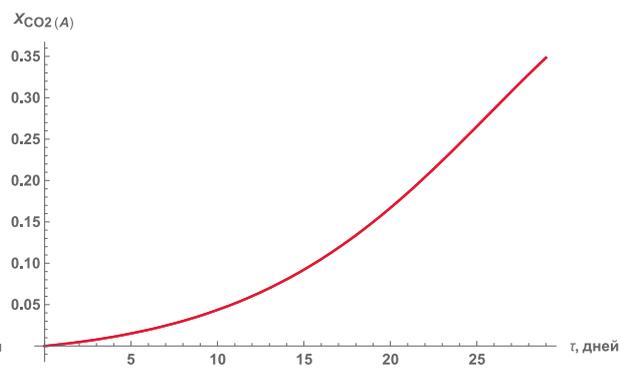


в)

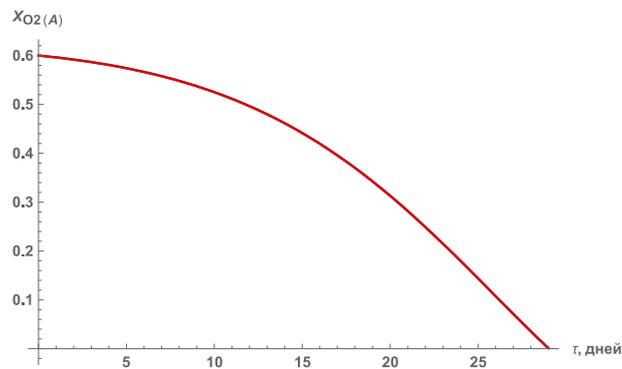
Рис. 1. Изменение концентрации биомассы (а), образования метана (б), двуокиси углерода (в) во времени для анаэробного процесса



а)



б)



в)

Рис. 2. Изменение концентрации биомассы (а), расхода кислорода (б) и образования углекислого газа (в) во времени для аэробного процесса

В целях исследования химических реакций образования взрывоопасных газов при перевозке и захоронении ТБО изучено влияние изменения значения констант скоростей на ход протекания реакций. Для оценки чувствительности констант скоростей на концентрации веществ предложена дополнительная система дифференциальных уравнений.

В результате дифференцирования  $\frac{\partial}{\partial k} \left( \frac{\partial X}{\partial \tau} \right)$  исходной системы уравнений по различным параметрам получаем  $m$  – систем дифференциальных уравнений, каждая из которых содержит  $n$  – уравнений (всего  $m \times n$  уравнений). Полученные системы уравнений решаются совместно с исходной системой при соответствующих начальных условиях. При этом получают не только значения концентраций  $X$ , но и  $[n \times m]$  функций для каждого момента времени, которые характеризуют оценку чувствительности концентраций  $X$  к изменению различных констант скоростей реакции  $k$ .

Этот критерий чувствительности позволяет проводить оценку влияния  $k$  на концентрацию  $X$  в момент времени  $\tau$ . Таким образом, становится возможным определить степень влияния параметров на различные концентрации, то есть выяснить, какие из параметров  $k$  и на каких стадиях процесса являются определяющими, а какие являются мало влияющими.

Для оценки степени влияния на концентрации веществ необходимо к этой исходной системе дифференциальных уравнений добавить систему уравнений, полученную дифференцированием исходной системы уравнений по  $k_{m,N}$ ,  $k_{m,A}$ ,  $Y_{S/B,A}$ ,  $Y_{S/B,N}$ ,  $k_{O_2}$ .

На рис. 3–7 представлены зависимости от времени критериев чувствительности по концентрациям анаэробной биомассы ( $X_N$ ), аэробной биомассы ( $X_A$ ), концентрации двуокиси углерода ( $X_{CO_2(N)}$ ) для анаэробного биопроцесса, концентрации метана ( $X_{CH_4(N)}$ ) для анаэробного биопроцесса, концентрации двуокиси углерода ( $X_{CO_2(A)}$ ) для аэробного биопроцесса, концентрации кислорода ( $X_{O_2(A)}$ ) для анаэробного биопроцесса для следующих параметров  $k_{m,N}$ ,  $k_{m,A}$ ,  $Y_{S/B,A}$ ,  $Y_{S/B,N}$ ,  $k_{O_2}$ . Анализ графиков позволяет увидеть, что значения критериев чувствительности могут быть положительными, отрицательными или нулевыми. В ходе реакции значение критерия чувствительности может существенно меняться.

Как следует из графиков на рис. 3,  $X_N$  наиболее чувствительна к константе  $k_{m,N}$  и данная зависимость экспоненциально растет во времени. Также концентрация  $X_{CO_2(N)}$  и  $X_{CH_4(N)}$  чувствительна к константе  $k_{m,N}$  в тот же момент времени.

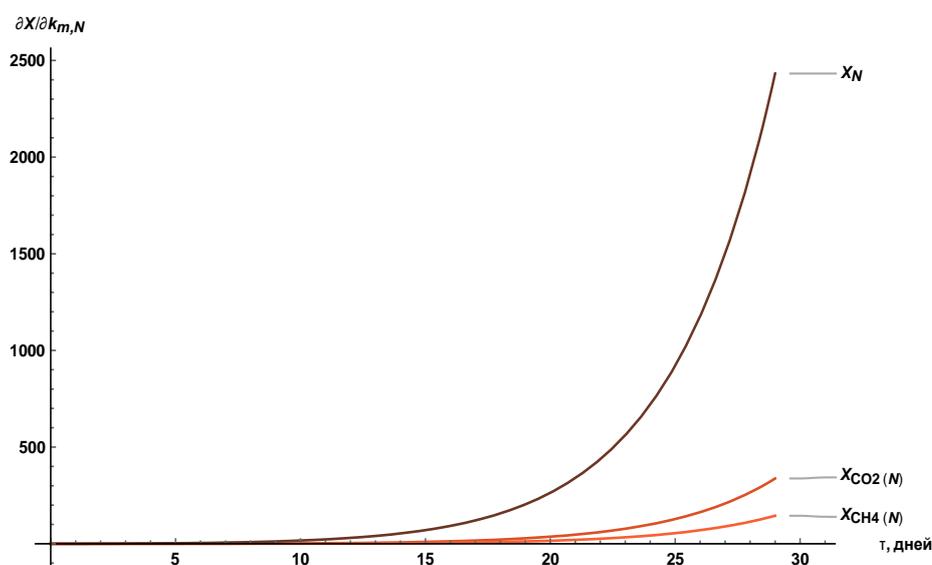


Рис. 3. Зависимость чувствительности анаэробной биомассы ( $X_N$ ), концентрации двуокиси углерода ( $X_{CO_2(N)}$ ), концентрации метана ( $X_{CH_4(N)}$ ) для анаэробного биопроцесса во времени к изменениям  $k_{m,N}$

Из графиков на рис. 4 получаем, что параметр  $k_{m,A}$  оказывает положительное влияние на значение концентрации двуокиси углерода и отрицательное влияние на концентрацию кислорода. Вместе с этим данный параметр в начале временного диапазона оказывает положительное влияние на концентрацию биомассы, а в дальнейшем влияет отрицательно.

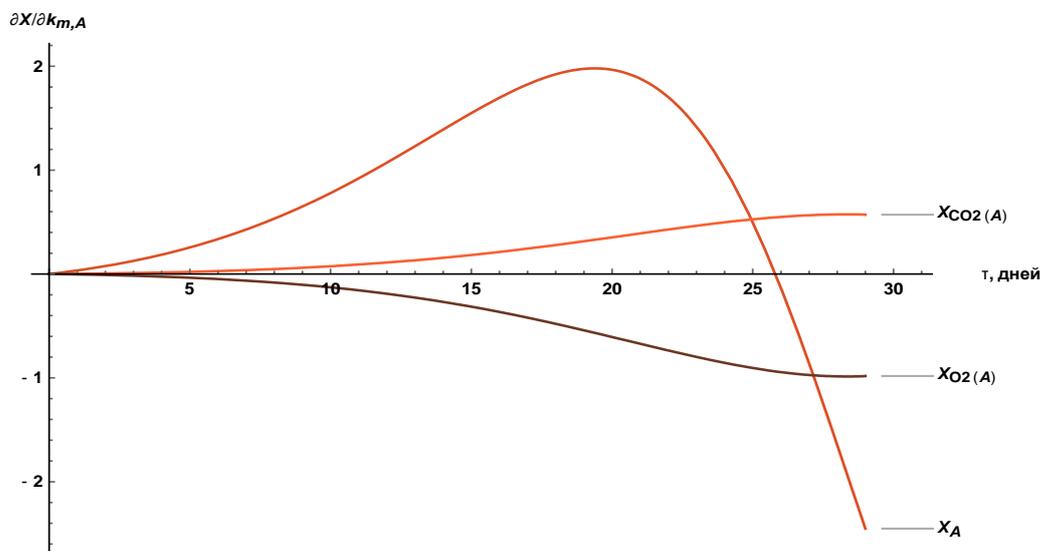


Рис. 4. Зависимость чувствительности аэробной биомассы ( $X_A$ ), концентрации двуокиси углерода ( $X_{CO_2(A)}$ ), концентрации кислорода ( $X_{O_2(A)}$ ) для аэробного биопроцесса во времени к изменениям  $k_{m,A}$

Из рис. 5 для анаэробного процесса видно, что  $Y_{S/B,N}$  оказывает наибольшее отрицательное влияние на концентрацию метана и углекислого газа.

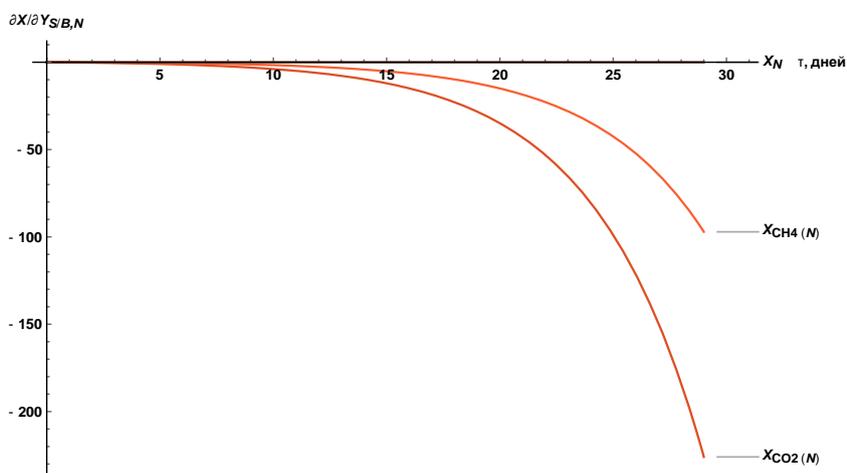


Рис. 5. Зависимость чувствительности анаэробной биомассы ( $X_N$ ), концентрации двуокиси углерода ( $X_{CO_2(N)}$ ), концентрации метана ( $X_{CH_4(N)}$ ) для анаэробного биопроцесса во времени к изменениям  $Y_{S/B,N}$

Степень влияния константы  $Y_{S/B,A}$  на  $X_A$ ,  $X_{CO_2(A)}$ ,  $X_{O_2(A)}$  изменяется во времени. На рис. 6, 7 показано, что наибольшее положительное влияние параметры  $Y_{S/B,A}$ ,  $k_{O_2}$  оказывают на рост анаэробной биомассы во времени.

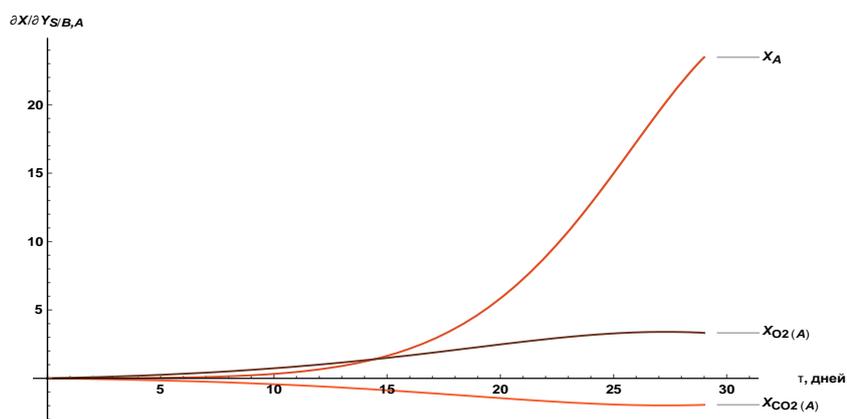


Рис. 6. Зависимость чувствительности аэробной биомассы ( $X_A$ ), концентрации двуокиси углерода ( $X_{CO_2(A)}$ ), концентрации кислорода ( $X_{O_2(A)}$ ) для аэробного биопроцесса во времени к изменениям  $Y_{S/B,A}$

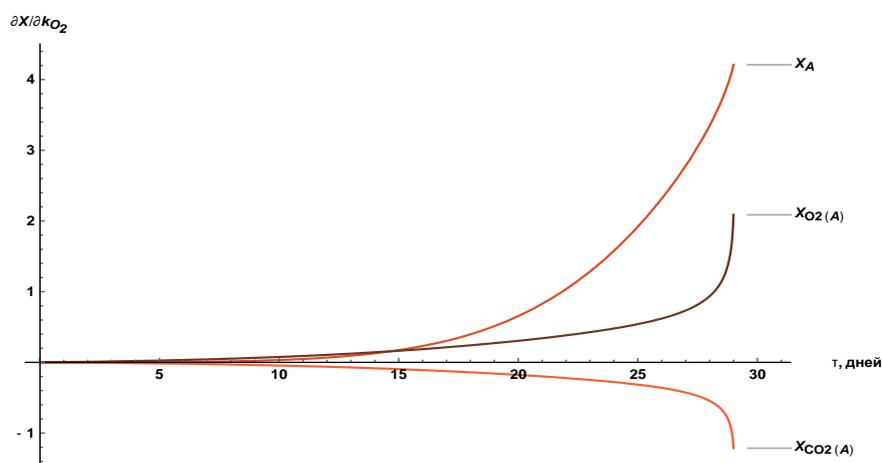


Рис. 7. Зависимость чувствительности аэробной биомассы ( $X_A$ ), концентрации двуокиси углерода ( $X_{CO_2(A)}$ ), концентрации кислорода ( $X_{O_2(A)}$ ) для аэробного биопроцесса во времени к изменениям  $k_{O_2}$

Изучая кинетику реакций, происходящих при захоронении и перевозке ТБО, можно прогнозировать скорость образования пожаровзрывоопасных газов во времени, оценить влияние различных параметров на биопроцессы, пожарную обстановку и своевременно предложить меры, направленные на снижение опасности.

### Литература

1. Либерман Б.А., Хмелев А.С. Экологические проблемы транспортировки опасных грузов по железным дорогам России // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т. 6. № 1. С. 51–54.
2. Хайдаров А.Г., Королева Л.А., Ивахнюк Г.К. Эксергетическая оценка пожарной опасности перевозок на железнодорожном транспорте // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 10. С. 26–37.
3. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Пожнаука, 2004. Ч. 1. 713 с.; Ч. II. 774 с.

4. Omar Hecham M. Treatment of Landfill Waste, Leachate and Landfill Gas: Modelling/Simulation and Experimental Studies // Electronic Thesis and Dissertation Repository. 2016. 173 p.

### **References**

1. Liberman B.A., Hmelev A.S. Ekologicheskie problemi transportirovki opasnih gruzov po jeleznim dorogam Rossii // Sovremennie problemi transportnogo kompleksa Rossii. 2016. T. 6. № 1. S. 51–54.

2. Haidarov A.G., Koroleva L.A., Ivahnyuk G.K. Eksergeticheskaya ocenka pojarnoi opasnosti perevozok na jeleznodorojnom transporte // Pojarovzrivobezopasnost. 2018. T. 27. № 10. S. 26–37.

3. Korolchenko A.Ya., Korolchenko D.A. Pojarovzrivoopasnost veschestv i materialov i sredstva ih tusheniya: spravochnik. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Pojnauka, 2004. Ch. 1. 713 s.; Ch. II. 774 s.

4. Omar Hecham M. Treatment of Landfill Waste, Leachate and Landfill Gas: Modelling/Simulation and Experimental Studies // Electronic Thesis and Dissertation Repository. 2016. 173 p.

# К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ КРАТКОСРОЧНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЕЙ ВОДЫ НА УЧАСТКАХ РЕК

**А.Д. Анашечкин, кандидат технических наук, доцент;**

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

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены методы прогнозирования уровней воды на участках рек. Проведен сравнительный анализ статистических методов прогнозирования дождевых паводков, обоснован выбор системы уравнений Сен-Венана. Предложена двухфакторная регрессионная модель для краткосрочного прогноза уровней воды на реке Ижора Ленинградской области. Определены направления дальнейшего совершенствования предложенной модели прогнозирования.

*Ключевые слова:* чрезвычайные ситуации, математическая модель, прогнозирование, регрессия, дождевые паводки, гидрологические прогнозы, компьютерная модель

## THE QUESTION OF BUILDING A SHORT-TERM PREDICTIVE MODELS OF WATER LEVELS ON STRETCHES OF THE RIVERS

A.D. Anashechkin; E.N. Trophimets.

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

Methods of forecasting water levels on river sections are considered. The comparative analysis of statistical methods of forecasting rain floods, justified the choice of the system of equations of Saint-Venant. A two-factor regression model is proposed for the short-term forecast of water levels on the Izhora river in the Leningrad region. The directions of further improvement of the proposed forecasting model are determined.

*Keywords:* emergency, mathematical model, prediction, regression, rainfall events, hydrological forecasts, a computer model

В XXI в. одной из важных задач обеспечения безопасности жизнедеятельности населения страны является оперативно спланированная работа соответствующих органов управления в территориальных и ведомственных подсистемах единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) и их звеньях по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера.

Ликвидация ЧС является одной из самых актуальных задач, возложенных на силы и средства РСЧС. Повышение эффективности работы экстренных оперативных дежурных служб связано с моделированием процессов управления. В рамках решения задач моделирования большая роль отводится прогнозированию ЧС.

В работе рассматриваются вопросы, связанные с ЧС природного характера – наводнениями.

Наводнения нарушают жизнедеятельность населения и негативно воздействуют на окружающую среду [1, 2].

Цели и задачи прогностического центра в период наводнений – как можно точнее сделать прогноз уровней воды на участках рек. В таких случаях, как правило, наблюдается увеличение потока эмпирических данных и кадровых потребностей, так как должно быть подготовлено больше срочных прогнозов для большего числа пользователей [3, 4].

Разработка общих методик математического обеспечения, применения информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) для прогнозирования наводнений

является актуальной задачей для служб разного уровня в государственной структуре по предупреждению наводнений и ликвидации их последствий [5, 6].

В разработке технологий прогнозирования наука далеко продвинулась вперед. Специалисты в области ситуационного анализа и управления применяют методы нейросетевого прогнозирования и нечёткой логики, которые становятся актуальными в XXI в. Из разделов высшей математики в теоретической базе анализа объекта прогнозирования ведущее место пока занимают теория вероятностей и математическая статистика, теория численных методов анализа и оптимизации, современная теория факторного анализа, дифференциальные уравнения [7].

Относительно регулярные процессы, как правило, описываются математическими моделями с помощью дифференциальных уравнений в частных производных. На базе статистических моделей, моделей аппроксимации, моделей экстраполяции и интерполяции, моделей оценки влияния случайных факторов процесса разрабатываются прогностические модели по предупреждению наводнений.

В данной работе фокус внимания смещен на прогнозирование уровней воды на участках рек.

При прогнозировании уровней воды важно учитывать время и степень точности прогноза. Инженер-аналитик в области системного анализа и управления, который занимается прогнозированием уровней воды на участках рек, фактически, участвует в «гонках» со временем. Главная задача инженера-аналитика системного анализа и управления разработать надежные, простые математические модели, способные обеспечивать достаточную заблаговременность предупреждений и более высокую степень точности уровней воды на участках рек.

В процессе построения математической модели учитываются следующие факторы: количество имеющихся данных, тип и частота происходящих дождевых паводков, сложность моделируемых гидрологических процессов.

Прогностическая модель, включающая факторы, которые помогут повысить заблаговременность предупреждения и дать более высокую степень точности прогноза уровней воды на участках рек, требует тщательного подбора эмпирических данных.

В режиме реального времени данные по факту, необходимые для построения прогностической модели, как правило, отсутствуют. Поэтому для разработки математической модели прогнозирования уровней воды на участках рек используют эмпирические данные за предшествующие периоды дождевых паводков.

Прогностическая модель уровней воды на участках рек в результате дождевых паводков должна удовлетворять основным условиям:

- надежность краткосрочного прогноза;
- высокая степень точности;
- доступность для понимания и использования специалистами на уровне бакалавриата.

При построении краткосрочных моделей прогнозирования дождевых паводков используют два основных метода:

- метод, основанный на статистическом подходе;
- метод, основанный на механизме формирования и распространения дождевых паводков.

Значимую роль при создании прогностических моделей играют закономерности перемещения речных волн. В одномерном приближении они описываются дифференциальными уравнениями в частных производных Сен-Венана. Уравнения Сен-Венана являются базовой основой теоретической модели прогноза уровней воды на участках рек.

Математическая форма записи уравнений Сен-Венана имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{1}{g} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{g} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{\omega} \right) + \omega \frac{Q^2}{K^2} = -\omega \frac{\partial H}{\partial x}, \\ \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \end{cases}, \quad (1)$$

где  $Q$  – расход воды;  $H$  – уровень воды;  $\omega$  – площадь поперечного сечения;  $K$  – модуль стока;  $q$  – боковой приток (отток) на единицу длины;  $g$  – ускорение свободного падения;  $x$  – расстояние, отсчитываемое вдоль потока;  $t$  – время.

Для полной замкнутости канонической системы уравнений (1) рационально задать соотношения, связывающие переменные  $H$ ,  $\omega$ ,  $K$ :

$$K = \omega C \sqrt{R}; \quad (2)$$

$$\omega = f(H), \quad (3)$$

где  $C$  – скоростной коэффициент;  $R$  – гидравлический радиус, являющийся функцией уровня.

В общем случае каноническая система уравнений (1–3) не имеет аналитического решения. Поэтому для разработки практической модели прогноза каноническую систему уравнений следует интегрировать разностными методами или же использовать различные модификации этой канонической системы.

Степень отклонения неустановившегося режима от установившегося позволяет интерпретировать и обосновать выбранную модель.

Максимальное значение отношения абсолютного добавочного уклона водной поверхности (при прохождении волны паводка или половодья) к первоначальному уклону при установившемся режиме ( $i_y$ ) является характеристикой этого отклонения:

$$\chi = \max \left| \frac{\partial H}{\partial x} + i_y \right| / i_y.$$

Ширина петли кривой расходов тем уже, чем меньше значение  $\chi$ , а это значит, что связь расхода и уровня воды будут близки к однозначной.

В зависимости от перемещения паводочных волн методы прогноза расходов и уровней воды на участках рек можно разделить на три категории:

- методы, не учитывающие распластывание волны паводка;
- методы, основанные на приближенных уравнениях трансформации волны;
- методы, основанные на численном интегрировании уравнений Сен-Венана.

В практике наибольшее распространение получили методы первой категории.

В данной работе авторы использовали метод, относящийся к первой категории при построении краткосрочной модели прогнозирования уровней воды осеннего половодья реки Ижора – левого притока реки Невы [8].

Подъемы воды в дельте реки Невы и ее притоках, вызывающие затопление населенных пунктов, особенно характерны в периоды весеннего и осеннего половодья. Циклоны в Балтийском море с преобладанием западных ветров являются причиной подъема воды.

Для исследования уровней воды на участках рек авторы использовали методы изучения взаимосвязей и динамики процессов на основе многофакторной регрессии.

Построение краткосрочной модели прогнозирования уровней воды на участках реки Ижора состоит из следующих этапов:

- сбор эмпирических данных по максимальному уровню воды дождевых паводков реки Ижора с 2009–2015 гг. и данным гидрометцентра России;

- нахождение теоретического уравнения двухфакторной линейной регрессии;
- проверка значимости параметров регрессионной модели;
- сравнительный анализ фактических данных за 2016–2017 гг. с теоретическим уравнением регрессии;
- вычисление ошибки прогноза.

Для статистической обработки и анализа информации использовался табличный процессор MS Excel. Компьютерная модель прогноза уровней воды на участках рек была разработана при помощи статистических функций MS Excel и программной надстройки «Пакет анализа» [9].

Фрагмент эмпирических данных за 2009–2015 гг. по исходному уровню воды реки Ижора в начале дня ( $x_1$ ), объему выпавших за день осадков ( $x_2$ ) и уровню воды в конце дня ( $y_{\text{факт}}$ ) представлен на рис. 1.

	A	B	C	D	E
1		<b>Дата начала</b>			
2	<b>Год</b>	<b>выпадения паводко-</b>	<b><math>x_1</math>, см</b>	<b><math>x_2</math>, мм</b>	<b><math>y_{\text{факт}}</math>, см</b>
3		<b>образующих осадков</b>			
4	2009	6 сентября	198	13,8	232
5	2009	7 сентября	232	1,70	254
6	2009	8 сентября	254	0	271
7	2009	9 сентября	271	0	285
8	2009	10 сентября	285	0	291
9	2009	29 сентября	168	5,9	196
10	2009	2 октября	227	1,8	254
11	2009	3 октября	254	4,1	273
12	2009	5 октября	281	1,4	302
...					
37	2012	5 ноября	255	8,5	293
38	2012	6 ноября	293	16,3	324
39	2012	7 ноября	324	7,1	347
40	2013	28 октября	169	8	180
41	2013	29 октября	180	6	201
42	2013	30 октября	201	8	216
43	2013	05 ноября	214	16	282
44	2013	06 ноября	282	0,7	305
45	2014	8 октября	182	0,4	203
46	2015	11 ноября	160	4,7	174
47	2015	19 ноября	178	9	195
48	2015	20 ноября	195	3	213

Рис. 1. Эмпирические данные

На основе эмпирических данных были найдены коэффициенты  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b$  двухфакторного линейного уравнения регрессии  $y_{\text{теор}}=a_1x_1+a_2x_2+b$ , представленные на рис. 2. Полученное уравнение имеет вид:

$$y_{\text{теор}}=0,997x_1+1,263x_2+16,835.$$

$a_2$	$a_1$	$b$
1,263	0,997	16,835
0,275	0,035	8,789
0,952	11,707	#Н/Д
418,337	42,000	#Н/Д
114677,333	5756,667	#Н/Д

Рис. 2. Коэффициенты двухфакторного линейного уравнения регрессии

О высоком качестве построенной модели позволяет судить множественный коэффициент детерминации  $R^2=0,952$  (рис. 3).

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,976
R-квадрат	0,952
Нормированный R-квадрат	0,950
Стандартная ошибка	11,707
Наблюдения	45

Рис. 3. Регрессионная статистика

На уровне надежности  $\gamma=0,95$  проводилась проверка статистической значимости множественного коэффициента детерминации и параметров уравнения регрессии при помощи дисперсионного анализа. Проведенная проверка показала, что все параметры в уравнении регрессии статистически значимы (рис. 4).

На базе двухфакторного линейного уравнения регрессии были рассчитаны теоретические значения уровня воды реки Ижоры ( $y_{\text{теор}}$ ) по эмпирическим данным об исходном уровне воды ( $x_1$ ) и объему выпавших осадков ( $x_2$ ) за ряд осенних дней 2016–2017 гг.

Заключительный этап включал в себя сравнительный анализ рассчитанных теоретических значений  $y_{\text{теор}}$  по уравнению регрессии с известными фактическими данными  $y_{\text{факт}}$  в осенний период дождей паводков и вычисление абсолютной ( $\varepsilon^{abc}$ ) и относительной ( $\varepsilon^{omi}$ ) ошибок прогноза (рис. 5).

Дисперсионный анализ					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>
Регрессия	2	114677,333	57338,667	418,337	1,853E-28
Остаток	42	5756,667	137,063		
Итого	44	120434			
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Станд_ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение</i>	<i>Нижние 95%</i>
Y-пересечение	16,835	8,789	1,915	0,062	-0,902
Переменная X1	0,997	0,035	28,800	0,000	0,927
Переменная X2	1,263	0,275	4,596	0,000	0,709

Рис. 4. Дисперсионный анализ

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		<b>Дата начала</b>						
2	<b>Год</b>	<b>выпадения паводко-</b>	$x_1$ , см	$x_2$ , мм	$Y_{\text{факт}}$ , см	$Y_{\text{теор}}$ , см	$\varepsilon^{\text{абс}}$ , см	$\varepsilon^{\text{отн}}$ , %
3		<b>образующих осадков</b>						
4	2016	28 октября	182	9	208	209,654	1,654	0,80%
5	2016	29 октября	208	6,8	219	232,797	13,797	6,30%
6	2016	30 октября	219	2	224	237,701	13,701	6,12%
7	2016	31 октября	224	0,4	227	240,665	13,665	6,02%
8	2016	8 ноября	183	18	194	222,019	28,019	14,44%
9	2016	19 ноября	193	2,4	247	212,285	34,715	14,05%
10	2016	20 ноября	247	13	394	279,511	114,489	29,06%
11	2016	21 ноября	394	0	443	409,648	33,352	7,53%
12	2016	22 ноября	443	0	456	458,500	2,500	0,55%
13	2016	23 ноября	456	0,5	460	472,092	12,092	2,63%
14	2016	24 ноября	460	10,3	466	488,459	22,459	4,82%
15	2017	7 сентября	180	10	224	208,923	15,077	6,73%
16	2017	13 сентября	230	21	280	272,667	7,333	2,62%
17	2017	14 сентября	280	5	302	302,307	0,307	0,10%
18	2017	9 октября	184	20	235	225,543	9,457	4,02%
19	2017	10 октября	235	3	260	254,916	5,084	1,96%
20	2017	11 октября	260	12	282	291,209	9,209	3,27%
21	2017	25 ноября	315	6,3	340	338,843	1,157	0,34%
22	2017	26 ноября	340	6,9	355	364,526	9,526	2,68%
23	Срзнач		275	7,7	306,105	301,172	18,294	6,00%

Рис. 5. Фактические и теоретические уровни воды с ошибкой прогноза

Сравнительный анализ позволяет утверждать, что рассчитанные теоретические значения уровня воды хорошо согласуются с данными по факту за 2016–2017 гг. За высокую надежность полученной прогнозной модели отвечает рассчитанная ошибка прогноза, равная 6 %. Компьютерную модель можно рекомендовать использовать в будущем для краткосрочного прогноза слоя стока дождевого паводка реки Ижора в осенние месяцы. При этом следует обратить внимание, что значения фактора  $x_2$  – объема выпавших осадков – будут вводиться в модель на основе прогнозных данных Гидрометцентра.

В работе использовались краткосрочные данные Гидрометцентра на период прогноза от трех до пяти дней, поэтому и предложенная компьютерная модель обладает таким же краткосрочным прогнозом. Несмотря на краткосрочность прогноза, сотрудники МЧС России успеют заблаговременно предупредить население о возможном подтоплении и оперативно разработать план действий для предотвращения ЧС в период дождевых паводков.

В Центре управления кризисными ситуациями МЧС России используется платформа ArcGIS для моделирования процесса затоплений на базе геоинформационных систем.

Используя геоинформационный программный продукт ArcGIS, специалисты по геоинформационным системам могут анализировать и прогнозировать уровень воды на гидропостах в период паводка и оценивать последствия.

Информационной основой платформы ArcGIS является база геоданных «ArcHydro».

Следует отметить, что основными этапами ситуационного процесса моделирования затоплений являются:

- регистрация данных – замеры на гидропостах (уровни воды);
- анализ данных – сбор данных о прошлых паводках и краткосрочное прогнозирование развития текущего паводка;

- оценка данных – получение аналитических зависимостей;
- определение зон затопления – подбор данных дистанционного зондирования, которые по ряду факторов близки к ситуации заданного дня паводка.

Результаты ситуационного процесса моделирования сохраняются в отдельной базе геоданных и могут быть повторно использованы. Отчеты краткосрочного прогноза можно формировать в формате Microsoft Word, включающие в себя информацию в виде текста, таблиц и диаграмм.

Практическая значимость работы состоит в том что:

- выявлены недостатки используемых методов прогнозирования уровней воды на участках рек;
- обоснована актуальность методов краткосрочного прогнозирования уровней воды на участках рек в период паводков, имеющих катастрофические последствия;
- сформулированы основные положения системного подхода при моделировании ЧС на основе изучения взаимосвязей и динамики процессов в период дождевых паводков;
- определен перечень ритмозадающих факторов, моделирующих наводнения;
- проанализирована каноническая система уравнений Сен-Венана;
- предложена компьютерная модель, позволяющая составлять краткосрочные прогнозы в период дождевых паводков.

### **Литература**

1. Бурцев А.А., Топольский Н.Г. Оценка опасности наводнений на основе данных мониторинга // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2016. № 3. С. 15–19.

2. Топольский Н.Г., Гаврилов А.С. Космические и авиационные технологии мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций // Технологии техносферной безопасности. 2014. № 3 (55). С. 16.

3. Антюхов В.И., Остудин Н.В. Алгоритмизация деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Технологии техносферной безопасности. 2017. № 2 (72). С. 220–228.

4. Грешных А.А., Комарова М.Е., Кудряков С.А. Тренировка зрительного восприятия информации у работников диспетчерских и оперативных служб // Проблемы управления рисками в техносфере. 2012. № 1 (21). С. 121–128.

5. Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: Указ Президента Рос. Федерации от 11 июля 2004 г. № 868 (в ред. от 10 марта 2014 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: постановление Правительства Рос. Федерации от 30 дек. 2003 г. № 794 (с изм. и доп.). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

7. Системный анализ в управлении: учеб. пособие / Анфилатов В.С. [и др.]; под ред. А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2002. 368 с.

8. Баканова А.О., Трофимец Е.Н. Разработка модели прогноза слоя дождевого паводка реки Ижора // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. материалов IX Всерос. науч.-практ. конф. курсантов, слушателей, студентов и молодых ученых с междунар. участием. Воронеж, 2018. С. 37–40.

9. Трофимец Е.Н. Прикладная математическая статистика в Excel: учеб. пособие. Ярославль, 2013. Ч. 2. 128 с.

## References

1. Burcev A.A., Topol'skij N.G. Ocenka opasnosti navodnenij na osnove dannyh monitoringa // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya. 2016. № 3. S. 15–19.
2. Topol'skij N.G., Gavrilov A.S. Kosmicheskie i aviacionnye tekhnologii monitoringa i prognozirovaniya chrezvychajnyh situacij // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. 2014. № 3 (55). S. 16.
3. Antyuhov V.I., Ostudin N.V. Algoritmizaciya deyatel'nosti dolzhnostnyh lic centrov upravleniya v krizisnyh situacijah MCHS Rossii // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. 2017. № 2 (72). S. 220–228.
4. Greshnyh A.A., Komarova M.E., Kudryakov S.A. Trenirovka zritel'nogo vospriyatiya informacii u rabotnikov dispetcherskih i operativnyh sluzhb // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2012. № 1 (21). S. 121–128.
5. Voprosy Ministerstva Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij: Ukaz Prezidenta Ros. Federacii ot 11 iyulya 2004 g. № 868 (v red. ot 10 marta 2014 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
6. O edinoj gosudarstvennoj sisteme preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 30 dek. 2003 g. № 794 (s izm. i dop.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Garant».
7. Sistemnyj analiz v upravlenii: ucheb. posobie / Anfilatov V.S. [i dr.]; pod red. A.A. Emel'yanova. M.: Finansy i statistika, 2002. 368 s.
8. Bakanova A.O., Trofimec E.N. Razrabotka modeli prognoza sloya dozhdevogo pavodka reki Izhora // Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij: sb. materialov IX Vseros. nauch.-prakt. konf. kursantov, slushatelej, studentov i molodyh uchenyh s mezhdunar. uchastiem. Voronezh, 2018. S. 37–40.
9. Trofimec E.N. Prikladnaya matematicheskaya statistika v Excel: ucheb. posobie. Yaroslavl', 2013. Ch. 2. 128 s.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

**А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент;**  
**С.А. Нефедьев, доктор военных наук, профессор;**  
**Е.Н. Бардулин, кандидат экономических наук, профессор.**  
**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены особенности использования нечеткой логики и искусственных нейронных сетей в системах автоматического управления. Рассмотрен пример использования гибридной нейронной сети в виде адаптивной нейро-нечеткой системы вывода для управления расходом охлаждающей жидкости в системе охлаждения энергетического оборудования.

*Ключевые слова:* процесс управления, нечеткая логика, искусственная нейронная сеть, компьютерная программа, математическая модель

## THE PROBLEM OF USE THE FUZZY LOGIC AND NEURAL NETWORKS FOR THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM

A.Yu. Labinskiy; S.A. Nefed'ev; E.N. Bardulin.  
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article presents the problem of use the fuzzy logic and neural networks for the automatic control system. The synthetic adaptive network-based fuzzy inference system to realize in form the mathematical model and computing program.

*Keywords:* control process, fuzzy logic, synthetic neural network, computing program, mathematical model

Нечеткое управление (fuzzy control) основано на понятиях нечеткой логики (fuzzy logic) и используется в системах управления сложными процессами [1]. По аналогии с традиционными средствами управления системы на основе нечеткой логики могут использоваться для описания механизмов регулирования и участвовать в вычислении управляющего воздействия.

Искусственная нейронная сеть является математической моделью, построенной по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей [2]. Искусственные нейронные сети успешно используются в системах управления и регулирования, в том числе для настройки систем автоматического управления [3].

Нечеткие нейронные сети (нейро-нечеткие системы) – это системы, которые комбинируют методы искусственных нейронных сетей и систем на нечеткой логике [4]. Нейро-нечеткие системы являются комбинацией лингвистического стиля рассуждений нечетких систем с обучением и структурой нейронных сетей.

### Адаптивная нейро-нечеткая сеть ANFIS

Адаптивная нейро-нечеткая сеть (система вывода) ANFIS (Adaptive Network-based Fuzzy Inference System) является гибридной многослойной искусственной нейронной сетью специальной структуры без обратных связей [5]. Значения входов, выходов и синаптических весов гибридной нейронной сети представляют собой вещественные числа на отрезке  $[0, 1]$ .

Адаптивная сеть ANFIS по своим функциям является аналогом системы нечеткого вывода [6]. Сеть ANFIS использует гибридный алгоритм обучения. Нейроны в сети ANFIS имеют различную структуру и назначение, соответствующие системе нечеткого вывода и реализующие основные этапы ее работы:

- фаззификация (введение нечеткости) с помощью функций принадлежности входных переменных – первый слой нейронов сети (Слой 1);
- агрегирование (определение степени истинности условий) с помощью обработки базы нечетких лингвистических правил – второй слой нейронов сети (Слой 2);
- активизация (определение степеней истинности высказываний) путем нормализации уровней активации нечетких правил – третий слой нейронов сети (Слой 3);
- аккумуляция (объединение степеней истинности) с помощью функций принадлежности выходных переменных – четвертый слой нейронов сети (Слой 4);
- дефаззификация (переход к четкости) с получением четкого значения выходной переменной – пятый слой нейронов сети (Слой 5).

Схема адаптивной нейро-нечеткой сети ANFIS представлена на рис. 1.

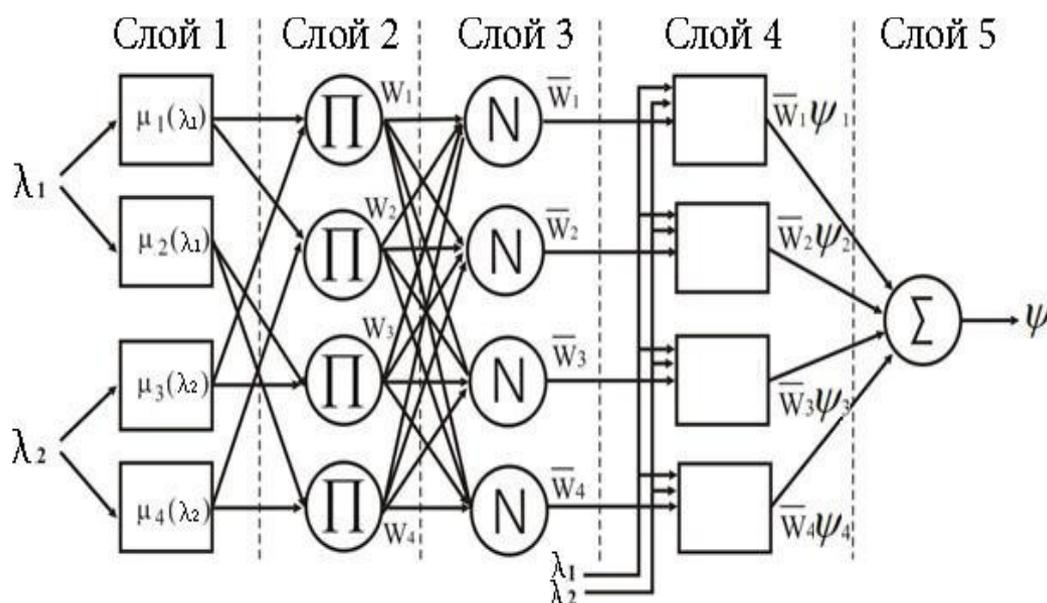


Рис. 1. Адаптивная нейро-нечеткая сеть (система нечеткого вывода) ANFIS

Первый адаптивный слой сети ANFIS содержит нейроны, которые вычисляют значения функций принадлежности входных переменных  $\mu_i(\lambda_1)$  и  $\mu_j(\lambda_2)$ , где  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  – входные переменные,  $i=1, 2$  и  $j=3, 4$ . Адаптивность слоя достигается путем подбора типа функций принадлежности входных переменных.

Второй фиксированный слой сети ANFIS содержит нейроны, которые вычисляют произведения полученных на первом слое значений функций принадлежности:

$$W_i = \mu_i(\lambda_1) * \mu_j(\lambda_2),$$

где  $W_i$  – синаптические веса сети.

Третий фиксированный слой сети ANFIS содержит нейроны, которые вычисляют нормированные уровни активации нечетких правил:

$$W_{cp\ i} = W_i / (W_1 + W_2 + W_3 + W_4).$$

Четвертый адаптивный слой сети ANFIS содержит нейроны, которые вычисляют значения функций принадлежности выходных переменных, а также произведения значений синаптических весов и функций принадлежности:

$$W_{cp\ i} * \psi_i = W_{cp\ i} * \psi_i(\lambda_1, \lambda_2, a_i, b_i, c_i),$$

где  $\psi_i$  – значения функций принадлежности выходных переменных,  $a_i, b_i, c_i$  – параметры функций принадлежности. Адаптивность слоя достигается путем подбора типа функций принадлежности выходных переменных.

Пятый фиксированный слой сети ANFIS содержит нейрон, который вычисляет сумму произведений значений функций принадлежности выходных переменных и синаптических весов:  $\sum (W_{cp\ i} * \psi_i)$ .

В качестве алгоритма обучения адаптивной нейро-нечеткой сети ANFIS предлагается алгоритм, состоящий из двух этапов [7]:

– первый этап (прямой ход алгоритма): задаем начальные значения параметров первого адаптивного слоя, производим вычисления на втором и третьем слое, определяем параметры четвертого адаптивного слоя и вычисляем значение функции ошибки. Если значение функции ошибки находится в допустимых пределах, то обучение адаптивной нейро-нечеткой сети ANFIS закончено, иначе переходим ко второму этапу;

– второй этап (обратный ход алгоритма): с помощью метода обратного распространения ошибки уточняем параметры первого адаптивного слоя.

### Компьютерное моделирование системы автоматического управления

Компьютерная модель системы автоматического управления включает в себя систему охлаждения и автоматическое управляющее устройство (система управления) на основе искусственной гибридной нейронной сети в виде адаптивной нейро-нечеткой системы вывода ANFIS.

Система охлаждения включает в себя бак с охлаждающей жидкостью. Система управления поддерживает требуемый уровень жидкости в баке путем регулирования степени открытия клапана, размещенного на трубопроводе, подводящем охлаждающую жидкость в бак. Вытекание жидкости из бака происходит самотеком. Задаются высота и площадь горизонтального сечения бака, а также площадь поперечного сечения отводящего трубопровода.

В системе управления расходом охлаждающей жидкости входными переменными являются переменные «уровень» и «изменение уровня», а выходной переменной – переменная «клапан». Фаззификация входной переменной «уровень» на пять термов: «очень низкий», «низкий», «нормальный», «высокий», «очень высокий» и входной переменной «изменение уровня» на пять термов: «уменьшается быстро», «уменьшается медленно», «не меняется», «увеличивается медленно», «увеличивается быстро», осуществляется с помощью функций принадлежности  $\mu(x)$  типа кривой Гаусса, представленных на рис. 2.

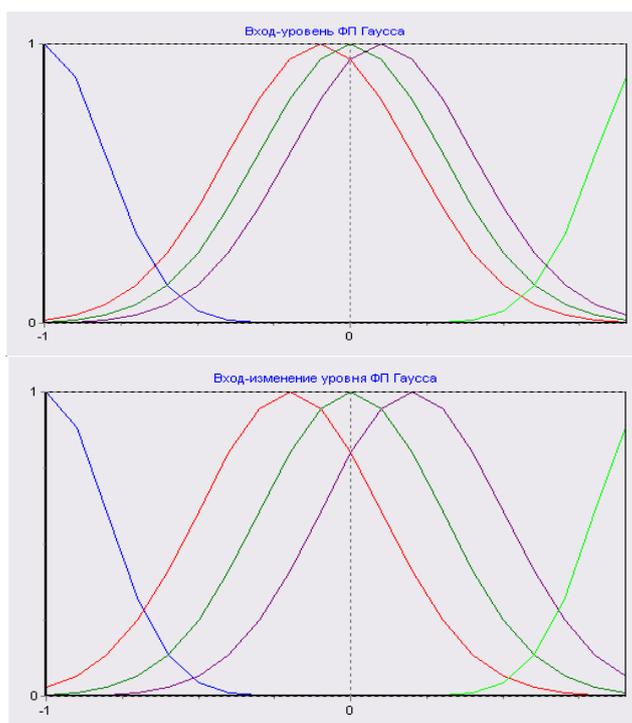


Рис. 2. Фаззификация входных переменных

Фаззификация выходной переменной клапан на пять термов: «открывать быстро», «открывать медленно», «не трогать», «закрывать медленно», «закрывать быстро», осуществляется с помощью треугольных функций принадлежности (рис. 3).

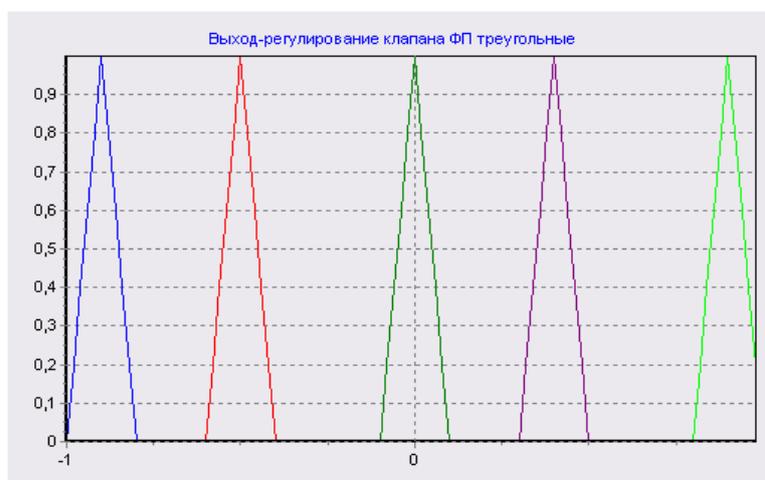


Рис. 3. Фаззификация выходной переменной

Адаптивная нейро-нечеткая сеть (система вывода) ANFIS была реализована в виде программы для ЭВМ, интерфейс которой представлен на рис. 4.

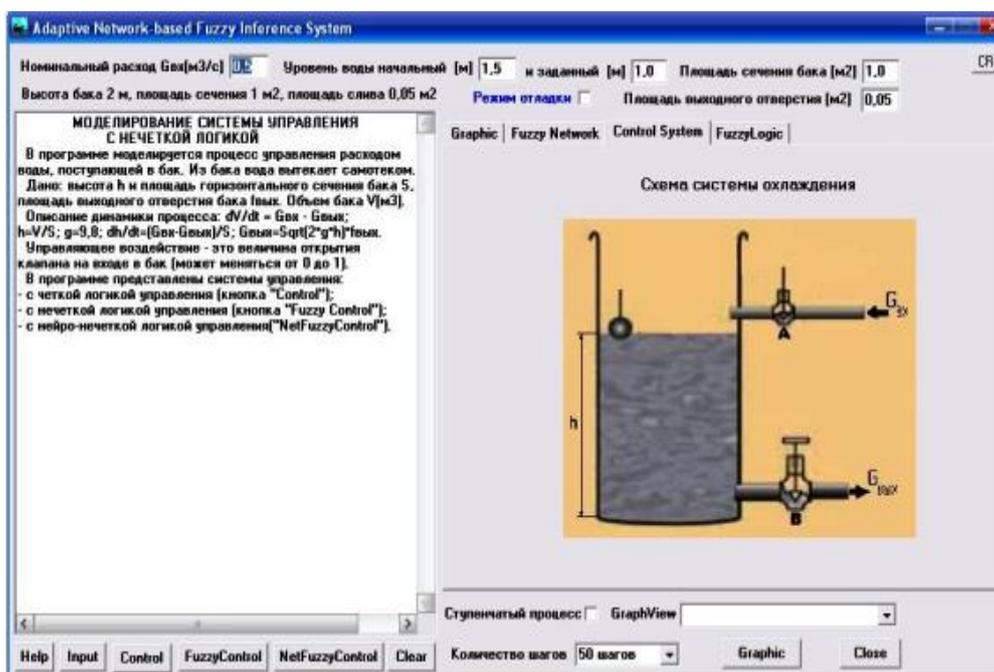


Рис. 4. Интерфейс программы нечеткого управления

Программа позволяет производить моделирование процесса управления расходом жидкости в четырех режимах: управление отключено, четкое управление, нечеткое управление [7] и нейро-нечеткое управление.

В результате моделирования переходных процессов изменения высоты уровня жидкости в баке в зависимости от модельного времени были получены значения высоты уровня для различных значений начального  $H_0$  и требуемого  $H_z$  уровней жидкости. На рис. 5 представлены

переходные процессы изменения высоты уровня жидкости в баке в зависимости от модельного времени для отключенного управления (самотек – слева) и четкого управления (справа).

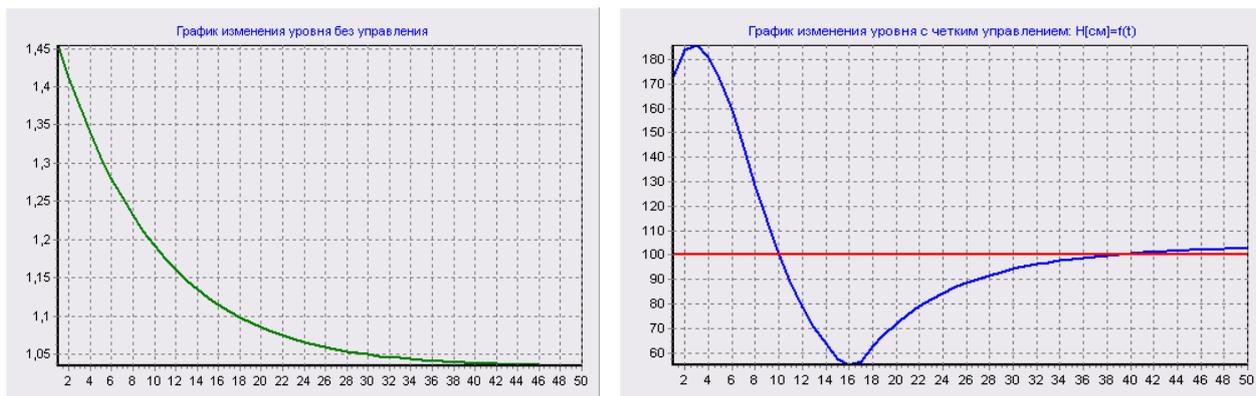


Рис. 5. Переходные процессы управления уровнем жидкости

На рис. 6–8 представлены результаты расчетов для четкого, нечеткого и нейро-нечеткого управления соответственно при значении начального уровня жидкости в баке  $H_0=1,5$  м и ступенчатом изменении требуемого уровня жидкости  $H_z$  от 0,8 м до 1,2 м.

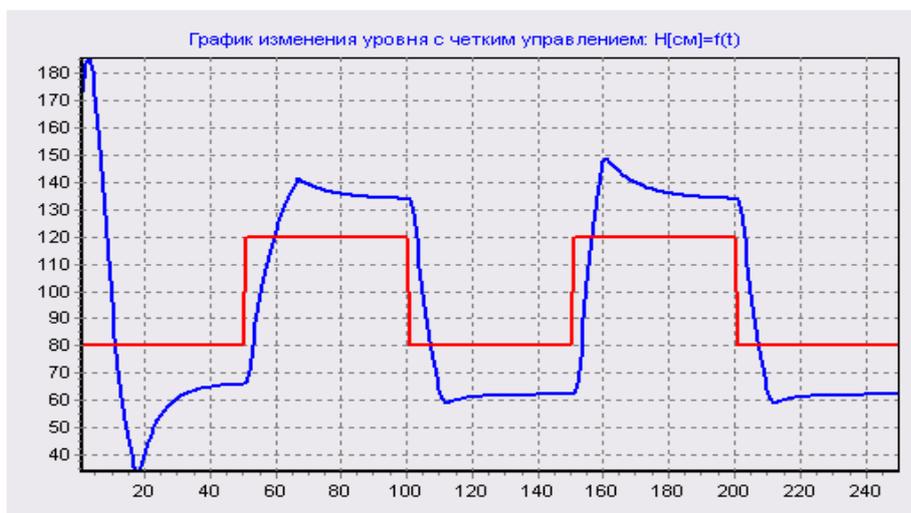


Рис. 6. Переходный процесс для четкого управления

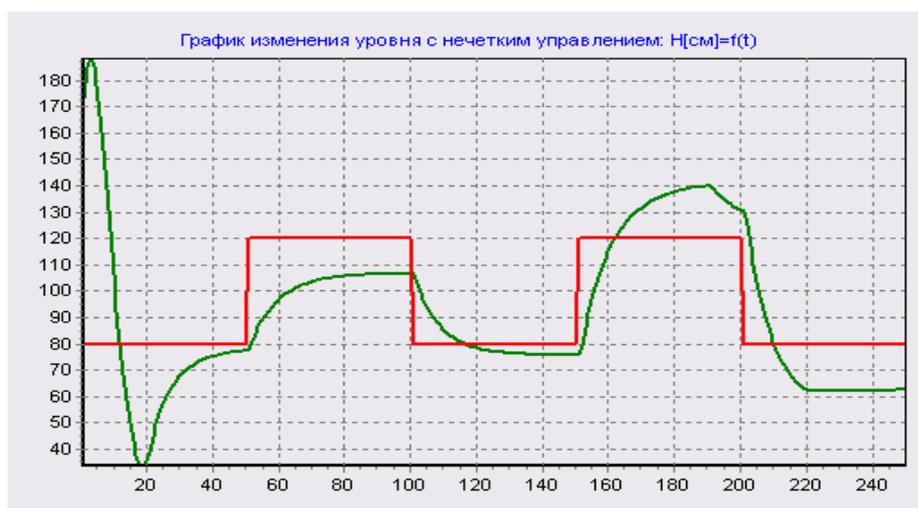


Рис. 7. Переходный процесс для нечеткого управления

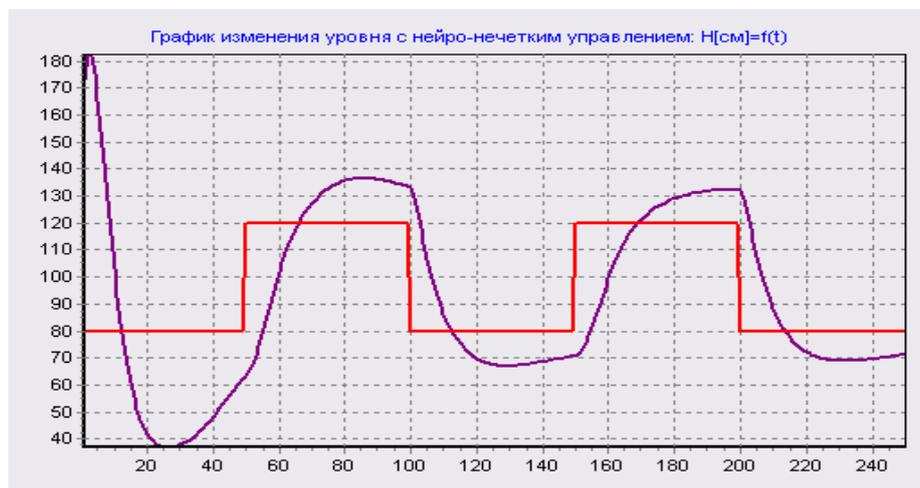


Рис. 8. Переходный процесс для нейро-нечеткого управления

Для сравнения качества управления во всех трех режимах управления (четкое, нечеткое и нейро-нечеткое управление) было произведено наложение графиков переходных процессов для этих режимов, представленное на рис. 9, 10.

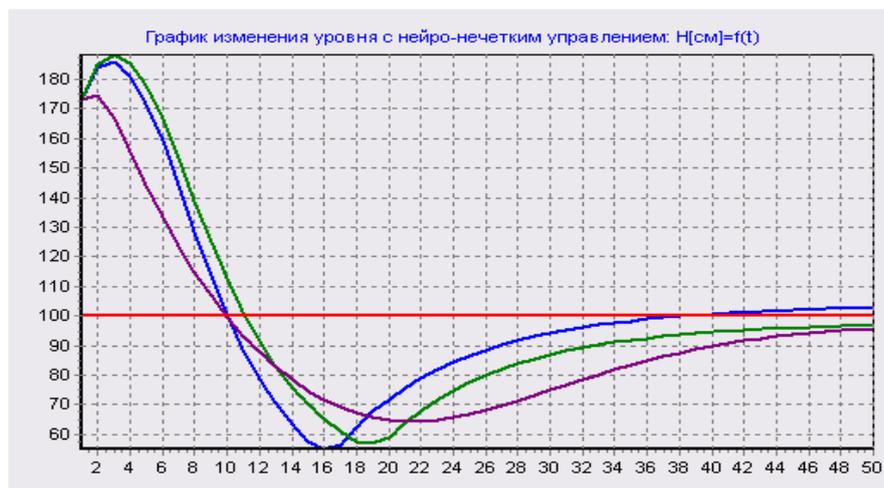


Рис. 9. Переходные процессы для  $H_z=100$  см

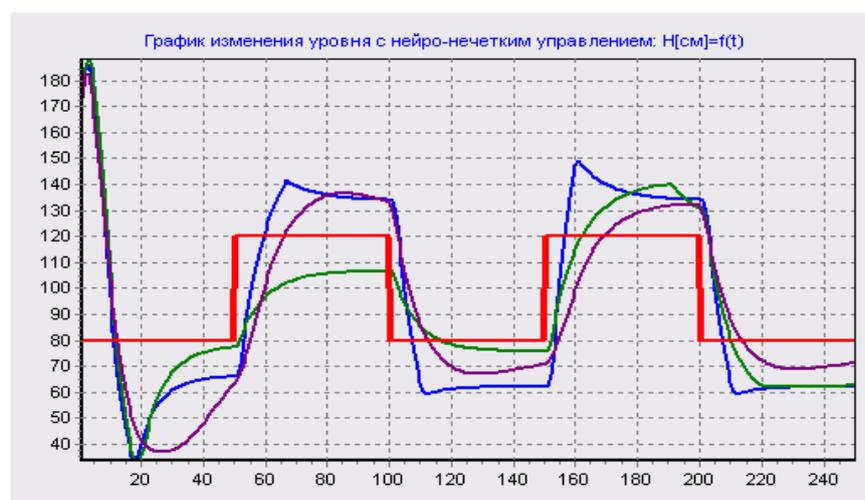


Рис. 10. Переходные процессы для ступенчатого изменения требуемого уровня жидкости ( $H_z=80$  см и  $H_z=120$  см)

Как видно из представленных графиков переходных процессов управления, качество управления (длительность переходного процесса и максимальное отклонение управляемой величины) для рассматриваемых типов управления (четкое, нечеткое и нейро-нечеткое) приблизительно одинаковое.

Автоматические системы управления могут быть реализованы как на основе традиционных четких подходов, например на основе ПИД-регуляторов, так и на основе нечеткой логики и искусственных нейронных сетей, причем нейронные сети могут быть использованы как для настройки параметров четких систем управления (например, ПИД-регуляторов), так и в качестве систем управления на основе нечетких нейронных сетей, комбинирующих методы искусственных нейронных сетей и систем на нечеткой логике.

### **Литература**

1. Гриняев С. Нечеткая логика в системах управления. М.: Лори, 2001.
2. Гасфилд Д. Информатика и вычислительная биология. СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
3. Лабинский А.Ю., Афонин П.Н. К вопросу создания эффективных систем автоматического управления. СПб.: Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 2. С. 100–106.
4. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
5. Рогозин О.В. Оценка проекта с использованием нейро-нечеткого адаптивного комплекса // Вестник МГТУ. Сер.: Приборостроение. 2012.
6. Лабинский А.Ю. Моделирование системы нечеткого вывода // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2016. № 2 (18). С. 5–10.
7. Гвоздик М.И., Лабинский А.Ю. К вопросу использования нечеткого моделирования и управления // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2015. № 3 (15). С. 5–10.

### **References**

1. Grinyaev S. Nechetkaya logika v sistemah upravleniya. M.: Lori, 2001.
2. Gasfild D. Informatika i vychislitel'naya biologiya. SPb.: BHV-Peterburg, 2003.
3. Labinskij A.Yu., Afonin P.N. K voprosu sozdaniya ehffektivnyh sistem avtomaticheskogo upravleniya. SPb.: Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2017. № 2. S. 100–106.
4. Borisov V.V., Kruglov V.V., Fedulov A.S. Nechetkie modeli i seti. M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2007.
5. Rogozin O.V. Ocenka proekta s ispol'zovaniem nejro-nechetkogo adaptivnogo kompleksa // Vestnik MGTU. Ser.: Priborostroenie. 2012.
6. Labinskij A.Yu. Modelirovanie sistemy nechetkogo vyvoda // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2016. № 2 (18). S. 5–10.
7. Gvozdik M.I., Labinskij A.Yu. K voprosu ispol'zovaniya nechetkogo modelirovaniya i upravleniya // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2015. № 3 (15). S. 5–10.

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИ РАБОТЕ ДИЗЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С АКТИВНЫМ КОТЛОМ-УТИЛИЗАТОРОМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО КИПЯЩЕГО СЛОЯ**

**С.В. Александров;**

**Г.В. Макачук, кандидат педагогических наук, доцент.**

**Военный институт (инженерно-технический) Военной академии  
материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева  
Министерства обороны Российской Федерации.**

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор,**

**заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Представлен краткий анализ состояния вопросов математического моделирования при разработке комбинированных дизельных теплоэлектростанций с активными котлами-утилизаторами. Представлена принципиальная схема силовой установки с активным котлом-утилизатором высокотемпературного кипящего слоя и дизель-генератором. Сформулированы задачи для дальнейших исследований.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, дизельные теплоэлектростанции, активные котлы-утилизаторы, высокотемпературный кипящий слой

## **ECOLOGICAL ASPECTS DURING DIESEL THERMAL POWER PLANTS WITH AN ACTIVE BOILER-UTILIZER OF A HIGH-TEMPERATURE BOILER LAYER**

**S.V. Aleksandrov; G.V. Makarchuk.**

**Military institute (engineering) of Military academy of logistics support them. army general  
A.V. Hrulev of the Ministry of defence of the Russian Federation.**

**L.V. Medvedeva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia**

A brief analysis of the status of mathematical modeling issues in the development of combined diesel power plants with active waste heat boilers is presented. A schematic diagram of a power plant with an active boiler with a high-temperature fluidized bed utilizer and a diesel generator is presented. Tasks for further research are formulated.

*Keywords:* mathematical modeling, diesel thermal power plants, active heat recovery boilers, high-temperature fluidized bed

В рамках борьбы с увеличивающимися вредными выбросами в атмосферу в декабре 1997 г. в дополнение к Рамочной конвенции ООН об изменении климата было принято Киотское соглашение (Киотский протокол), обязывающее развитые страны и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов [1].

По величине оказываемого вредного влияния на тепловой баланс основными парниковыми газами в порядке уменьшения считаются: водяной пар, углекислый газ, метан и озон. Некоторый вклад в создание парникового эффекта вносят оксиды азота. Несмотря на достаточно низкую концентрацию в атмосфере оксидов азота, считается, что их парниковая активность в 298 раз выше, чем у углекислого газа, поэтому сокращению их выбросов также должно уделяться особое внимание [2].

12 декабря 2015 г. в ходе конференции по климату в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата было подготовлено и принято Парижское соглашение. Данное соглашение было подписано 22 апреля 2016 г. взамен Киотского протокола и было призвано регулировать снижение углекислого газа в атмосфере с 2020 г.

По данным аналитического доклада Института проблем естественных монополий за 2016 г., Россия занимает лидирующие позиции в борьбе за снижение выбросов парниковых газов, добившись с 1990 г. снижения выбросов на 43 %. Такой результат был достигнут благодаря активной работе по модернизации и энергосбережению в электро- и теплоэнергетике, водоснабжении и водоотведении, промышленности, сельском хозяйстве и на транспорте [3–5].

Расчёты, сделанные этим же институтом, показывают, что ввод в России углеродного сбора в рамках Парижского соглашения в размере 15 долл. США за тонну эквивалента  $\text{CO}_2$  потребует ежегодных выплат в размере 2,6...3,3 трлн руб. При увеличении ставки сбора на выбросы до 35 долл. США за тонну эквивалента  $\text{CO}_2$  объём выплат увеличится до 6,0...7,7 трлн руб.

Наибольшей уязвимостью к введению углеродного сбора характеризуются добыча угля и торфа, электро- и теплоэнергетика. В настоящее время в электроэнергетике в качестве автономных источников электрической энергии на объектах Министерства обороны Российской Федерации (МО РФ), в основном, используются энергоустановки на базе двигателей внутреннего сгорания (ДВС), среди которых преобладают дизельные (ДЭУ). По данным Департамента эксплуатационного содержания и обеспечения коммунальными услугами (ДЭС и ОКУ) МО РФ насчитывается более 1 000 дизельных электростанций. При этом 35 % от общего числа ДЭУ находятся в труднодоступных районах Забайкальского края, Камчатки, Сахалина и Крайнего Севера. В отсутствие развитой автомобильной и железнодорожной инфраструктуры завоз дизельного топлива в эти отдаленные районы не выгоден с экономической точки зрения, а порой и вовсе невозможен в отсутствие навигации.

В качестве автономных источников теплоты в теплоэнергетике применяются котельные. В настоящее время (по данным ДЭС и ОКУ) из 841 действующей котельной 735 котельных работают на твердом топливе (каменные и бурые угли низкого качества) и жидком топливе, используют высоковязкие сернистые обводненные мазуты и дорогостоящее дизельное топливо.

С позиций вышеизложенного чрезвычайную актуальность приобретает не только проблема снижения расходов на доставку топлива на объекты, но и проблема повышения коэффициента его использования, а также улучшения экологической составляющей работы твердотопливных котельных и ДЭУ путем снижения объема вредных выбросов (в том числе парниковых газов) и уменьшения вредного воздействия на окружающую среду.

Для этого при проектировании новых и реконструкции действующих котельных установок должны быть выполнены мероприятия, обеспечивающие очистку дымовых газов от золы с тем, чтобы концентрация ее в приземном слое атмосферного воздуха не выходила за рамки предельно-допустимых концентраций, установленных нормативно-правовыми актами Российской Федерации. Коэффициент очистки дымовых газов от золы при выполнении всех защитных мероприятий не может быть менее 0,9. Для этих целей применяются: электрофильтры, мокрые золоуловители, сухие золоуловители и др.

Для очистки дымовых газов от оксидов серы используют двухциклический щелочной способ с применением слабого раствора солей натрия или аммиака с последующей обработкой известью или известняком. В результате такой очистки образуется шлам, содержащий  $\text{CaSO}_3$  и щелочной раствор. Эффективность процесса может достигать 95 %. Недостатком способа является большое количество образующегося шлама [6].

Другим способом очистки от оксидов серы является магнетитовый метод, при котором при поглощении  $\text{SO}_2$  образуется сульфит магния  $\text{MgSO}_3$ , который после обжига

образует исходные продукты: MgO и снова используется в процессе очистки, а также SO<sub>2</sub>, перерабатываемый в твердую серную кислоту [7, 8].

Особенностью образования оксидов азота является малая зависимость от вида и состава топлива, но большая зависимость от режима горения и организации топочного процесса. Существенное влияние на образование оксидов азота оказывает также концентрация кислорода, определяемая избытком воздуха в топке.

В топочной камере образуется преимущественно оксид азота. После выхода дымовых газов из трубы и перемешивания с кислородом воздуха происходит превращение оксида азота в более токсичный диоксид азота.

Снижение выбросов оксидов азота достигается путем внедрения специальных технологических (первичных) мероприятий, направленных на подавление образования оксидов азота в процессе сгорания топлива в топках котлов, а также путем очистки газов за счет разложения образовавшихся оксидов азота в специальных установках, встроенных в тракт котла (вторичные мероприятия).

Перечень технологических мероприятий по подавлению оксидов азота в топках котлов включает в себя:

- 1) уменьшение коэффициента избытка воздуха в топке ( $1,02 \leq \alpha \leq 1,03$ );
- 2) рециркуляцию дымовых газов (установлено, что подача в топку около 20 % дымовых газов приводит к снижению выбросов азота до 40 %);
- 3) уменьшение температуры подогрева дутьевого воздуха, поступающего в топку;
- 4) многостадийное сжигание топлива: подача части воздуха, необходимого для его сжигания (до 0,8 %) в первую зону. Во вторую/третью зоны подается воздух, необходимый для дожигания продуктов неполного сгорания [2, 9–11].

Вторичные методы очистки дымовых газов от оксидов азота делятся на каталитический и высокотемпературный гомогенный методы. При высокотемпературном гомогенном методе аммиак вводится в диапазоне 850...1100 °С в тракт дымовых газов, что позволяет получить степень очистки газов от оксидов азота до 70 %.

При температуре дымовых газов 350...450 °С на газоходе котла устанавливается реактор. На участке газохода до реактора организуется ввод аммиачно-воздушной смеси в поток дымовых газов. Такой метод получил название каталитический. Из-за сложности и дороговизны производства катализаторов с малым аэродинамическим сопротивлением и необходимостью периодической длительной регенераций, метод не нашел широкого применения.

Так как технологические методы в пять–шесть раз дешевле устройств очистки газов, и они могут быть учтены непосредственно в конструкции котла и не требуют химических добавок, то вторичные мероприятия должны осуществляться только после выполнения на котле всех технологических мероприятий по подавлению образования оксидов азота.

Для снижения количества выбросов вредных веществ от твердотопливных котельных и уменьшения стоимости данных мероприятий целесообразно совмещать процесс сжигания топлива с процессом улавливания серы и понижения концентрации оксидов азота в одной установке. В качестве такой установки целесообразно использовать комбинированную установку с дизель-генератором и активным котлом-утилизатором с высокотемпературным кипящим слоем.

Авторским коллективом кафедры двигателей и тепловых установок Военного института (инженерно-технического) в составе С.В. Александрова, А.В. Смирнова, А.В. Бондарева разработана и запатентована силовая установка с активным котлом-утилизатором высокотемпературного кипящего слоя и дизель-генератором [12–14] (рис. 1).

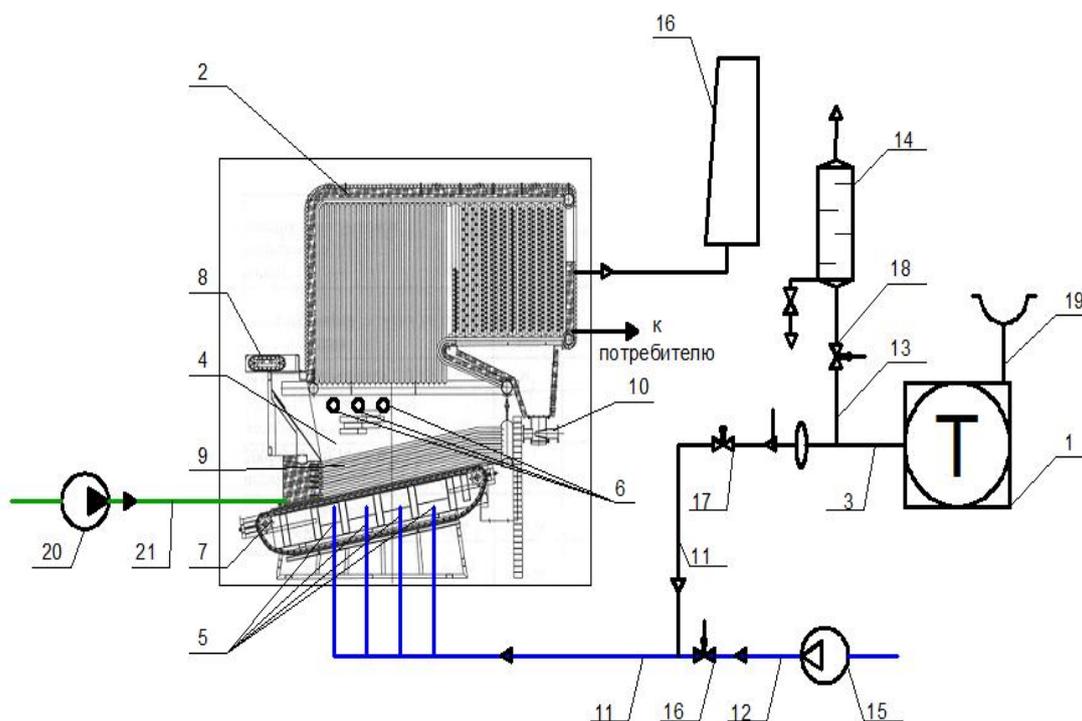


Рис. 1. Силовая установка с активным котлом-утилизатором высокотемпературного кипящего слоя и дизель-генератором

В данной установке отработавшие газы (ОГ) дизель-генератора подаются в топку котла-утилизатора. В качестве котла-утилизатора планируется применять котлоагрегат КВП-1,74 ВТКС с топкой высокотемпературного кипящего слоя. В топке котла происходит дожигание продуктов неполного сгорания дизельного топлива, содержащихся в ОГ. Кроме того, балластировка топочной камеры ОГ приводит к уменьшению коэффициента избытка воздуха и, как следствие, уменьшению температуры, что, в свою очередь, приводит к уменьшению образования оксидов азота. Отработавшие газы, имеющие температуру 350...400 °С, вносят дополнительную теплоту в топочное пространство.

Поскольку горение котельного топлива в топке происходит в потоке ОГ дизель-генератора, то для оценки эффективности сжигания топлива и снижения вредных выбросов следует разработать методику расчета параметров искусственной газовой смеси (ИГС), подаваемой в топку котла-утилизатора. Так как образование оксидов напрямую зависит от коэффициента избытка воздуха, то необходимо рассчитать его минимальные значения при условии полного сгорания топлива в потоке ОГ.

Для получения численных значений коэффициента избытка воздуха необходимо определить граничные условия, при которых процесс сгорания угля в высокотемпературном кипящем слое будет устойчивым, температура нагреваемой котлом утилизатором сетевой воды будет находиться в установленных пределах, а вредные выбросы не будут превышать предельно допустимых концентраций.

При моделировании топочных процессов необходимо принимать во внимание параметры слоя (высоту слоя, площадь поверхности теплообмена в кипящем слое и надслоевом пространстве), химический состав топлива. Для упрощения моделирования процесса горения угля в ИГС часто принимают ряд допущений, таких как:

- объемный расход ИГС, подаваемой в топку котла, постоянный и равен расходу воздуха для данного нагрузочного режима котла;
- в силу малых значений концентраций таких компонентов ОГ, как альдегиды, оксиды серы  $SO_2$ ,  $SO_3$ , предельные углеводороды ими пренебрегают и учитывают только азот, кислород, диоксид углерода;

– при горении не учитывается образование в топке оксидов азота  $\text{NO}_x$  и оксида углерода  $\text{CO}$ .

Первое допущение обосновано необходимостью поддержания требуемой скорости псевдоожижения, которая в котле с высокотемпературным кипящим слоем принимается в диапазоне 3...5 м/с. Исходя из этого, объем воздуха, подаваемого в топку вентилятором, уменьшается на величину объема добавленных ОГ дизель-генератора. В противном случае объем ИГС, подаваемой в топочное устройство, резко возрастет, что, в свою очередь, приведет к увеличению скоростей в воздухопроводах свыше предельно допустимых и срыву горения кипящего слоя.

Отказ от учета оксидов серы  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , оксидов азота  $\text{NO}_x$  и оксида углерода  $\text{CO}$  в соответствии со вторым допущением существенно влияет не только на составляющие теплового баланса котлоагрегата, но и на экологическую составляющую работы котельной и, по мнению авторов, должен учитываться в расчетах.

Для точного определения состава ОГ в целях оценки эффективности сжигания топлива и снижения вредных выбросов применяется следующая расчетная методика: определяется молекулярная масса смеси, определяется массовая концентрация  $i$ -го компонента смеси:

$$g_{O_2}^{OG} = \frac{G_B \cdot g_{O_2}^e - B_q \cdot 3,33}{G_{OG}} ;$$

$$g_{CO_2}^{OG} = \frac{G_B \cdot g_{CO_2}^e + B_q \cdot 3,19}{G_{OG}} ;$$

$$g_{N_2}^{OG} = \frac{G_B \cdot g_{N_2}^e}{G_{OG}} ;$$

$$g_{H_2O}^{OG} = \frac{G_B \cdot d + B_q \cdot 1,13}{G_{OG}} .$$

После смешения свежего воздуха, подаваемого вентилятором с ОГ дизеля массовые концентрации компонентов в смеси определяются из соотношения:

$$g_i^{ИГС} = \frac{G_B' g_i' + G_{OG}'' g_{OG}''}{G_{ИГС}} .$$

Объемный расход ОГ можно определить по следующим зависимостям:

$$G_{OG} = G_B + N_e \cdot b_e ;$$

$$G_B = 60 \cdot V_{ц} \cdot i \cdot z \cdot n \cdot \eta_n \cdot \varphi_a \cdot \rho_k .$$

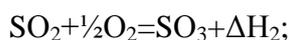
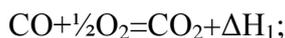
Состав ОГ всецело зависит от качества дизельного топлива, эксплуатационных характеристик и технического состояния дизель-генератора. Расход ОГ дизель-генератора АД-60-Т/400-1Р, входящего в состав экспериментальной установки, на номинальной нагрузке составит 960 кг/ч, а расход воздуха, требуемого для горения угля в котлоагрегате, при коэффициенте избытка воздуха 1,5, составит 4 046 м<sup>3</sup>/час.

При совместной работе установки на номинальном режиме ОГ дизель-генератора подаются в топку котла в полном объеме. Объем свежего воздуха, подаваемого

вентилятором, уменьшается на объем подаваемых ОГ и составит 3 086 м<sup>3</sup>/час. При этом ожидается следующая массовая концентрация компонентов ИГС:

- содержание кислорода 20,1 %;
- содержание диоксида углерода 1,92 %;
- содержание монооксида углерода 0,05 %;
- содержание сажи, SO<sub>2</sub>–0,28 %.

Коэффициент избытка кислорода в топке котла в этом случае снизится с 1,5 до 1,35–1,36, что неизменно приведет к снижению выбросов оксида азота. Для предварительной оценки изменения коэффициента использования топлива в расчетах учитывалась выделяющаяся при окислении монооксида углерода, диоксида серы и сажи теплота. Для упрощения расчетов допускается, что окисление протекает полностью по следующим реакциям:



Расчет выделившейся теплоты производился по следствию из закона Гесса:

$$\Delta H_1 = \Delta H_{\text{CO}_2} - \Delta H_{\text{CO}} = -393,51 - (-110,52) = -282,99 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H_2 = \Delta H_{\text{SO}_3} - \Delta H_{\text{SO}_2} = -395 - (-297) = -98 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta H_3 = \Delta H_{\text{CO}_2} = -393,51 \text{ кДж/моль}.$$

Массы монооксида углерода, диоксида серы и сажи соответственно равны:

$$m_{\text{CO}} = 4099,99 \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 2,05 \text{ кг};$$

$$m_{\text{SO}_2} = 4099,99 \cdot 2,8 \cdot 10^{-3} = 11,48 \text{ кг};$$

$$m_{\text{сажи}} = 4099,99 \cdot 2,8 \cdot 10^{-3} = 11,48 \text{ кг}.$$

Соответственно количество выделившейся теплоты будет равно:

$$Q_1 = \frac{2,05 \cdot 10^3 \cdot 282,99}{28} = 20718 \text{ кДж};$$

$$Q_2 = \frac{11,27 \cdot 10^3 \cdot 98}{64} = 17257 \text{ кДж};$$

$$Q_3 = \frac{11,48 \cdot 10^3 \cdot 393,51}{12} = 37457 \text{ кДж}.$$

Таким образом, при полном окислении монооксида углерода, диоксида серы и сажи в топке котла может быть дополнительно получено 75 427 кДж теплоты, а общее количество теплоты, дополнительно вносимое в топку котла ОГ дизель-генератора, составит 41 2563 кДж.

Следует отметить, что снижение выбросов азота в данной установке достигается не только балластировкой топочной камеры ОГ, но и использованием принципа многостадийного сжигания.

В конструкции котла КВП-1,74 ВТКС реализован принцип двухстадийного сжигания топлива, при котором часть дутьевого воздуха (примерно 70 %) подается под узкую наклонную колосниковую решетку для организации псевдооживленного слоя, а остальная часть дутьевого воздуха подается в зону вторичного дутья через сопла острого дутья, где происходит дожигание летучих соединений. Кроме снижения выбросов азота, за счет уменьшения коэффициента избытка воздуха в первой зоне такое решение сокращает потери

теплоты с уносом и уменьшает содержание золы в уходящих газах. Схема организации подачи дутьевого воздуха и ОГ в топочное устройство представлена на рис. 2.

В ходе проведенных испытаний котлоагрегата КВП-1,74 ВТКС при помощи газоанализатора Testo-300 был проведен анализ дымовых газов при работе котла на различной нагрузке. Результаты замеров оксидов азота и углекислого газа представлены на рис. 3.

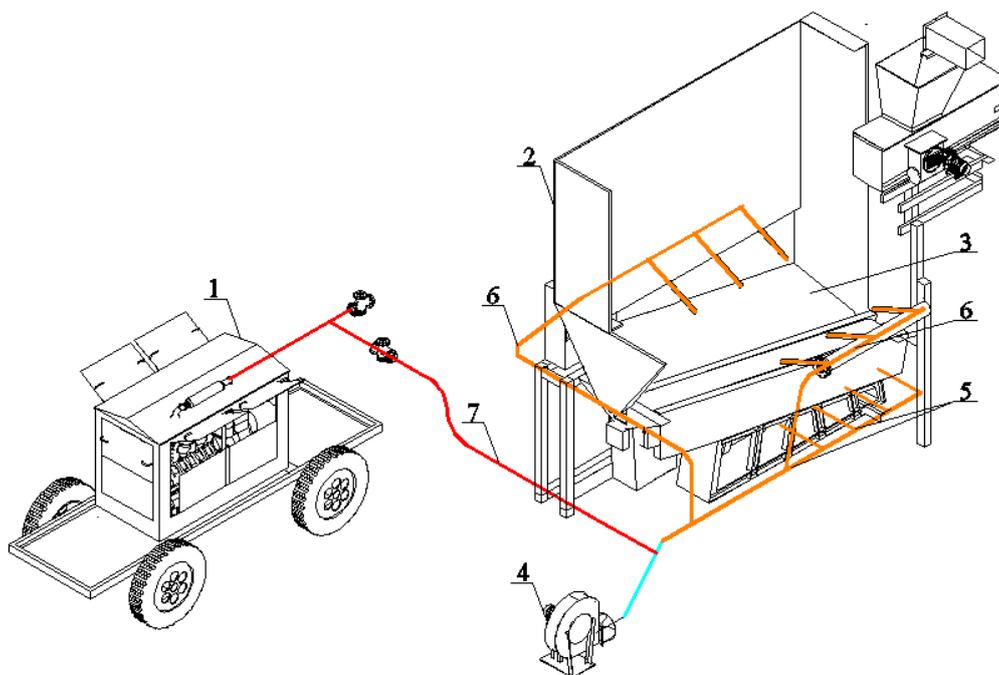


Рис. 2. Схема организации подачи дутьевого воздуха и ОГ:  
 1 – дизель-генератор; 2 – котлоагрегат КВП-1,74 ВТКС; 3 – топочное устройство котла;  
 4 – дутьевой вентилятор; 5 – зоны первичного дутья; 6 – зоны вторичного (острого) дутья;  
 7 – газоход подачи ОГ

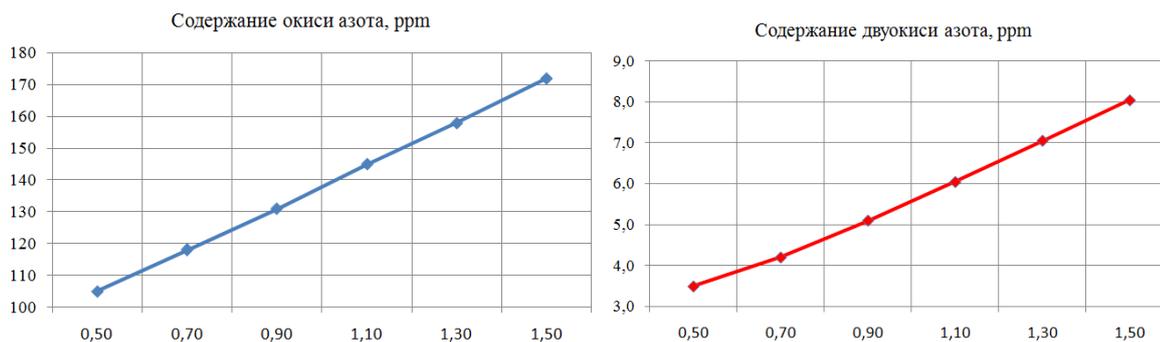


Рис. 3. Содержание NO и NO<sub>x</sub> в уходящих газах при автономной работе котла-утилизатора в зависимости от нагрузки (Гкал/ч)

В ближайшее время планируется проведение исследований совместной работы котлоагрегата КВП-1,74 ВТКС и дизель-генератора 6Ч15/18 в составе электростанции АД-60-Т/400-1Р. Для этого на экспериментальной базе Военного института (инженерно-технического) в пос. Приветнинское смонтирована экспериментальная установка. Целью испытаний является достижение устойчивой совместной работы котлоагрегата при балластировке топочного устройства ОГ дизель-генератора, повышение коэффициента

использования топлива установки и снижение выбросов оксидов азота NO<sub>x</sub> и оксида углерода CO.

### Литература

1. Киотский протокол. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8028> (дата обращения: 11.01.2019).
2. Мониторинг химических процессов в верхнем слое подстилающей поверхности и приземном слое атмосферы в регионе Санкт-Петербурга // Ученые записки. № 16. URL: [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/16-5](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/16-5). (дата обращения: 11.01.2019).
3. Риски реализации Парижского климатического соглашения для экономики и национальной безопасности России: Аналитический доклад. URL: [http://www.ipem.ru/files/files/other/doklad\\_riski\\_realizacii\\_parizhskogo\\_klimaticheskogo\\_soglasheniya\\_dlya\\_ekonomiki\\_i\\_nacionalnoy\\_bezопасnosti\\_rossii.pdf](http://www.ipem.ru/files/files/other/doklad_riski_realizacii_parizhskogo_klimaticheskogo_soglasheniya_dlya_ekonomiki_i_nacionalnoy_bezопасnosti_rossii.pdf) (дата обращения: 11.01.2019).
4. Методика оптимизации систем водоснабжения / С.В. Саркисов [и др.] // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2015. № 649. С. 181–187.
5. Методика оптимизации зональных систем водоснабжения / Ф.В. Кармазинов [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 2. С. 64–70.
6. Азбука горения. URL: <http://rielo.ru/azbuka/142.htm> (дата обращения: 11.01.2019).
7. Электроэнергетика и охрана окружающей среды. Функционирование энергетики в современном мире. Кн. 5. URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-3/section-2/2-3> (дата обращения: 11.01.2019).
8. Экология. Справочник. URL: <http://ru-ecology.info/pics/200916700990009/> (дата обращения: 11.01.2019).
9. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. Л.: Недра, 1988.
10. Диоксид азота. Влияние на человека. Класс опасности. URL: <https://www.syl.ru/article/172799/> (дата обращения: 11.01.2019).
11. Система рециркуляции отработавших газов. URL: <http://systemsauto.ru/output/recirculation.html> (дата обращения: 11.01.2019).
12. Смирнов А.В., Александров С.В., Бондарев А.В. Силовая установка с активным котлом-утилизатором высокотемпературного кипящего слоя: пат. № 2650018; опубл. 06.04.18. Доступ из нац.-электронной библиотеки.
13. Александров С.В., Болбышев Э.В., Бондарев А.В. Разработка систем комплексной автоматизации топочных процессов твердотопливных котлоагрегатов с топками кипящего слоя // Военный инженер. 2018. № 2 (8). С. 27–36.
14. Разработка дизельных-теплоэлектростанций с активными котлами утилизаторами высокотемпературного кипящего слоя / А.В. Смирнов [и др.] // Двигателестроение. 2018. № 3 (273) июль-сентябрь. С. 19–23.

### References

1. Kiotskij protokol. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/8028> (data obrashcheniya: 11.01.2019).
2. Monitoring himicheskikh processov v verhnem sloe podstilayushchej poverhnosti i prizemnom sloe atmosfery v regione Sankt-Peterburga // Uchenye zapiski. № 16. URL: [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/16-5](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/16-5). (data obrashcheniya: 11.01.2019).
3. Riski realizacii Parizhskogo klimaticheskogo soglasheniya dlya ehkonomiki i nacional'noj bezопасnosti Rossii: Analiticheskij doklad. URL: [http://www.ipem.ru/files/files/other/doklad\\_riski\\_realizacii\\_parizhskogo\\_klimaticheskogo\\_soglasheniya\\_dlya\\_ekonomiki\\_i\\_nacionalnoy\\_bezопасnosti\\_rossii.pdf](http://www.ipem.ru/files/files/other/doklad_riski_realizacii_parizhskogo_klimaticheskogo_soglasheniya_dlya_ekonomiki_i_nacionalnoy_bezопасnosti_rossii.pdf) (data obrashcheniya: 11.01.2019).
4. Metodika optimizacii sistem vodosnabzheniya / S.V. Sarkisov [i dr.] // Trudy Voennokosmicheskoy akademii im. A.F. Mozhajskogo. 2015. № 649. S. 181–187.
5. Metodika optimizacii zonal'nyh sistem vodosnabzheniya / F.V. Karmazinov [i dr.] // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. 2016. № 2. S. 64–70.

6. Azbuka gorenija. URL: <http://rielo.ru/azbuka/142.htm> (data obrashcheniya: 11.01.2019).
7. Ehlektroehnergetika i ohrana okruzhayushchej sredy. Funkcionirovanie ehnergetiki v sovremennom mire. Kn. 5. URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-3/section-2/2-3> (data obrashcheniya: 11.01.2019).
8. Ehkologiya. Spravochnik. URL: <http://ru-ecology.info/pics/200916700990009/> (data obrashcheniya: 11.01.2019).
9. Sigal I.Ya. Zashchita vozdušnogo bassejna pri szhiganii topliva. L.: Nedra, 1988.
10. Dioksid azota. Vliyanie na cheloveka. Klass opasnosti. URL: <https://www.syl.ru/article/172799/> (data obrashcheniya: 11.01.2019).
11. Sistema recirkulyacii otrabotavshih gazov. URL: <http://systemsauto.ru/output/recirculation.html> (data obrashcheniya: 11.01.2019).
12. Smirnov A.V., Aleksandrov S.V., Bondarev A.V. Silovaya ustanovka s aktivnym kotlom-utilizatorom vysokotemperaturnogo kipyashchego sloya: pat. № 2650018; opubl. 06.04.18. Dostup iz nac.-ehlektronnoj biblioteki.
13. Aleksandrov S.V., Bolbyshev Eh.V., Bondarev A.V. Razrabotka sistem kompleksnoj avtomatizacii topochnyh processov tverdoplivnyh kotloagregatov s topkami kipyashchego sloya // Voennyj inzhener. 2018. № 2 (8). S. 27–36.
14. Razrabotka dizel'nyh-teploehlektrostantsij s aktivnymi kotlami utilizatorami vysokotemperaturnogo kipyashchego sloya / A.V. Smirnov [i dr.] // Dvigatelistroenie. 2018. № 3 (273) iyul'-sentyabr'. S. 19–23.

# **БЛОКЧЕЙН: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ**

**Д.А. Мячин, кандидат экономических наук.**

**Российская академия народного хозяйства и государственной службы.**

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

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

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Освещены ключевые аспекты нового феномена в IT-индустрии текущего десятилетия, получившего стремительное развитие во всем мире – технологии блокчейн. Проанализированы концептуальные принципы, лежащие в основе новой технологии. Раскрыто значение блок-цепочки как нового типа формирования и хранения создаваемых баз данных. Приведены разнообразные примеры использования распределенного реестра данных, уже нашедших свое практическое воплощение, сделан акцент на дальнейших возможных направлениях применения блокчейна в обозримой перспективе.

*Ключевые слова:* блокчейн, распределенный реестр данных, биткоин, виртуальная валюта, криптографические методы, майнинг, цифровая транзакция, электронный платеж, открытый исходный код, базы данных

## **BLOCKCHAIN: NEW OPPORTUNITIES MANAGEMENT PRACTICE**

D.A. Myachin. Russian academy of national economy and public administration.

V.A. Onov; S.A. Nefed'ev.

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

Key aspects of the new phenomenon in the IT industry of the current decade, which has been rapidly developing around the world – the blockchain technology are highlighted. Conceptual principles underlying the new technology are analyzed. The value of blockchain as a new type of formation and storage of databases is disclosed. Various examples of using a distributed registry of data that have already found their practical implementation are given, emphasis has been placed on further possible uses of the blockchain in the foreseeable future.

*Keywords:* blockchain, distributed data registry, bitcoin, virtual currency, cryptographic methods, mining, digital transaction, electronic payment, open source code, databases

Прошедшее десятилетие отмечено появлением нового феномена в IT-индустрии: быстрое и многогранное развитие технологии блокчейн (или иначе – распределенный реестр данных), который предоставляет принципиально иные возможности для решения самых разных проблем, в том числе и в сфере управления. Не случайно многие ведущие эксперты сравнивают появление блокчейна с феноменом интернета.

Блокчейн (англ. blockchain или block chain) представляет собой непрерывную последовательную цепочку блоков, так называемую распределенную сеть (реестр), созданную по определенным правилам и содержащую информацию.

Чтобы понять специфику базы, основанной на возможностях распределенной сети, необходимо в общем виде рассмотреть особенности трех типов сетей: централизованной, децентрализованной и распределенной сети (рис.).

Первые две сети являются классическими, традиционными, повседневно и активно используются в экономике.

Централизованная сеть характеризуется тем, что в ней всегда присутствует центральная власть, центральный контрагент, выступающий связующим звеном для любого

участника цепи, через который в обязательном порядке проходят все потоки информации и транзакции.



Рис. Основной принцип технологии блокчейн – распределенная сеть

Соответственно, все права на базу данных принадлежат организации, которая ее создает. Она будет решать, кто имеет доступ и какой тип доступа могут иметь пользователи. Организация решает, что хранится в базе данных, что может быть удалено, что архивировано.

Децентрализованная сеть имеет более разветвленную структуру, здесь уже появляется некоторая самостоятельность отдельных узлов.

У этих двух типов сетей есть свои плюсы и возможные риски. Прежде всего, наличие центрального контрагента повышает уровень доверия всех участников, поскольку он наделен соответствующими полномочиями и выполняет специальные функции, опирается на законодательную базу.

Однако существуют и определенные системные риски. Они кроются в первую очередь в возможности полного или частичного краха, коллапса центрального участника. И убедительным примером такого риска являются нередкие в последнее время банкротства различных, в том числе и системно значимых, банков в нашей стране.

К числу минусов классических цепей можно отнести и тот факт, что центральный агент знает о Вас очень много. Банк, в котором Вы храните средства, имеет исчерпывающую информацию о ваших сбережениях, произведенных транзакциях. Иначе говоря, в этой системе отсутствует приватность, нет возможности сохранить определенные тайны.

Существенным недостатком является также и тот фактор, что держатели центральной власти или рядом стоящие с ним контрагенты могут начать действовать в узко корыстных целях, в интересах небольшой группы бенефициаров. Подобные действия неизбежно приводят к проблемам для большинства участников.

Нельзя не отметить и другой важный аспект: возможность взлома, эффективность хакерских атак на базы данных, в основе которых лежат централизованные и децентрализованные сети. Безопасность подобных баз данных, несмотря на постоянные совершенствования систем защиты, оставляют желать лучшего.

Таким образом, традиционные базы данных, как правило, хорошо обслуживают организации и имеют огромное значение для глобальной экономики. Но, как уже подчеркивалось, у них есть явные ограничения, которые создают и поддерживают риски для организаций. Эти проблемы по-прежнему трудно устранить и в современных условиях.

Преодоление указанных проблем многие сегодня связывают с использованием распределенных реестров данных. Как устроена распределенная сеть? Рисунок хорошо показывает ее особенность: в распределенной сети каждый может контактировать абсолютно со всеми, при этом доступ в систему открыт любому желающему. Иначе говоря, здесь нет центральной власти, все независимы и могут взаимодействовать друг с другом.

Блок-цепочка – это новый тип базы данных. Вместо централизованной или децентрализованной базы данных, находящейся на одном или нескольких серверах, база блокчейн-данных устанавливается на компьютере каждого пользователя, вошедшего в эту сеть. Иначе говоря, распределенная база данных блокчейна всякий раз копируется на каждый клиентский компьютер в этой сети (при этом их может быть сколько угодно), а центральных серверов баз данных нет.

В итоге есть цепочка блоков (или блочная цепь), которая имеет идентичную информацию во всех узлах базы данных, которые распространяются повсюду. И самое главное теперь в том, что если кто-то захотел осуществить взлом и изменить какой-либо блок, то база данных на основе блокчейна не позволит этого.

И причина в том, что каждая строка в этой базе данных непосредственно опирается на идентичную строку в каждой предыдущей базе данных. Поэтому любые несанкционированные изменения невозможно осуществить, поскольку целостность базы данных будет нарушена. Это действительно важное качество. Блоки добавляются и никогда не удаляются. Все изменения просто фиксируются как новые блоки, видно эту характерную неизменность. Другими словами, база данных блокчейн является неизменяемой базой данных. Это качество гарантирует целостность базы данных, что создает столь необходимое доверие. Хакеру необходимо будет изменить информацию о сотнях и, возможно, тысячах компьютеров, чтобы получить полномочия на внесение изменений.

Таким образом, технология блокчейн – это база данных, не похожая на большинство баз данных, которые используются в настоящее время, поскольку у нее есть два основных качества, которые делают ее уникальной и мощной: это распределенность базы данных и невозможность изменения записей.

Новым и наиболее характерным в технологии распределенного реестра данных является тот факт, что полностью отпадает необходимость в посредниках и централизованных агентах. Появляется равноправность всех участников, иерархия устраняется. В распределенном реестре данных записи о всех проведенных транзакциях сохраняются на всех компьютерах, вовлеченных в данную сеть, благодаря чему появляется полная прозрачность, транспарентность, так как никто не в состоянии изменить предыдущую запись, поскольку о ней известно всей сети.

Повышается устойчивость к различным внешним рискам и вызовам, на которые так болезненно могут реагировать традиционные сети данных. Отдельные проблемы, возникающие в сети, не могут обрушить всю систему. Кроме того, сохраняется анонимность всех участников транзакций.

Почему блокчейн стал невероятно популярен относительно недавно, буквально в последние годы? Проблемой распределенных сетей математики начали заниматься довольно давно. Однако научное сообщество смущал тот факт, что в распределенной сети все равны и анонимны, нет центральной власти, и никто не несет ответственности за произведенные действия. Иначе говоря, существовала проблема доверия к безопасности данной технологии, отсутствие уверенности в невозможности исказить транзакцию осуществленной записи.

Если в классической системе вы можете доверять посреднику и не бояться через него, скажем, делать денежные переводы, то в распределенной сети, где никто ни за что не несет ответственности, а контрагенты большей частью вообще не знакомы друг с другом, этой уверенности долгое время не было.

Прорыв произошел лишь тогда, когда появились новые математические инструменты, огромные вычислительные мощности и криптографические алгоритмы, позволившие обеспечить адекватную безопасность всей системы.

Стремительное развитие блокчейна и возникновение колоссального внимания к данному вопросу началось после публикации в октябре 2008 г. статьи под псевдонимом Сатоши Накамото [1] (есть достаточно обоснованное мнение, что это собирательное имя группы ученых), в которой четко и убедительно концептуально обоснована технология распределенного реестра данных, дано математическое обоснование криптографическим алгоритмам, применяемым в данной системе.

Огромные возможности технологии блокчейн базируются на применении секретов криптографии. Одна из многих форм криптографии называется инфраструктурой открытого ключа или PKI [2]. Computing PKI был изобретен в 1970-х гг. и представляет собой простое, умное и мощное решение для криптографии. Эта инфраструктура включает в себя два ключа: открытый ключ и закрытый ключ.

Цифровые подписи используют пары открытого/закрытого ключей для работы. При отправке электронного сообщения это сообщение подписывается с использованием закрытого ключа. Когда сообщение получено, а получатель имеет свой открытый ключ, он проверяет, что подпись была создана с помощью пары закрытого ключа отправителя. Эта цифровая подпись на основе PKI аутентифицирует то, что отправитель является тем, кем он представляется. Если кто-то попытался обмануть вас, используя другой секретный ключ, получатель, используя ваш открытый ключ, сразу узнает, что сообщение не от вас, потому что открытый ключ не аутентифицирует закрытый ключ отправителя. Простой, но мощный способ.

Это самое общее описание инфраструктуры открытого/закрытого ключей дает более полное представление о том, как работает технология блочной цепи: суть ее в том, что все транзакции в базе данных цепочки блоков аутентифицированы.

После всестороннего теоретического обоснования Сатоши Накамото теории блокчейн-технологии, которое объективно повысило доверие к распределенному реестру и доверие к контрагентам, началось ее практическое применение: в 2009 г. появился биткоин – первая криптовалюта, которая наглядно подтвердила, что применение современных криптографических алгоритмов позволяют гарантировать безопасность всей системы, в том числе и безопасность перевода биткоинов.

Появление первой жизнеспособной цифровой валюты означает реализацию подлинно новаторской идеи: валюта, способная существовать без традиционных банков, неподвластная какой-либо центральной власти. Биткоин исключает управление и контроль и регулируется только через консенсус всех пользователей валюты.

Пока не совсем ясно, к каким кардинальным изменениям в перспективе приведет этот феномен, как все это скажется на экономике будущего, но, скорее всего, изменения будут носить фундаментальный характер и смогут повлиять на жизнь человечества в целом. При этом будут, видимо, не только положительные моменты, но и какие-то отрицательные факторы.

На начальном этапе блокчейн для большинства ассоциировался исключительно с биткоином, криптовалютой. Это было связано с тем, что именно блочная цепь лежит в основе механизма, заставляющего работать криптовалюту и способной обеспечить новый способ хранения, проверки, авторизации и перемещения цифровых транзакций через интернет.

Лишь спустя несколько лет сформировалось понимание того, что блокчейн – это не только криптовалюта, а технология, способная кардинально повлиять на все сферы жизни человека. Во всем мире стал формироваться научный подход к изучению и развитию, продвижению новой перспективной технологии. Определенные шаги в данном направлении предприняты и в России: в 2016 г. в Пермском государственном национальном исследовательском университете была создана лаборатория по изучению

и совершенствованию технологии блокчейн, а в 2017 г. аналогичная лаборатория образована в Сбербанке.

Проблема блокчейна была поднята на государственный уровень: в марте 2017 г. два министерства в Правительстве Российской Федерации получили поручение сделать анализ на предмет применения блокчейн-технологий в государственном управлении. Летом этого же года создается рабочая группа под руководством первого вице-преьера по вопросу применения технологии блокчейн в государственном и корпоративном управлении, целесообразности ее применения при развитии широкого спектра государственных услуг [3].

Показательно, что в программе «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р, технология распределенного реестра отнесена к числу основных сквозных цифровых технологий [4].

Очень важный акцент сделан 1 марта 2018 г. в Послании Федеральному собранию: Президент России четко дает понять, чему будет уделяться внимание в ближайшей перспективе [5]: «Нам надо формировать собственные цифровые платформы, естественно совместимые с глобальным информационным пространством. Это позволит по-новому организовать производственные процессы, финансовые и биологические услуги. В том числе и с использованием технологии распределенного реестра, что очень важно для финансовых транзакций».

Активную работу, направленную на создание законодательной базы этих технологий, ведет Российская ассоциация криптовалют и блокчейна (РАКИБ).

О масштабах стремительно набирающей популярность блокчейн-технологии в нашей стране красноречиво говорят данные (на март 2018 г.) упомянутой РАКИБ: в России более 75 тыс. майнинг-предприятий, более 50 тыс. блокчейн-разработчиков, а всего в этой экономике задействовано 2,5 млн человек, включая держателей криптовалюты, майнеров и команды, организующие ICO-проекты [6].

Подтверждением неисчерпаемых потенциальных направлений применения технологии блокчейн является тот факт, что ее начинают осваивать и применять на практике различные государственные и частные структуры. Приведем некоторые примеры.

В сентябре 2016 г. Центральный банк Российской Федерации объявил о разработке собственной блокчейн-платформы на основе Ethereum – «Мастерчейн». Проект преследует цель помочь банкам оперативно подтверждать данные о клиентах и сделках, создать различные финансовые сервисы в единой электронной системе. В консорциум по разработке платформы («ФинТех») на первых порах, помимо Центробанка, вошли Сбербанк, банк «Открытие», Альфа-банк, «Тинькофф» и Qiwi. Позже к ним добавились ВТБ, Газпромбанк, Национальная система платежных карт, ПАО «АК БАРС» банк, Платежный центр РНКО и Райффайзен банк. Предполагается, что полноценно работать данная платформа начнет в 2019 г. [7].

В конце 2017 г. Росреестр и Внешэкономбанк объявили о начале внедрения блокчейн при регистрации и учете объектов недвижимости. Реализация данного проекта нацелена на создание реестра прав на недвижимое имущество на блокчейне и полную автоматизацию процедуры проверки документов с применением смарт-контрактов. По словам главы Минэкономразвития Максима Орешкина, число ежемесячно регистрируемых сделок в период реализации эксперимента будет достигать пяти тысяч [8].

Федеральная антимонопольная служба и Сбербанк уже на практике доказали возможность обмена документами между ними на блокчейне. Технология позволяет отказаться от использования услуг посредников – операторов документооборота, гарантировать доступ к информации только со стороны конечных пользователей и обеспечить снижение расходов на текущую деятельность [9].

Министерство образования и науки Российской Федерации также задумалось о внедрении блокчейн в систему Единого государственного экзамена (ЕГЭ). Эти новые технологии устранят и сделают неактуальными применяемые сейчас в рамках ЕГЭ

разнообразные формы контроля, поскольку смогут полностью устранить возможность корректировки выполненной выпускниками школ контрольной работы [10].

Росалкогольрегулирование (РАР) собирается отслеживать производство и продажу всей алкогольной продукции в стране через блокчейн. Это позволит ужесточить контроль со стороны государства и упростит деятельность участников алкогольного рынка, так как избавит их от деклараций и других сопроводительных документов [11].

Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент) приступает к разработке отечественных программ анализа всей патентной информации на технологии блокчейн. Речь идет не только о регистрации патентов на блокчейне, но и о переводе прав на интеллектуальную собственность, распоряжении интеллектуальной собственностью и финансовых операциях по отчуждению и лицензированию этой интеллектуальной собственности [12].

В октябре 2017 г. Внешэкономбанк и Правительство Новгородской области объявили о запуске пилотного проекта по созданию системы контроля обеспечения жителей области лекарственными препаратами. Предполагается, что «использование технологии блокчейн при мониторинге всей цепочки поставок лекарственных препаратов позволит предотвратить злоупотребления и выявить нелегальный оборот дорогостоящих лекарств, а также сократить случаи смертности по причине приема некачественных лекарств» [13].

Проектами на основе блокчейн-технологии начали заниматься различные негосударственные структуры.

И в этом надо в первую очередь видеть не дань моде, а те, пока еще в полной мере не раскрытые, возможности технологии блокчейн, которые могут принести успех как крупному, так и малому бизнесу, поэтапно трансформируя его, помочь государству более качественно предоставлять в перспективе различные услуги населению.

Еще более пристальный интерес к блокчейн проявляется во многих странах мира. В новую технологию, ее всестороннее совершенствование и многогранное применение вкладываются серьезные средства.

Уже есть ощутимые конкретные результаты. В августе 2017 г. Правительство Бразилии начало тестирование системы удостоверений личности на блокчейн [14].

Финляндия идентифицирует беженцев при помощи блокчейн-технологий [15].

В Эстонии работает блокчейн-система электронного гражданства [16].

В частности, огромные перспективы технологии блокчейн просматриваются в контексте реальных изменений архитектуры глобальных платежных систем. Сегодня трансграничные операции затягиваются до трех–пяти дней из-за их достаточной громоздкости: в этих операциях задействованы от одного до нескольких банков-корреспондентов.

В настоящее время разрабатываются альтернативные проекты, в основе которых лежит технология блокчейн. Данные проекты предполагают возможность автоматической обработки всех платежей в режиме реального времени и создания в недалекой перспективе одноранговой платежной системы, исключая участие каких-либо посредников. Отсутствие посредников, которое гарантирует блокчейн-технология, создаст исключительные преимущества для финансовых институтов. Успешная реализация проекта принесет значительное сокращение издержек на проведение банковской операции: стоимость транзакции блокчейн-сети BitcoinCash составляет сейчас около \$ 0,21, а проект Ripple анонсирует стоимость транзакции в \$ 0,00047, а потраченное на нее время – четыре секунды. Сегодня Ripple уже тестирует свой сервис с более чем 100 финансовыми организациями. Разработчики системы заявляют, что издержки на международные переводы можно будет сократить на 50 % – 60 %) [17].

Блокчейн-технология может с успехом применяться при решении такой актуальной во всех странах проблемы, как борьба с контрафактом. По мнению некоторых экспертов, 40 % всех автомобильных компонентов на рынке являются поддельными. Еще хуже ситуация с лекарственными препаратами: в ряде стран 70 % лекарств следует считать

контрафактными. Ежегодно объем контрафактных товаров в мире составляет не менее 600 млрд долл. [18].

Применение технологии блокчейн и криптомаркировка любых предметов с помощью криптометок позволят реально отслеживать передвижение каждого из этих товаров, и на любом этапе доставки определять был ли данный объект изготовлен официальным производителем или же его подделали. Попытка же подделать товар (взломать шифр, создать генератор криптокодов, создать криптометку и установить ее на товар) экономически не будет оправдана, поскольку потребует избыточных затрат, прежде всего, финансовых.

Применение блокчейна позволит значительно упростить такой трудоемкий процесс, как складирование и перевозка кораблями миллионов контейнеров. Здесь огромное значение имеет время, необходимое для оформления документов, особенно на быстропортящиеся продукты.

Использование блок-цепочки поможет сделать все транзакции цифровыми, которые практически нельзя будет подделывать, поскольку все подписи будут идентифицироваться, а каждый шаг движения контейнера станет транспарентным.

В августе 2018 г. Всемирный банк анонсировал выпуск облигаций на базе блокчейн. Эти облигации будут, как отмечается в пресс-релизе банка, первым в мире долговым инструментом, «созданного, размещенного, передаваемого и управляемого на протяжении всего его жизненного цикла при помощи технологии распределенного реестра». Новый тип облигаций получил название bond-i [19].

В реализацию проекта Telegram Open Network (TON), представляющего собой блокчейн-платформу на основе мессенджера Telegram, инвесторы вложили 1,7 млрд долл. [20].

Блокчейн-технология становится действительно интересным полем деятельности для многих. На взгляд авторов, технология распределенного реестра найдет широкое применение при проведении выборов различного уровня. Например, первой страной в мире, где выборы национального лидера прошли с использованием данной технологии, стала небольшая африканская страна Сьерра-Леоне. Процедура голосования, в которой приняли участие около 70 % населения данного государства (проживает 7 млн 396 тыс. чел.), была полностью анонимной, но запись о голосе каждого избирателя сохранилась в системе и после завершения голосования любой желающий имел возможность посмотреть и проверить эту информацию.

Всю работу по разработке технологии голосования на основе блокчейна провела компания Агора, созданная в 2015 г. в Швейцарии и специализирующаяся на создании системы голосования, являющейся прозрачной и поддающейся проверке со стороны различных контролирующих организаций и общественности [20].

Возможности блокчейна, несомненно, найдут применение в сфере защиты прав на интеллектуальную собственность, доказывания права собственности на цифровой продукт. Сегодня цифровые продукты (фотография, музыка) стали очень доступными для всех, что, в свою очередь, позволяет легко их украсть, бесплатно использовать. В силу этого творческие работники, средства массовой информации несут миллиардные убытки. Дело в том, что владельцу цифрового продукта очень трудно доказать свое право на него.

И в этом контексте блокчейн, видимо, будет незаменим. Если вы регистрируете свое право на цифровой продукт в блокчейне, то вы получаете непреложное доказательство вашего авторства на него. Например, если вы профессиональный фотограф и регистрируете свои фотографии на блокчейн-цепочке, то кому-то другому будет сложно заявить, что он сделал снимок. Ваша запись о владельце будет храниться в блок-цепочке, и почти невозможно изменить этот факт.

Вывод: когда мы начинаем думать о направлениях применения и использования блокчейн-технологий, то видим, какие огромные перспективы и возможности они представляют людям. Есть все основания предполагать, что именно эта технология

в ближайшем будущем кардинально изменит многое в нашей повседневной действительности.

### **Литература**

1. Nakamoto Satoshi Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System // Genius. URL: <https://genius.com/Satoshi-nakamoto-bitcoin-a-peer-to-peer-electronic-cash-system-annotated> (дата обращения: 20.01.2019).
2. Полянская О.Ю., Горбатов В.С. Инфраструктуры открытых ключей. М.: Бином, 2007.
3. Шувалов: Путин заболел цифровой экономикой // Ведомости. 2017.
4. Цифровая экономика Российской Федерации: программа (утв. Распоряжением Правительства Рос. Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-п). URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 25.02.2018).
5. Послание Президента Рос. Федерации Федер. собр. URL: <http://www.kremlin.ru>. (дата обращения: 01.03.2018).
6. Участники рынка блокчейна оценили потери российской экономики от ICO // Коммерсант. 2018.
7. Forklog. URL: <https://forklog.com/rossijskie-banki-testiruyut-blokchejn-servis-dlya> (дата обращения: 11.01.2017).
8. Росреестр тестирует новые технологии // Коммерсант. 2018.
9. Сбербанк и ФАС запустили обмен документами на блокчейн // Коммерсант. 2017.
10. ЕГЭ предложили заменить блокчейном // Комсомольская правда. 2018.
11. Продажи всего алкоголя в России начнут отслеживать через блокчейн в 2018 году // Коммерсант. 2017.
12. Роспатент пообещал перевести всю патентную систему на блокчейн в 2018 году // Рос. газ. 2017.
13. BitNovosti. URL: <https://bitnovosti.com/2017/10/18/v-novgorodskoj-oblasti-kontrol-z> (дата обращения: 22.04.2018).
14. CoinMarket.News. URL: <https://coinmarket.news/2017/08/24/pravitelstvo-brazilii-testiruet-blokchejn-sistemu-udostoverenij-lichnosti/> (дата обращения: 15.08.2018).
15. CoinMarket.News. URL: <https://coinmarket.news/2017/09/06/finlyandiya-reshila-problemu> (дата обращения: 27.10.2018).
16. CoinMarket.News. URL: <https://coinmarket.news/2017/08/16/blokchejn-respublika-sistem> (дата обращения: 14.12.2018)
17. Спасение в блокчейне. Когда наступит будущее для банковских переводов // Forbes. Финансы и инвестиции. 2018.
18. Ставка на будущее. Какие технологии изменят мир к лучшему // Forbes. Технологии. 2018.
19. Всемирный банк выпустит первые в мире облигации на блокчейн // Коммерсант. 2018.
20. Проект Вести.ru. URL: <https://hitech.vesti.ru/article/1151804> (дата обращения: 24.02.2018).
21. Agora. URL: [https://agora.vote/Agora\\_Whitepaper\\_v0.1.pdf](https://agora.vote/Agora_Whitepaper_v0.1.pdf) (дата обращения: 15.08.2018).

### **References**

1. Nakamoto Satoshi Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System // Genius. URL: <https://genius.com/Satoshi-nakamoto-bitcoin-a-peer-to-peer-electronic-cash-system-annotated> (data obrashcheniya: 20.01.2019).
2. Polyanskaya O.Yu., Gorbatov V.S. Infrastruktury otkrytyh klyuchey. M.: Binom, 2007.
3. Shuvalov: Putin zabolet cifrovoj ehkonomikoj // Vedomosti. 2017.

4. Cifrovaya ehkonomika Rossijskoj Federacii: programma (utv. Rasporyazheniem Pravitel'stva Ros. Federacii ot 28 iyulya 2017 g. № 1632-r). URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (data obrashcheniya: 25.02.2018).
5. Poslanie Prezidenta Ros. Federacii Feder. sobr. URL: <http://www/kremlin.ru>. (data obrashcheniya: 01.03.2018).
6. Uchastniki rynka blokchejna ocenili poteri rossijskoj ehkonomiki ot ICO // Kommersant. 2018.
7. Forklog. URL: <https://forklog.com/rossijskie-banki-testiruyut-blokchejn-servis-dlya> (data obrashcheniya: 11.01.2017).
8. Rosreestr testiruet novye tekhnologii // Kommersant. 2018.
9. Sberbank i FAS zapustili obmen dokumentami na blokchejn // Kommersant. 2017.
10. EGE predlozhili zamenit' blokchejnom // Komsomol'skaya pravda. 2018.
11. Prodazhi vsego alkogolya v Rossii nachnut otslezhivat' cherez blokchejn v 2018 godu // Kommersant. 2017.
12. Rospatent poobeshchal perevesti vsyu patentnuyu sistemu na blokchejn v 2018 godu // Ros. gaz. 2017.
13. BitNovosti. URL: <https://bitnovosti.com/2017/10/18/v-novgorodskoj-oblasti-kontrol-z> (data obrashcheniya: 22.04.2018).
14. CoinMarket.News. URL: <https://coinmarket.news/2017/08/24/pravitelstvo-brazilii-testiruet-blokchejn-sistemu-udostoverenij-lichnosti/> (data obrashcheniya: 15.08.2018).
15. CoinMarket.News. URL: <https://coinmarket.news/2017/09/06/finlyandiya-reshila-problemu> (data obrashcheniya: 27.10.2018).
16. CoinMarket.News. URL: <https://coinmarket.news/2017/08/16/blokchejn-respublika-sistem> (data obrashcheniya: 14.12.2018)
17. Spasenie v blokchejne. Kogda nastupit budushchee dlya bankovskih perevodov // Forbes. Finansy i investicii. 2018.
18. Stavka na budushchee. Kakie tekhnologii izmenyat mir k luchshemu // Forbes. Tekhnologii. 2018.
19. Vsemirnyj bank vypustit pervye v mire obligacii na blokchejn // Kommersant. 2018.
20. Proekt Vesti.ru. URL: <https://hitech.vesti.ru/article/1151804> (data obrashcheniya: 24.02.2018).
21. Agora. URL: [https://agora.vote/Agora\\_Whitepaper\\_v0.1.pdf](https://agora.vote/Agora_Whitepaper_v0.1.pdf) (data obrashcheniya: 15.08.2018).

# ИССЛЕДОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТОРА, ЦИЛИНДРА И КОНУСА, КАК ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ЦИКЛИДЫ ДЮПЕНА

**А.В. Широухов, кандидат технических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

**И.В. Тищенко, кандидат педагогических наук;**

**Л.В. Брыкова, кандидат педагогических наук.**

**Белгородский государственный технологический университет**

**им. В.Г. Шухова**

Проведено исследование возможностей компьютерного моделирования поверхностей тора, цилиндра и конуса, как частные случаи циклиды Дюпена, путем преобразования поверхности циклиды. В этой работе применяется один из способов задания циклиды, в котором она задается двумя очерками. Исследование проводится в двух графических программах, предназначенных для моделирования трехмерных объектов, программы Solid EDGE и Auto Cad. Сравнительный анализ полученных поверхностей тора, цилиндра и конуса с идеальной моделью этих поверхностей, дает итоговый результат работы в виде относительной погрешности построений.

*Ключевые слова:* циклида Дюпена, конструирование поверхности, кривые второго порядка, компьютерная графика

## TORUS, CYLINDER AND CONE RESEARCH BY MEANS OF COMPUTER MODELLING AS FREQUENTE CASES OF DUPIN CYCLIDE

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

I.V. Tyshchenko; L.V. Brykova.

Belgorod state technological university named after V.G. Shukhov

In present research the opportunity of computer modeling of torus, cylinder and cone surfaces by means of cylinder surface transformation are overviewed as frequent cases of Dupen cyclide. In this work one of ways of cyclide job in which it is set by two sketches is applied. The research is conducted in two graphic programs intended for three-dimensional object modeling, the Solid EDGE and Auto CAD program. The comparative analysis of the received of torus, cylinder and cone surfaces with ideal model of these surfaces, yields the final result of work in the form of a relative error of constructions.

*Keywords:* Dupin's cyclide, surface design, second-order curves, computer graphics

В разделе начертательной геометрии изучается особый класс поверхностей, образованный окружностями и названный «Циклические поверхности» [1–3]. Внутри этого класса поверхностей есть каналовые поверхности. Циклиды Дюпена принадлежат к каналовым поверхностям и являются частным случаем этих поверхностей [4–6, 7]. Название это дано Пьером Шарлем Франсуа Дюпеном (1784–1873 гг.) в начале XIX в., который открыл циклиды и обратил внимание на свойства этих поверхностей. Эти поверхности названы в его честь [8, 9]. Циклиды (Cyclides) – поверхности четвертого порядка, линии кривизны которых суть круг. К таким поверхностям принадлежит кольцевая поверхность, образуемая окружностью при вращении ее вокруг оси, заключающейся в плоскости круга, но не проходящей через центр его. Для такой поверхности фокальные линии представляют собой окружность и прямую (ось), перпендикулярную к ее плоскости, проходящую через центр окружности. Полученная циклида является тором. В случае, когда одна из фокальных

линий представляет собой прямую, а вторая фокальная линия находится в бесконечности, полученная циклида является конусом вращения или цилиндром вращения [10]. Тор, круговая цилиндрическая и круговая коническая поверхности представляют собою частные виды циклиды [4].

В зависимости от выбранного способа задания циклиды Дюпена можно получить в результате разное количество ее возможных форм, от единственно возможной до нескольких. Все способы построения циклиды подходят для компьютерного моделирования [11].

Изучим возможности компьютерного моделирования простейших кривых поверхностей тора, цилиндра и конуса, исходя из условия их формирования из поверхности циклиды Дюпена. Каждая графическая программа имеет свои ограничения построений. Рассмотрим, какая из предложенных графических программ, предназначенных для построения трехмерных объектов, выполнит это построение наиболее точно, то есть наиболее точно покажет графическое формирование поверхностей тора, цилиндра и конуса из поверхности циклиды Дюпена путем изменения ее характеристик. Исходные параметры построения для двух компьютерных графических программ задаем равными. В работе учитываются индивидуальные особенности ограничений каждой графической программы.

Воспользуемся графической программой SOLID EDGE и AUTO CAD. Solid Edge – это современная система автоматизированного проектирования (САПР), обладающая уникальными инструментами для создания и редактирования трехмерных цифровых макетов изделий [12]. AutoCAD – относится к классу программ CAD (Computer Aided Design), которые предназначены для разработки конструкторской документации: чертежей, моделей объектов, схем и т.д. Программа позволяет строить 2D и 3D чертежи любого назначения и сложности с максимальной точностью [13].

Сначала строим поверхность циклиды Дюпена. Для этого воспользуемся функцией «Выступ по направляющей» (рис. 1). Построение производим по направляющим, которыми являются два очерка циклиды и с помощью двух сечений разного диаметра. В результате всех построений получаем поверхность циклиды Дюпена (рис. 2).

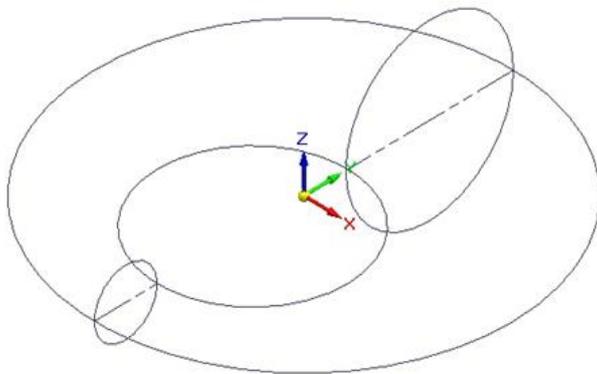


Рис. 1. Построение циклиды Дюпена по направляющей

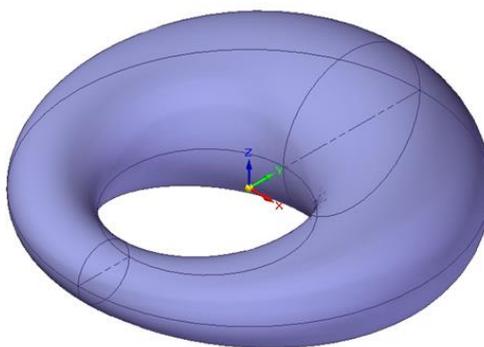


Рис. 2. Поверхность циклиды Дюпена

1. Тор. Самым простым по преобразованию из циклиды Дюпена и построению является поверхность тора. Для его получения исходные радиусы сечений задаем равными по наибольшему сечению, сохраняя размер наибольшего очерка циклиды Дюпена, то есть, сохраняя габарит циклиды. Для сравнения рассмотрим в одном масштабе поверхность исходной циклиды Дюпена (рис. 3 а) и полученную после ее преобразования поверхность тора (рис. 3 б). С этой задачей графическая программа справляется без сложностей и с наименьшей погрешностью изображения поверхности тора.

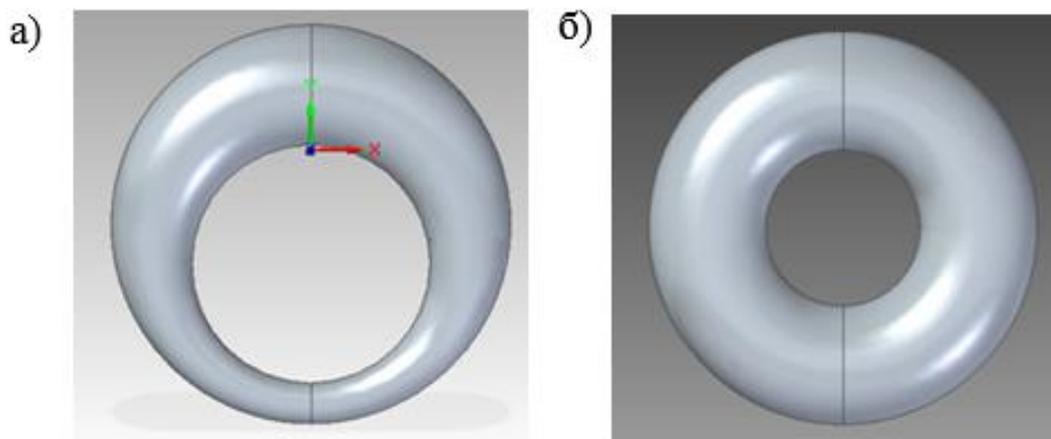


Рис. 3. Поверхность, выполненная в графической программе:  
а) циклида Дюпена; б) поверхность тора

2. Цилиндр. Несколько сложнее в графической программе из поверхности циклиды получить цилиндр. Для его построения логично циклиду первым действием преобразить в тор, а затем изменить параметры: сохраняя размер сечений, увеличить диаметр внешней направляющей, очерка циклиды до максимально возможного значения, которое позволяет выполнить программа, устремляя тем самым это значение в бесконечность. Размер внутреннего очерка меняется в зависимости от значения диаметра внешнего очерка. Изучая полученную поверхность, получаем графическое изображение поверхности, внешние параметры которой приближены к параметрам цилиндра, где осевая и линии очерков приближены к прямым параллельным линиям (рис. 4. а, б). Погрешность изображения цилиндра, как частного случая циклиды, зависит на прямую от графических возможностей программы.

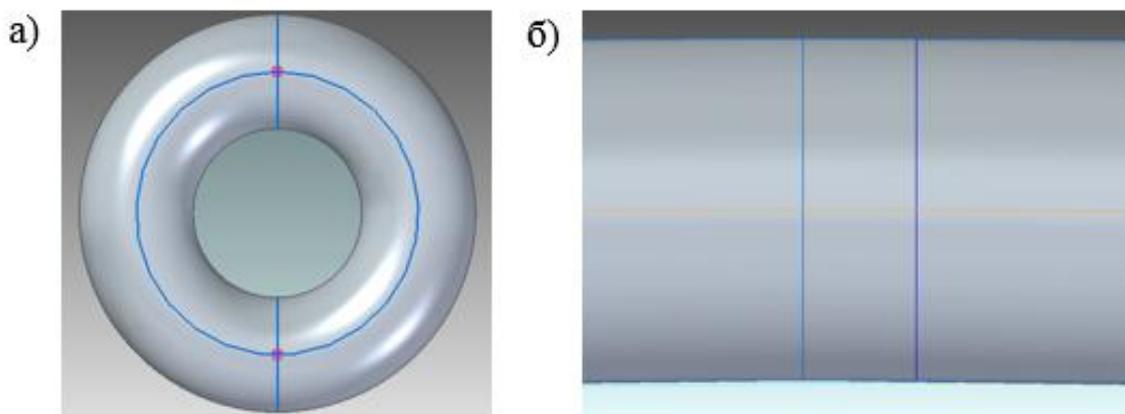


Рис. 4. Поверхность, выполненная в графической программе:  
а) поверхность тора; б) поверхность цилиндра

3. Конус. Для получения поверхности конуса из циклиды первым действием преобразуют циклиду до нужных параметров, чтобы затем задать новые геометрические характеристики. Необходимыми параметрами циклиды для дальнейшего ее преобразования являются диаметры ее сечений, один из которых должно принимать значение, приближенное к нулю, чтобы свести это сечение к точке, а второй сохраняет свое исходное значение. Размер внешней направляющей сохраняем без изменений исходного значения, размер внутренней направляющей соответственно изменится. Затем полученную циклиду преобразуем для получения поверхности конуса. Для этого увеличиваем размер внешней направляющей до максимально возможного значения, которое позволяет выполнить программа, устремляя тем самым это значение в бесконечность. Размер внутреннего очерка вновь изменится в зависимости от значения диаметра внешнего очерка. Изучая полученную поверхность в том же масштабе, что и исходная циклида, получаем графическое изображение поверхности, внешние параметры которой приближены к параметрам конуса, где осевая линия приближена к прямой (рис. 5 а, б).

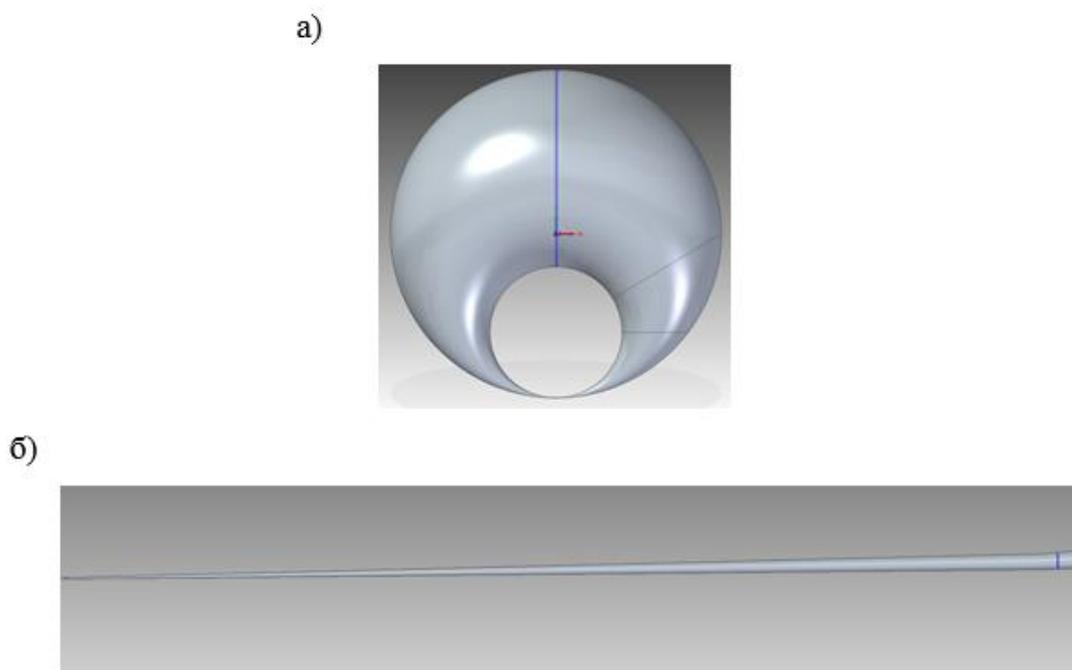


Рис. 5. Поверхность, выполненная в графической программе:  
а) поверхность циклиды; б) поверхность конуса

С целью определения точности построения исследуемых поверхностей в каждой компьютерной программе были построены необходимые сечения плоскостью. Разница между контурами сечений построенных поверхностей и контуром точного сечения образмерена и представлена относительной погрешностью изображения.

Исследуем тор. Особенности построения тора обеспечивают его точное изображение в компьютерной программе. Задавая конкретные значения параметров, размеров двух очерков и сечений, и проведя сравнительный анализ с идеальной моделью тора, получаем точное изображение поверхности. В обеих графических программах погрешность построения тора практически сведена к нулю.

Исследуем цилиндр. Поскольку диаметр внешней направляющей задается наибольшим значением, которое позволяет выполнить программа для построения данной поверхности, в каждой программе сталкиваемся с конкретными ограничениями.

Методом подбора этого параметра выяснилось, что в программе Solid Edge он ограничен значением, превышение которого не позволило выполнить привязку

геометрических элементов сечений к направляющей. Исследуя конечный результат построений с идеальной поверхностью цилиндра, находим погрешность построений. Поскольку размер сечения задается точным, оно не имеет погрешности в сравнении с идеальным сечением поверхности. Изменение «накапливается» по линиям очерков, которые геометрически стремятся в бесконечность, а значит стремятся стать прямой линией. Видимая разница (уклон) между идеальной прямой и полученным построением в определенном масштабе направляющими образмерена и представлена в виде относительной погрешности построений.

Ту же самую работу проделали в программе AutoCad. Выбор максимально возможного значения радиуса направляющей в этой программе делаем таким же. Приняв для исследования наибольшее конечное значение радиуса направляющей, программа без ограничений дальнейших действий строит поверхность. Так же исследуя конечный результат построений с идеальной поверхностью цилиндра, находим погрешность изображения цилиндра в этой программе. Исследование показало, что построение цилиндра и сохранение его в виде каркасной поверхности дает наименьшие погрешности.

Исследуем конус. Условием построения конуса является задание одного из исходных сечений в виде точки. Точка как геометрический элемент для разных графических программ читается и задается по-разному.

В ходе исследования в программе Solid Edge выяснилось, что задать одно из сечений конуса точкой, как элементом геометрии поверхности для дальнейших построений, не является возможным. Поскольку цель данной работы заключается в получении конуса из поверхности циклиды, параметрами построения которого были приняты два очерка и два сечения, то численное изменение задаваемых параметров должно привести к изменению геометрии циклиды до нужной поверхности. Задание точкой одного из сечений не дает этой возможности. Поэтому размеры одного из сечений принято задать минимально возможным числовым значением, которое допускает программа. Дальнейшие преобразования производятся, как для поверхности цилиндра, устремлением линии направляющей в бесконечность. Видимая разница (уклон) между образующими идеального конуса и полученным построением в определенном масштабе направляющими образмерена и представлена в виде относительной погрешности построений.

В программе AutoCad размеры одного из сечений так же принято задать минимально возможным числовым значением, которое допускает программа. Для построения поверхности конуса из поверхности циклиды задаем те же параметры, что и в программе Solid Edge.

Анализ полученных данных выявил следующую особенность. Относительная погрешность размеров сечений поверхностей разная в используемых программах, но не имеет существенных отличий. Поскольку искомые поверхности получаются преобразованием поверхности циклиды, что являлось целью работы, погрешность построений в программах обусловлена в большей степени не ограничениями самих графических программ, а условиями задаваемых параметров. Эта погрешность меняется в зависимости от количества геометрических действий и числового значения параметров.

Исследование показало, что изображение модели тора практически не имеет погрешности, исключая графические ограничения самих программ, поскольку эту поверхность получили изменением одного лишь параметра циклиды без предварительного преобразования поверхности. Построенная модель цилиндра обладает некоторой погрешностью изображения, поскольку один из задаваемых параметров своим значением устремляется в бесконечность, но ограничен некоторым конечным числом. Модель конуса после всех преобразований обладает самой большой погрешностью, так как два ключевых параметра своим значением относительны и ограничены условиями возможностей программ. Эта зависимость выражена графиком для каждой программы (рис. 6).

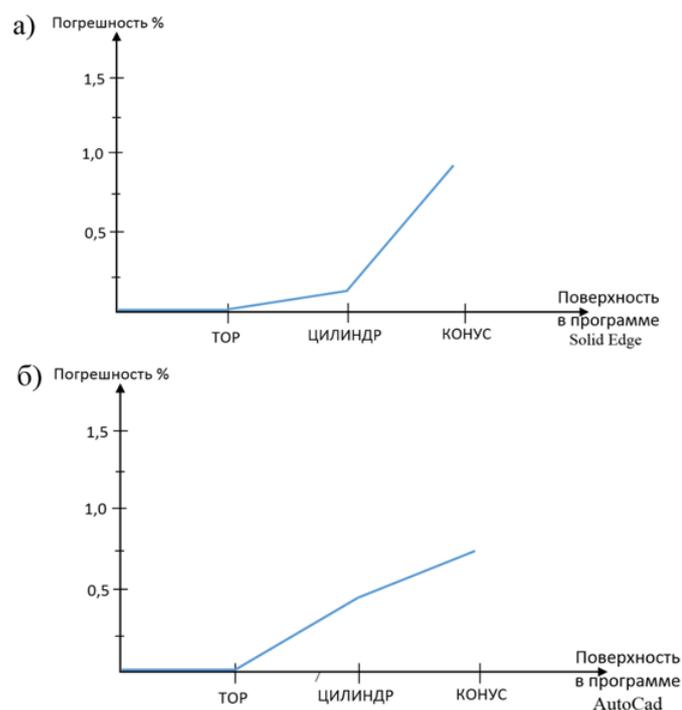


Рис. 6. Относительная погрешность размеров сечений поверхностей:  
а) в программе Solid Edge; б) в программе Auto Cad

В данной работе было проведено исследование поверхностей тора, цилиндра и конуса, как частные случаи циклиды Дюпена. Построение с помощью компьютерного моделирования показало, что эти простейшие поверхности второго порядка, возможно, получить преобразованием поверхности циклиды. Однако идеальная модель исследуемых поверхностей рассматриваемыми преобразованиями не может получиться. А конструирование поверхности тора, цилиндра и конуса с минимальной погрешностью возможно с помощью компьютерного моделирования их как самостоятельных геометрических поверхностей.

### Литература

1. Иванов Г.С. Начертательная геометрия. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ Публ., 2012. 340 с.
2. Курс начертательной геометрии / Н.Ф. Четверухин [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Гостехиздат, 1956. 435 с.
3. Сальков Н.А. Начертательная геометрия: базовый курс: учеб. пособие. М.: НИЦ Инфра-М, 2013. 184 с.
4. Берже М. Геометрия. М.: Мир, 1984. Т. 1. 500 с.
5. Берже М. Геометрия. М.: Мир, 1984. Т. 2. 368 с.
6. Давид Гильберт и Стефан Кон-Фоссен. Наглядная геометрия / пер. с нем. С.А. Каменецкого. М.-Л.: ОНТИ, 1936. 304 с.
7. Клейн Ф. Высшая геометрия. М.-Л.: ОНТИ, 1939. 399 с.
8. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. URL: <https://gufo.me/dict/brockhaus> (дата обращения: 10.09.2018).
9. Dupin Ch. Développements de géométrié. P. 1813.
10. Сальков Н.А. Свойства циклид Дюпена и их применение // Журнал Геометрия и графика. 2017. Ч. 1. № 3. С. 16–25.
11. Сальков Н.А. Способы задания циклиды Дюпена // Журнал Геометрия и графика. 2017. № 3. С. 11–20.
12. Описание программы SOLID EDGE. URL: <http://www.cadprofy.com/catalog/CAD/Solid-Edge> (дата обращения: 10.09.2018).
13. AutoCAD для всех. URL: <http://dwglesson.ru/o-programme.html> (дата обращения: 10.09.2018).

## References

1. Ivanov G.S. Nachertatel'naya geometriya. M.: FGBOU VPO MGUL Publ., 2012. 340 s.
2. Kurs nachertatel'noj geometrii / N.F. CHetveruhin [i dr.]. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Gostekhizdat, 1956. 435 s.
3. Sal'kov N.A. Nachertatel'naya geometriya: bazovyy kurs: ucheb. posobie. M.: NIC Infra-M, 2013. 184 s.
4. Berzhe M. Geometriya. M.: Mir, 1984. T. 1. 500 s.
5. Berzhe M. Geometriya. M.: Mir, 1984. T. 2. 368 s.
6. David Gil'bert i Stefan Kon-Fossen. Naglyadnaya geometriya / per. s nem. S.A. Kameneckogo. M.-L.: ONTI, 1936. 304 s.
7. Klejn F. Vysshaya geometriya. M.-L.: ONTI, 1939. 399 s.
8. Ehnciklopedicheskij slovar' Brokgauza i Efrona. URL: <https://gufo.me/dict/brockhaus> (data obrashcheniya: 10.09.2018).
9. Dupin Ch. Développements de géométrié. P. 1813.
10. Sal'kov N.A. Svoystva ciklid Dyupena i ih primenenie // Zhurnal Geometriya i grafika. 2017. Ch. 1. № 3. S. 16–25.
11. Sal'kov N.A. Sposoby zadaniya ciklidy Dyupena // Zhurnal Geometriya i grafika. 2017. № 3. S. 11–20.
12. Opisaniye programmy SOLID EDGE. URL: <http://www.cadprofy.com/catalog/CAD/Solid-Edge> (data obrashcheniya: 10.09.2018).
13. AutoCAD dlya vsekh. URL: <http://dwglesson.ru/o-programme.html> (data obrashcheniya: 10.09.2018).

# **МЕТОДИКА ОТБОРА И ОЦЕНКИ КАНДИДАТОВ ДЛЯ ЗАМЕЩЕНИЯ ВАКАНТНОЙ ДОЛЖНОСТИ В СИСТЕМЕ МЧС РОССИИ**

**А.П. Корольков, кандидат технических наук;**

**С.А. Погребов, кандидат технических наук;**

**А.А. Балобанов.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

**А.Р. Гареев.**

**Департамент кадровой политики МЧС России**

Перед МЧС России в области системы кадрового обеспечения стоит задача совершенствования механизма и методик оценки руководящих кадров, формирования резерва кадров для выдвижения на вышестоящие должности, форм и методов работы с ним. Для реализации данных задач предлагается алгоритм, реализующий методику на основе метода анализа иерархий с использованием расширенного перечня критериев для различных должностей. Эта задача становится особенно важной в настоящее время, когда реализуется политика, направленная на совершенствование кадровой структуры в МЧС России.

*Ключевые слова:* оценка кандидата, критерий отбора, вакантная должность, кадровая работа, кадровая структура

## **THE METHOD OF SELECTION AND EVALUATION OF CANDIDATES FOR VACANT POSITIONS IN THE SYSTEM OF EMERCOM OF RUSSIA**

A.P. Korolkov; S.A. Pogrebov; A.A. Balobanov.

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

A.R. Gareev. Personnel policy Department EMERCOM of Russia

The EMERCOM of Russia in the field of personnel management system is faced with the task of improving the mechanism and methods of evaluation of managerial personnel, the formation of a reserve of personnel for promotion to higher positions, forms and methods of work with him. To implement these tasks, it is proposed to use a methodology that implements algorithms, including based on the method of analysis of hierarchies, using an expanded list of criteria for different positions. This task becomes especially important at the present time, when the policy aimed at improving the personnel structure in the EMERCOM of Russia is being implemented.

*Keywords:* evaluation of the candidate, selection criteria, vacancy, personnel management, staffing structure

Несмотря на повсеместное развитие информационных технологий, обеспечивающих различные направления человеческой жизнедеятельности, вопрос информационного обеспечения в решении кадровых вопросов в должной мере не проработан.

На данный момент существует ряд методик подбора персонала, в которых самым сложным и неоднозначным по результату остается этап, на котором происходит выбор конкретного кандидата, претендующего на выполнение тех или иных функций, в конкретно взятой системе или ее структурном элементе.

Получение точных данных при оценке кандидатур, без использования различных вспомогательных средств, основываясь исключительно на аналитических способностях

человека, весьма затруднительно и в большей степени субъективно, что не позволяет максимально эффективно формировать кадровый потенциал организации.

Для МЧС России характерен процесс отбора кандидатов в рамках своего министерства. Он не требует дополнительных финансовых затрат. Сотрудники, в определенном смысле, уже достаточно хорошо изучены. В результате процесс вхождения в должность, адаптация на рабочем месте и в коллективе будет проходить для сотрудника (работника) значительно быстрее, что весьма важно, учитывая специфику задач, решение которых возложено на министерство.

В рассматриваемой системе МЧС России основным органом, осуществляющим регулирование процесса подбора и перемещения персонала, является Департамент кадровой политики. В Приказе МЧС России от 1 июля 2010 г. № 306 «О реализации решения коллегии МЧС России от 16 июня 2010 г. № 4/П «Об утверждении концепции кадровой политики МЧС России на период до 2020 года» [1] отражен ряд задач кадровой политики, одной из которых является «совершенствование управления кадровыми процессами на основе системы научно-аналитического и информационного обеспечения» [1]. Так же перед министерством в области совершенствования системы кадрового обеспечения на III этапе стоит задача «совершенствование механизма и методик оценки руководящих кадров, формирование резерва кадров для выдвижения на вышестоящие должности, форм и методов работы с ним» [2].

Для реализации данных задач предлагается использовать расширенный перечень критериев (с возможностью корректировки для различных должностей), так же методы математического моделирования. Процесс математического моделирования оптимально использовать на этапе решения о назначении кандидата (соискателя) на должность (рабочее место).

К сотруднику МЧС России предъявляется определенный перечень требований, исходя из специфики функциональных задач, от выполнения которых зависит благополучие и безопасность общества. Перечень критериев для оценки сотрудников МЧС России отражен в Приказе МЧС России от 1 декабря 2016 г. № 653 «О квалификационных требованиях к должностям в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы» (ФПС ГПС) [3].

Квалификационные требования к сотрудникам ФПС ГПС включают:

- наличие соответствующего образования;
- стаж службы;
- соответствие профессиональных знаний;
- наличие профессиональных навыков;
- уровень физической подготовки (согласно возрастной группе).

Данный перечень критериев носит общий характер, что не позволяет дать более точную оценку кандидатам. В связи с этим появляется необходимость расширения перечня критериев отбора.

В целях упорядочивания и более детальной структуризации критериев предлагается расширить перечень критериев, разделив его на две группы – базовые и дополнительные.

Базовые критерии характеризуют соответствие общим требованиям к сотрудникам по направлению деятельности [4], которые характерны для всех должностей МЧС России, без соответствия которым кандидат не допускается к прохождению следующего этапа конкурса, таким как:

- категория здоровья;
- стаж;
- образование;
- физическая подготовка (согласно возрастной группе);
- категория профессиональной пригодности.

Дополнительные критерии характеризуют уровень соответствия по конкретным направлениям деятельности и по направлениям, не относящимся напрямую к направлению деятельности, таким как:

- повышение квалификации;
- наличие опыта по направлению деятельности;
- научные труды по направлению деятельности;
- дополнительная профессия (переводчик, водолаз и т.д.);
- наличие наград (государственных, ведомственных, по направлению деятельности и т.д.);
- возраст;
- выполнение служебных обязанностей.

Данные критерии были выделены с использованием метода экспертной оценки. В комиссию в составе 10 человек вошли представители кадровых органов, руководитель подразделения и ряд других компетентных представителей. Был проведен опрос с целью выделения наиболее значимых критериев для данной должности, затем расставлены весовые коэффициенты для критериев и выведены усредненные значения [5, 6]. Алгоритм, реализующий методику отбора и оценки кандидатов на вакантную должность с учетом рассмотренных критериев, представлен на рис. 1.

В качестве примера рассмотрен процесс оценки кандидата на должность начальника части [7]. В конкурсе участвуют шесть человек. Ниже приведены характеристики кандидатов (табл.).

Таблица. Характеристика кандидатов на вакантную должность

Альтернатива / Критерий оценки	Альт. 1	Альт. 2	Альт. 3	Альт. 4	Альт. 5	Альт. 6
Опыт по направлению	10	12	17	15	19	22
Возраст	28	30	39	34	36	41
Наличие наград (ведомств./гос.)	2	2	5	1	7	12
Научные труды по направлению деятельности	1	–	–	–	2	–
Дополнительная профессия	переводчик	–	электрик	водолаз	–	альпинист электрик
Повышение квалификации/переподготовка (кол-во раз)	1	1	3	2	2	4
Выполнение служебных обязанностей (наличие взысканий, отзыв руководителя)	–	взыскание	–	–	–	снято 2015 г.

Реализация алгоритма предусматривает на первом этапе создание иерархической структуры отбора кандидатов (структуризация) (рис. 2), на втором этапе на основе рейтинговой шкалы осуществляется определение весовых коэффициентов каждого критерия путем попарного сравнения. Для определения весовых критериев использовалась программа MPRIORITY 1.0 (рис. 3).

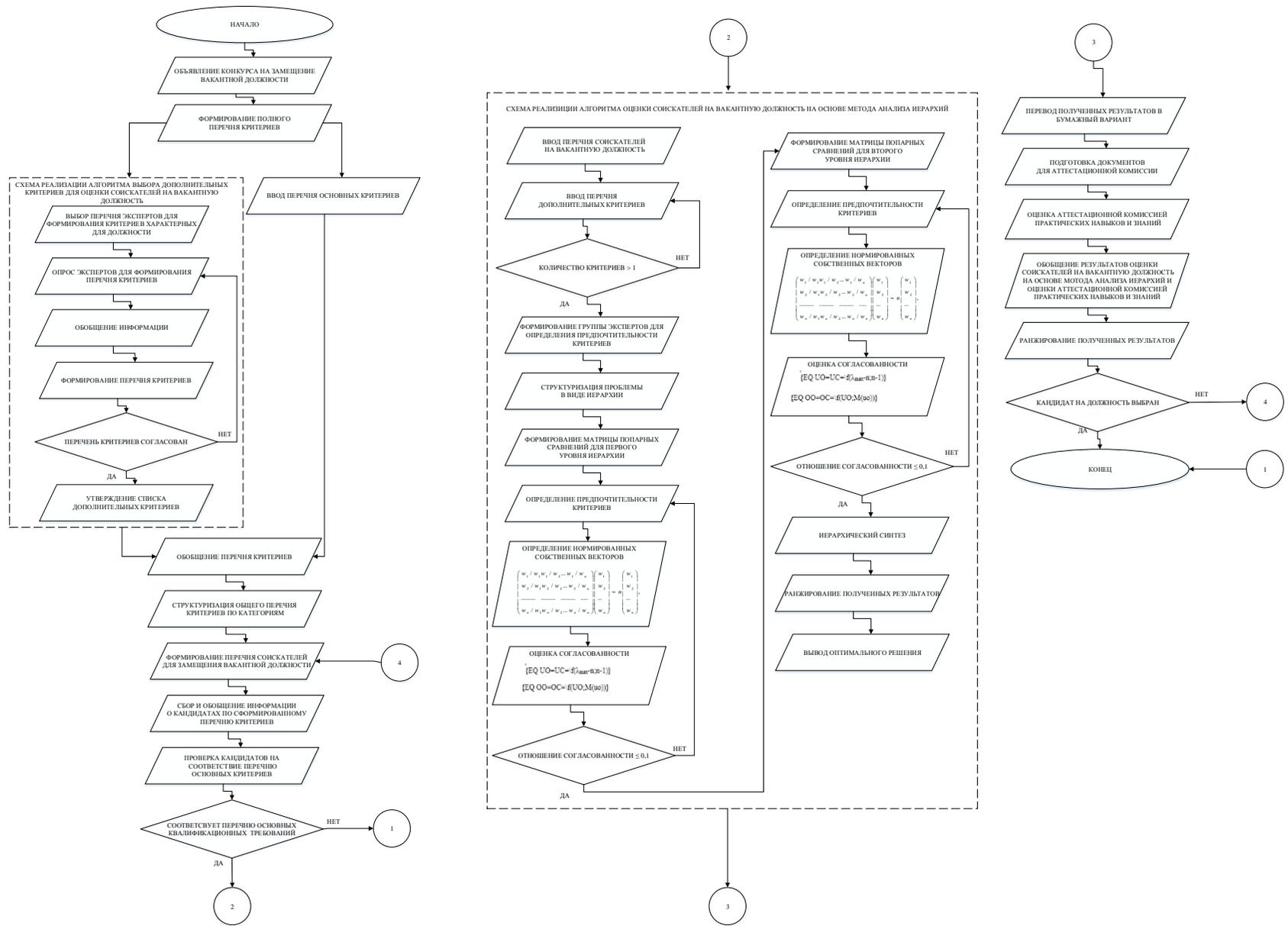


Рис. 1. Алгоритм отбора и оценки кандидатов на вакантную должность

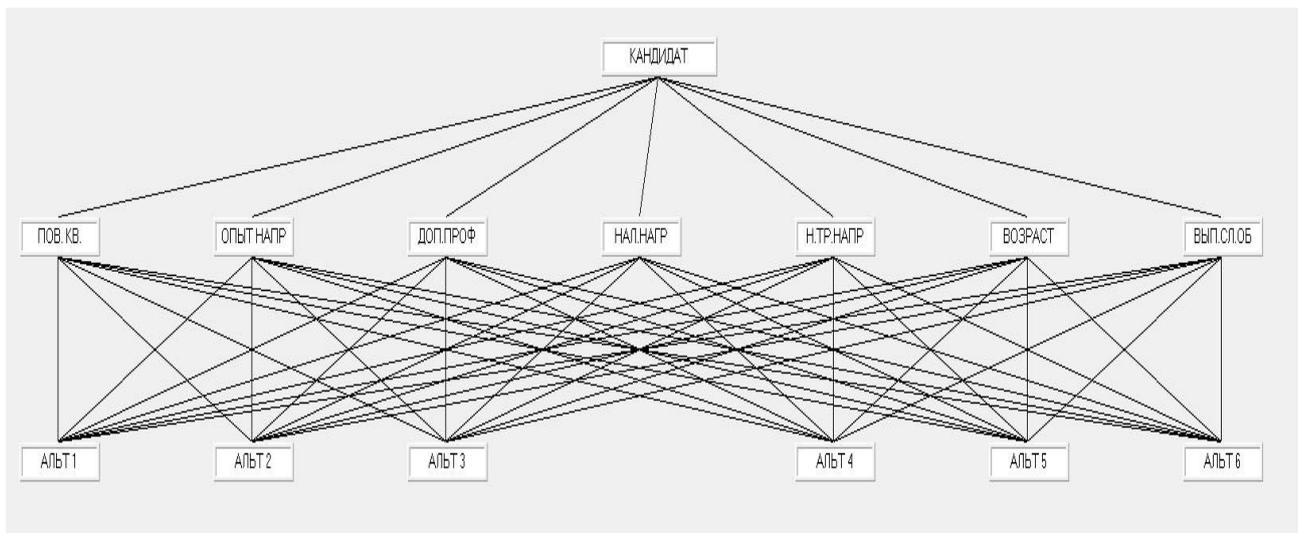


Рис. 2. Иерархическая структура метода анализа иерархий

Работа эксперта

Производим попарные сравнения относительно объекта  
КАНДИДАТ

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	Приоритет
1.	ПОВ.КВ.	1	1	3	4	3	1/4	1/6	0,1251
2.	ОПЫТ.НАПР.	1	1	1/5	5	1/3	1/2	1	0,0914
3.	ДОП.ПРОФ.	1/3	5	1	3	3	1/3	1/5	0,1181
4.	НАЛ.НАПР.	1/4	1/5	1/3	1	1	1/3	1/7	0,0426
5.	Н.ТР.НАПР.	1/3	3	1/3	1	1	1/5	1	0,0802
6.	ВОЗРАСТ	4	2	3	3	5	1	1/7	0,2074
7.	ВЫП.СЛ.ОБ.	6	1	5	7	1	7	1	0,3348

СЗ: 9,4495    Применить  
 ИС: 0,4082    Закреть  
 ОС: 0,3092    Отмена

Исследовать

Рис. 3. Расчет частных критериев приоритетов

На основании сформированных критериев осуществляется выбор оптимального решения (кандидата). Программа MPRIORITY 1.0, реализующая разработанный алгоритм отбора и оценки кандидатов на вакантную должность, дает следующие результаты (рис. 4).



**Рис. 4. Расчет приоритетов альтернатив**

Дополнительный перечень критериев позволяет учитывать всю специфику деятельности соискателей для замещения вакантной должности.

Разработанная методика, в основе которой лежит использование метода анализа иерархий, позволяет аттестационной комиссии осуществить выбор оптимального решения о соответствии кандидата для замещения вакантной должности.

### **Литература**

1. О реализации решения коллегии МЧС России от 16 июня 2010 г. № 4/П «Об утверждении концепции кадровой политики МЧС России на период до 2020 года»: Приказ МЧС России от 1 июля 2010 г. № 306. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Рыков А.С. Системный анализ: модели и методы принятия решений и поисковой оптимизации. М.: МИСиС, 2009. 608 с.

3. О квалификационных требованиях к должностям в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы: Приказ МЧС России от 1 дек. 2016 г. № 653. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. Об утверждении Порядка формирования кадрового резерва в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы: Приказ МЧС России от 12 сент. 2017 г. № 379. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

5. Об утверждении Порядка организации подготовки кадров для замещения должностей в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы: Приказ МЧС России от 6 окт. 2017 г. № 428. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. Трудовой кодекс Рос. Федерации от 30 дек. 2001 г. № 197-ФЗ (в ред. от 11 окт. 2018 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

7. Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны: Приказ МЧС России от 26 окт. 2017 г. № 472. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

## References

1. O realizacii resheniya kollegii MCHS Rossii ot 16 iyunya 2010 g. № 4/II «Ob utverzhdenii koncepcii kadrovoj politiki MCHS Rossii na period do 2020 goda»: Prikaz MCHS Rossii ot 1 iyulya 2010 g. № 306. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
2. Rykov A.S. Sistemnyj analiz: modeli i metody prinyatiya reshenij i poiskovoj optimizacii. M.: MISiS, 2009. 608 s.
3. O kvalifikacionnyh trebovaniyah k dolzhnostyam v federal'noj protivopozharnoj sluzhbe Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby: Prikaz MCHS Rossii ot 1 dek. 2016 g. № 653. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
4. Ob utverzhdenii Poryadka formirovaniya kadrovogo rezerva v federal'noj protivopozharnoj sluzhbe Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby: Prikaz MCHS Rossii ot 12 sent. 2017 g. № 379. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
5. Ob utverzhdenii Poryadka organizacii podgotovki kadrov dlya zameshcheniya dolzhnostej v federal'noj protivopozharnoj sluzhbe Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby: Prikaz MCHS Rossii ot 6 okt. 2017 g. № 428. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
6. Trudovoj kodeks Ros. Federacii ot 30 dek. 2001 g. № 197-FZ (v red. ot 11 okt. 2018 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
7. Ob utverzhdenii Poryadka podgotovki lichnogo sostava pozharnoj ohrany: Prikaz MCHS Rossii ot 26 okt. 2017 g. № 472. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

# **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ**

**Т.Н. Антошина, кандидат педагогических наук;**

**И.И. Попивчак.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

**А.А. Луговой, доктор философских наук, профессор,  
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.**

**Санкт-Петербургский юридический институт – филиал  
Университета прокуратуры Российской Федерации**

Рассматривается анализ эффективности использования интерактивных информационных систем и процессов при подготовке специалистов в вузах. Дано описание российскими и иностранными учеными информационных систем и моделей, направленных на человеко-машинное взаимодействие. Рассмотрены компоненты для взаимодействия пользователя с интерактивными информационными системами.

*Ключевые слова:* информационные системы, информационные процессы, проектирование, эффективность, методы оценки, принципы организации, системный подход

## **FEATURES OF USING INTERACTIVE INFORMATION SYSTEMS ORIENTED TO HUMAN-MACHINE INTERACTION**

T.N. Antoshina; I.I. Popivchak.

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

A.A. Lugovoy.

Saint-Petersburg law institute – branch University of prosecutor's office of Russian Federation

The article considers the analysis of the effectiveness of the use of interactive information systems and processes in the training of university specialists. The article describes the Russian and foreign scientists of information systems and models aimed at human-machine interaction. The components for user interaction with interactive information systems are considered.

*Keywords:* information systems, information processes, design, efficiency, assessment methods, principles of organization, systems approach

Выбор правильного и эффективного использования интерактивных информационных систем представляет собой результат комплексного использования экономического, организационного, правового, технического, информационного, логического, математического, психологического и других аспектов. На сегодняшний день анализ эффективности использования интерактивных информационных систем и процессов, направленных на человеко-машинное взаимодействие моделей, одна из актуальных тем в области современных информационно-вычислительных систем, которая ведет к радикальному сдвигу в области систем виртуальной и расширенной реальности.

Системы, ориентированные на человеко-машинное взаимодействие, стали называть системами виртуальной и расширенной реальности, которые дали толчок в создании и развитии разнообразных симуляторов и тренажеров еще в 60–70 гг. XX столетия в космической отрасли. Начиная с 90-х гг. концепция моделирования виртуальной

и расширенной реальности приобрела массовую популярность во многих отраслях человеческой деятельности, поскольку средства для создания этих моделей начали применяться в индустрии развлечений.

Интенсивный рост развития вычислительной техники, усовершенствование интерфейсов, средств 3D графики (трёхмерная графика), систем позиционирования привели к совершенно новому течению, которое начали называть «смешанная реальность». Определение «смешанная реальность» имеет множество названий, например, дополненная, расширенная, X-реальность, композиционная и т.п. [1].

Трёхмерное моделирование (3D) – это прототип окружающей среды, создаваемый компьютерными средствами и реалистично реагирующий на взаимодействие с пользователем [2].

Смешанная реальность – словосочетание, которое на данный момент допускает возможность различных трактовок и ассоциаций. Изначально смешанную реальность рассматривают как совокупность специальных технологий и устройств, таких как шлем или очки виртуальной реальности. Другие же получают представление о виртуальной реальности из художественной литературы, игр. Массовую популярность виртуальная реальность приобрела благодаря выходу на экран фильмов, которые поменяли привычную для многих киноиндустрию: *L'Arrivée d'un train en gare de la Ciotat* (1990 г.), *The Lawnmower Man* (1992 г.), *Johnny Mnemonic* (1995 г.), *Hacker* (1995 г.), *Cyberflic* (1997 г.) и т.д. В этих фильмах зритель полностью погружается в фильм, а не просто смотрит его со стороны.

С применением технологии смешанной реальности появляется возможность совмещения трёхмерной сцены и пространства физического мира. Технологии виртуальной, дополненной и смешанной реальности часто бывают схожи друг с другом не только по способу наложения и отображения элементов реального и виртуального мира, но и по области их применения и реализации.

Прародителем исследований в области трёхмерной окружающей среды или так называемой 3D-среды является Айвен Сазерленд (американский учёный в области информационных технологий), который в 1960 г. презентовал головные шлемы для отображения трёхмерной графики (рис. 1).

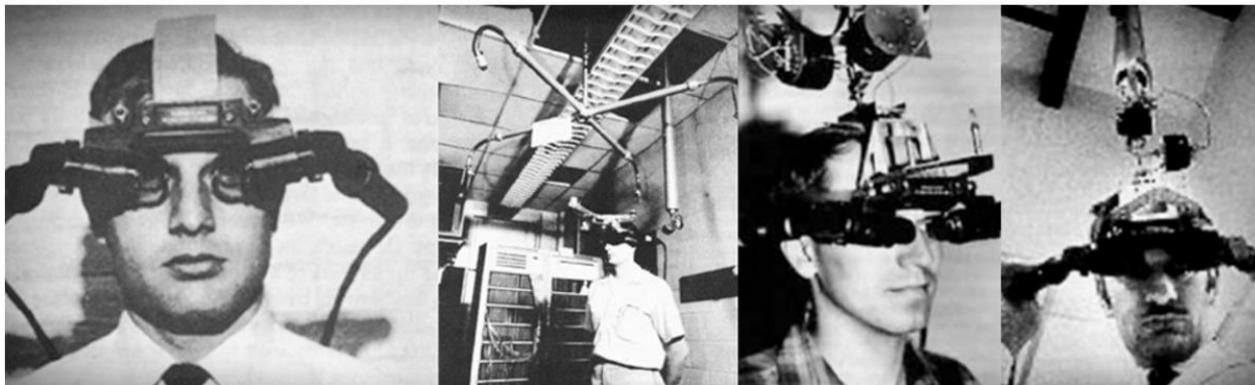


Рис. 1. Работа Айвена Сазерленда – шлем виртуальной реальности

Еще несколько учёных работали в области смешанной реальности – это Пол Милгром и Фумио Кисино [3]. Они описали континуум «Виртуальность – Реальность» в 1994 г. как промежуток времени между реальностью и виртуальностью, образующий смешанную реальность (от англ. *mixed reality*). При этом они сформулировали принципы расширенной реальности и определили, что виртуальная реальность находится ближе, чем думали, к окружающей реальности, а дополненная виртуальность – ближе к виртуальному окружению (рис. 2) [3].

В работе авторы проводят обзор основных направлений в области синтеза расширенной реальности и определяют ее как систему, которая:

- совмещает реальные и виртуальные объекты в действительное окружение;
- имитирует реальное время;
- работает в 3D пространстве.



Рис. 2. Континуум «Виртуальность – Реальность» по Милгрому

На данный момент появились устройства смешанной реальности, такие как очки HoloLens, разработанные фирмой Microsoft, использующие 64-разрядную операционную систему Windows Holographic. При помощи этого инструмента люди могут испытать новые миры, а именно виртуальную реальность. Используя этот продукт, пользователь увидит объект, который, кажется, находится в реальном мире. Результат позволяет цифровым объектам взаимодействовать с реальной средой. Преимущество этой технологии в том, что нет никаких ограничений на используемое устройство. Эта технология может быть связана с реальными или виртуальными объектами. Эта технология не удержит пользователей от реального мира, поскольку это устройство будет проецировать изображения непосредственно на сетчатку с использованием оптической системы из полупрозрачного стекла (рис. 3) [4].



Рис. 3. Устройства смешанной реальности HoloLens

Спектр применения технологий виртуального моделирования окружающей среды из индустрии игр и развлечений все больше проникает в сферу образования. В настоящее время они широко применяются для решения практических задач, таких как моделирование и проектирование экспериментов, связанных с предотвращением чрезвычайных ситуаций, моделированием и оптимизацией промышленных объектов.

Основа развития систем моделирования окружающей среды – инновационные программно-аппаратные средства и методы, которые обеспечивают высококачественную трехмерную визуализацию и анимацию. При тщательном рассмотрении технологий моделирования окружающей среды можно сказать, что она представляет собой проектирование совершенно нового типа интерфейса, который полностью меняет способы взаимодействия человека с компьютером [5].

Основные принципы проектирования систем моделирования окружающей среды:

1. «Изогнутый» интерфейс. Такой интерфейс, который обращен к пользователю.
2. Меньше контента.
3. Окружение.

Вполне возможно, что в результате тестирования системы моделирования окружающей среды могут встречаться ошибки, недочеты, упущения, что может привести к несоответствию самой системы в целом. Еще одной проблемой усовершенствования средств стала так называемая болезнь, которая получила название *cybersickness* (киберболезнь). Она вызывает целый ряд негативных явлений, связанных в основном с разнообразными расстройствами вестибулярного аппарата, мешающих работе и приводящих к потере трудоспособности. Для исправления таких ошибок приходится возвращаться назад к самому первому этапу моделирования окружающей среды, что может существенно притормозить работу над всем проектом. Поэтому главная задача в проектировании таких систем – это предотвращение нежелательных последствий ее эксплуатации.

При проектировании смешанной реальности и исключения ошибок в самой системе необходимо создать вначале виртуальный прототип, сформированный по данным главной модели, а затем физический макет. Компьютерные системы проектирования виртуального макета позволяют спроектировать систему трехмерной модели окружающей среды таким способом, чтобы система могла достигать тех целей, для выполнения которых сейчас требуются реальные испытания. На начальной стадии проектирования виртуальной модели окружающей среды использование виртуальной среды позволяет провести предварительный расчет различных подходов и выбрать оптимальное решение. Таким образом, процесс проектирования новой системы сопровождается виртуальным макетированием, что позволяет проводить тестирование вместе с разработкой самой системы и тем самым своевременно, а, главное, на первоначальном этапе, обнаруживать и исправлять возможные ошибки. Согласно последним исследованиям, когнитивные способности не претерпевают видимых изменений в виртуальном пространстве, а это значит, что пользователь способен эффективно действовать в нем, не отвлекаясь на особенности ориентирования и перемещения в виртуальном пространстве.

В современном мире виртуальные модели окружающей среды результативно вошли в образование: в общее, дополнительное, профессиональное. Признанные системы обучения в современном обществе еще пока отвергают инновационные методы. В системе обучения на данном этапе обучающимся предлагается прослушать лекцию и использовать литературу в качестве главных способов получения знаний и навыков. Однако многие вузы переходят на новый этап в обучении. Согласно результатам исследований памяти, зрительная информация является самым мощным источником запоминания, при этом сочетание зрительных сигналов и других видов активности (например, действий, ориентированных на наблюдаемый объект) значительно усиливает эффективность усвоения разнообразной информации [6].

Преимущество использования систем смешанной реальности в образовательном процессе дает возможность выработки профессиональных знаний, умений и навыков работы, допуск к которым в реальной жизни невозможен или ограничен. Кроме того, системы виртуальной реальности развивают творческие способности, профессиональную интуицию, умение работать в команде [6].

## Литература

1. Четвергова М.В. Автоматизация проектирования компонентов расширенной реальности: дис. ... канд. техн. наук. Пенза, 2013. 187 с.
2. Универсальная научно-популярная онлайн-энциклопедия. URL: [http://www.krugosvet.ru/enc/nauka\\_i\\_tehnika/transport\\_i\\_svyaz/VIRTUALNAYA\\_REALNOST.html?page=0,0](http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/transport_i_svyaz/VIRTUALNAYA_REALNOST.html?page=0,0) (дата обращения: 11.01.2019).
3. Milgram P.A., Kishino F. Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays // IEICE Trans. Information Systems. 1994. Vol. E77-D. № 12. p. 1 321–1 329.
4. Azuma R., Bailiot Y., Behringer R. Recent advances in augmented reality.
5. Карташева Е. Виртуальная реальность и САПР // Открытые системы ИММ РАН. 1997. № 6.
6. Антошина Т.Н., Глузгал А.Е. Современные подходы к проектированию и внедрению компьютерных технологий обучения в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 1 (37). С. 87–92.

## References

1. Chetvergova M.V. Avtomatizaciya proektirovaniya komponentov rasshirennoj real'nosti: dis. ... kand. tekhn. nauk. Penza, 2013. 187 s.
2. Universal'naya nauchno-populyarnaya onlajn-ehnciklopediya. URL: [http://www.krugosvet.ru/enc/nauka\\_i\\_tehnika/transport\\_i\\_svyaz/VIRTUALNAYA\\_REALNOST.html?page=0,0](http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/transport_i_svyaz/VIRTUALNAYA_REALNOST.html?page=0,0) (data obrashcheniya: 11.01.2019).
3. Milgram P.A., Kishino F. Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays // IEICE Trans. Information Systems. 1994. Vol. E77-D. № 12. p. 1 321–1 329.
4. Azuma R., Bailiot Y., Behringer R. Recent advances in augmented reality.
5. Kartasheva E. Virtual'naya real'nost' i SAPR // Otkrytye sistemy IMM RAN. 1997. № 6.
6. Antoshina T.N., Gluzgal A.E. Sovremennye podhody k proektirovaniyu i vnedreniyu komp'yuternyh tekhnologij obucheniya v Sankt-Peterburgskom universitete GPS MCHS Rossii // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2016. № 1 (37). S. 87–92.

# УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ РИСКАМИ В ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МЧС РОССИИ

**В.И. Антюхов, кандидат технических наук, профессор,  
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;**

**Е.А. Коткова.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Предложена модель, описывающая процесс управления информационными рисками с помощью системы управления информационными рисками типовой информационно-вычислительной сети подразделения Государственной противопожарной службы МЧС России.

*Ключевые слова:* управление, информационный риск, информационное обеспечение, модель

## MANAGEMENT OF THE INFORMATION RISK IN INFORMATION-COMPUTER NETWORKS OF THE DEPARTMENT OF STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA

V.I. Antyukhov; E.A. Kotkova.

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

The model which describes process of information risk management through a system management of the information risk in information-computer networks of the department of State fire service of EMERCOM of Russia.

*Keywords:* management, information risk, information support, model

Статья является результатом исследований по формализации процесса управления информационными рисками (ИР) с помощью системы управления информационными рисками (СУИР) типовой информационно-вычислительной сети (ИВС) подразделения Государственной противопожарной службы (ГПС) МЧС России.

Применение ИВС приводит к возможному наступлению случайного события – ИР, приводящего к нарушению процесса функционирования или искажению информации ИВС подразделения ГПС МЧС России. ИР – это возможность наступления случайного события, приводящего к нарушениям функционирования ИВС подразделения ГПС МЧС России и снижению качества информации, а также к неправомерному использованию, распространению или противодействию распространения информации во внешней среде путем преодоления защиты, в результате которых наносится ущерб как отдельному подразделению, так и министерству в целом [1]. Возникает необходимость управления ИР, то есть определение совокупности мероприятий, приемов, методик, выбора модели и алгоритма, которые будут способствовать минимизации ИР и обеспечению требуемой информационной безопасности подразделения ГПС МЧС России.

Структуру типовой ИВС подразделения ГПС МЧС России (рис. 1) можно представить состоящей из совокупности связанных подсистем [1]:

- подсистема серверов различного назначения;
- подсистема коммуникаций;

- подсистема автоматизированных рабочих мест (АРМ) должностных лиц подразделения ГПС;
- подсистема средств администрирования ИВС;
- подсистема удаленных АРМ.

Каждая из представленных подсистем включает средства по видам обеспечения:

- организационное (помещения, в которых находятся ресурсы ИВС, в которых хранится и обрабатывается информация; руководящие документы [2–6]);
- информационное (системы классификации и кодирования информации; унифицированная система документации (методические и инструкторские материалы); информационные массивы (нормативно-справочная информация, оперативная информация);
- техническое (рабочие станции, серверы, маршрутизаторы, источники бесперебойного питания, сетевые коммутаторы, устройства ввода и вывода информации, линии связи между узлами ИВС и другими подразделениями, министерствами, ведомствами);
- математическое (модели по видам обеспечения: организационного, технического, информационного, программного, кадрового);
- программное (системное (базовое), прикладное, специальное программное обеспечение);
- кадровое (сотрудники подразделения);
- правовое (consultant.ru; nlr.ru) и др.

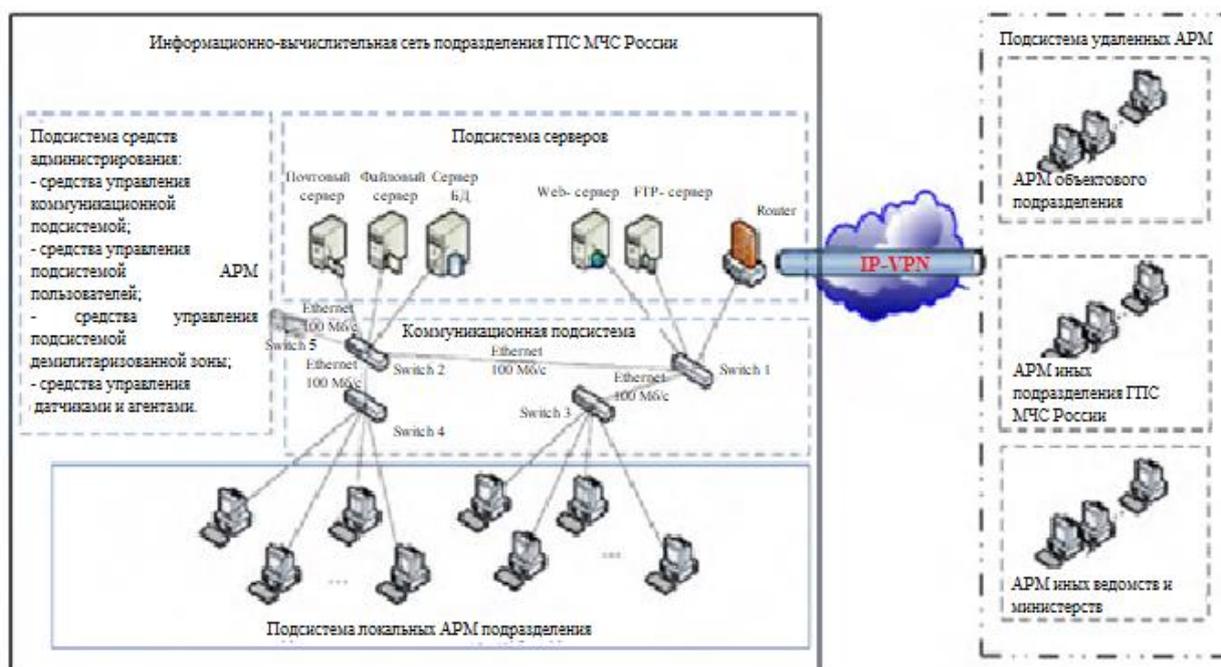


Рис. 1. Структура типовой ИВС подразделения ГПС МЧС России

Для автоматизации процессов управления рисками необходима формализация этих процессов и создание автоматизированной системы управления рисками.

СУИР должна выполнять следующие функции и задачи, которые представлены в табл. 1.

Структура предлагаемой СУИР в ИВС подразделений ГПС МЧС России представлена на рис. 2 [7]. В её состав включены:

- 1) управляющая подсистема (осуществляющая взаимодействие управляющего органа (старший инженер отдела информационных технологий, автоматизированных систем управления и связи (ИТ, АСУиС) с объектом управления (ИР ИВС);
- 2) подсистема функций управления, включающая, в свою очередь, подсистемы:

- планирования (планирование требований к СУИР; планирование структуры СУИР; планирование документации, сопровождающей процесс управления ИР и т.д.);
  - учета (учёт требований к СУИР; учёт структуры СУИР; учёт документации, сопровождающей процесс управления ИР и т.д.);
  - контроля (контроль деятельности лиц, ответственных за управление ИР; контроль документации, сопровождающей процесс управления ИР; контроль обновления операционной системы СУИР и т.д.);
  - оперативного управления (управление деятельностью лиц, ответственных за управление ИР; оснащение техническими средствами подразделения для выявления угроз; оснащение программными средствами подразделения для выявления угроз);
- 3) подсистема обслуживания, обработки и предоставления ресурсов для управления системой, состоящей из подсистем:
- МО – математического обеспечения;
  - ПО – программного обеспечения;
  - ОО – организационного обеспечения;
  - ТО – технического обеспечения;
  - ИО – информационного обеспечения.

Таблица 1

<b>Функция организации управления риском</b>				
Разработка и утверждение политики управления рисками	Разработка внутренних нормативных документов, включающих в себя четкие методы управления риском		Контроль правильности, адекватности и полноты применения утвержденных процедур контроля и управления рисками	
<b>Функция разработки приёмов и методов управления риском</b>				
Разработка методики анализа риска	Разработка приемов и методов контроля риска		Разработка приемов и методов снижения риска	
<b>Функция контроля рисков</b>				
Мониторинг состояния технических средств (рабочих станций, камер видеонаблюдения, серверов и т.д.) с целью своевременного выявления «зон риска»		Мониторинг соблюдения и исполнения должностных инструкций, внутренних документов всеми сотрудниками подразделения		
<b>Функция нивелирования (минимизации) рисков</b>				
Оценка вероятности наступления события, приводящего к ущербу		Подготовка предложения по минимизации выявленных рисков		
<b>Функция прогнозирования риска</b>				
Идентификация риска	Анализ риска	Оценка риска	Разработка механизмов снижения риска	Разработка программы мероприятий по ликвидации последствий рискованных ситуаций

На функциональном уровне в СУИР (рис. 2) выделены задачи по функциям управления (задачи планирования, учёта, контроля и оперативного управления – соответственно табл. 2–5).

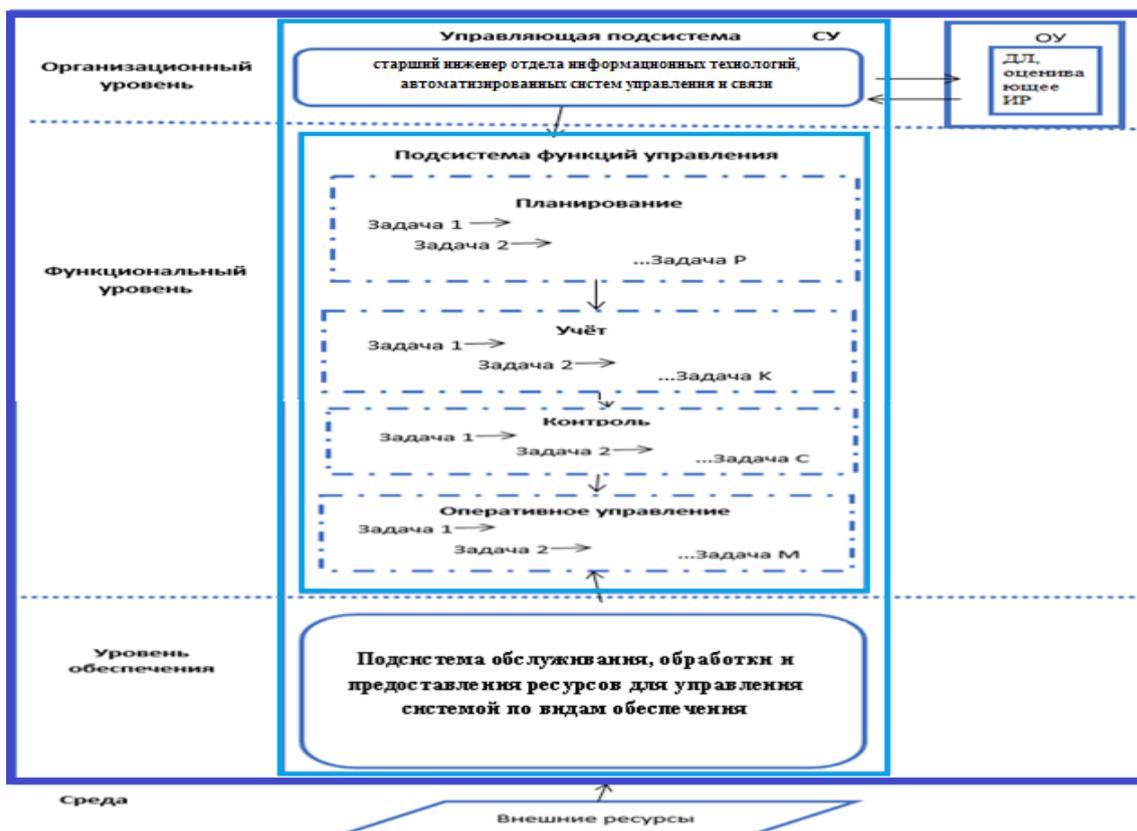


Рис. 2. СУИР как система с управлением

Таблица 2

1.	Планирование требований к СУИР
2.	Планирование структуры СУИР
3.	Планирование документации, сопровождающей процесс управления ИР
4.	Планирование правил эксплуатации СУИР
5.	Планирование настройки СУИР
6.	Планирование отладки СУИР
7.	Планирование состава программно-аппаратных средств СУИР
8.	Планирование порядка использования программных средств СУИР
9.	Планирование структуры программного обеспечения СУИР
10.	Планирование организации взаимодействия и обмена СУИР
11.	Планирование порядка оповещения при отказах СУИР
12.	Прогнозирование способов устранения отказов СУИР
13.	Планирование перечня лиц, ответственных за управление ИР

Таблица 3

1.	Учёт требований к СУИР
2.	Учёт структуры СУИР
3.	Учёт документации, сопровождающей процесс управления ИР
4.	Учёт конфигурации сети СУИР
5.	Учёт настройки узлов связи
6.	Учёт взаимодействия и обмена СУИР
7.	Учёт состояния и сохранности СУИР
8.	Учёт конфигурации ОС СУИР
9.	Учёт перечня лиц, ответственных за управление ИР
10.	Учёт порядка оповещения при отказах СУИР
11.	Учёт способа устранения отказов СУИР
12.	Учёт структуры программного обеспечения СУИР

Таблица 4

1.	Контроль деятельности лиц, ответственных за управление ИР
2.	Контроль документации, сопровождающей процесс управления ИР
3.	Контроль обновления операционной системы СУИР
4.	Контроль установления программного обеспечения СУИР
5.	Контроль состояния программных средств ИВС
6.	Контроль состояния технических средств ИВС
7.	Контроль состояния СУИР

Таблица 5

1.	Управление деятельностью лиц, ответственных за управление ИР
2.	Оснащение техническими средствами подразделения для выявления угроз
3.	Оснащение программными средствами подразделения для выявления угроз

В ходе исследования поставлена задача выявления приемлемого способа формализованного представления ИР по видам обеспечения. В статье представляется один из возможных способов формализованного описания СУИР (на примере информационного обеспечения СУИР в ИВС подразделения ГПС МЧС России (рис. 3) [8]) – описание на основе теории агрегатов.

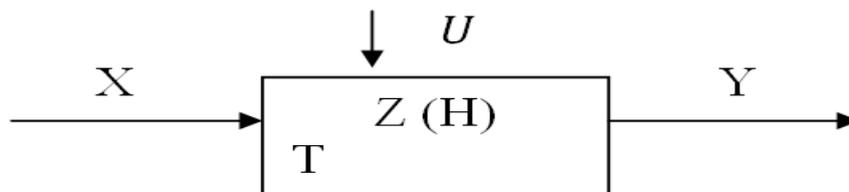


Рис. 3. Типовой агрегат

Агрегат ( $A$ ) представления ИО, являющегося элементом СУИР, описывается кортежем (1):

$$A = \{T, Z, X, U, Y, H\}, \quad (1)$$

где  $T = [0, T_f] \in R$  – процесс моделирования хода функционирования агрегата  $A$  (обычно конечный);  $Z$  – множество состояний (фазовое пространство) агрегата – переход ИО СУИР из  $i$  состояния в состояние  $j$ . Фазовое пространство  $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$  представляется фазовыми координатами  $z_1, z_2, \dots, z_n$ , изменяющимися с течением  $t$ ;  $X$  – множество входных сигналов ( $x = [x^1, \dots, x^l]$ ), где  $l$  – число «входных контактов»;  $U$  – множество управляющих сигналов ( $u = [u^1, \dots, u^r]$ ), где  $r$  – число «особенных входных контактов»;  $Y$  – множество выходных сигналов;  $H$  – оператор переходов, который определяет текущее состояние по предыстории (с учётом множества управляющих и входных сигналов, интервала моделирования СУИР и фазового пространства) (табл. 6).

Результатом моделирования процесса функционирования агрегата  $A$  является получение характеристик, определяющих состояние ИО ( $Z$ ) СУИР: для моментов времени  $(0; t)$  в зависимости от вида оператора ( $H$ ), входных ( $X$ ) и управляющих ( $U$ ) сигналов. Составляющие элементов кортежа (1) для агрегата управления рисками ИО ИВС представлены соответственно в табл. 6–11.

Информационными ресурсами принято считать массивы документов или отдельно взятые документы, которые хранятся в соответствующих системах отдела ЦУКС (отдела ИТ, АСУиС).

Таблица 6

$T_n$	Момент начала фазы моделирования процесса функционирования агрегата $A$
$T_k$	Момент окончания фазы моделирования процесса функционирования агрегата $A$
$\Delta T$	Длительность фазы моделирования процесса функционирования агрегата $A$ , мин

Таблица 7

$Z_1$	Классификация информационных ресурсов
$Z_2$	Кодирование информационных ресурсов
$Z_3$	Унификация систем документации
$Z_4$	Определение «маршрута движения» информационных ресурсов

Таблица 8

$X_1$	Информация о количестве документов
$X_2$	Перечень признаков и значений признаков классификации информационных ресурсов
$X_3$	Виды методов кодирования информационного ресурса
$X_4$	Формат документов и требования для их оформления
$X_5$	Сведения о сопоставимости баз данных
$X_6$	Сведения о применяемых протоколах

Таблица 9

$U_1$	Информация о необходимых изменениях в документе
$U_2$	Информации об изменениях признаков классификации информационных ресурсов для их идентификации
$U_3$	Информация о видах метода кодирования информационного ресурса (правила кодирования)
$U_4$	Информация об используемых форматах документов и информация об изменениях, вносимых в требования по оформлению документов
$U_5$	Информация о сопоставляемых базах данных
$U_6$	Информация о протоколах

Таблица 10

$Y_1$	Сводная таблица о вносимых изменениях в текстовые документы, фотодокументы, видеодокументы, коды программ (требующие пароля для авторизации), которые хранятся на АРМе
$Y_2$	Сводная таблица статистических данных о частоте появления информации, соответствующей значениям признаков классификации информационных ресурсов
$Y_3$	Информация об используемом способе кодирования информационного ресурса
$Y_4$	Сводная таблица частот использования форматов при работе на АРМе и информации о вносимых изменениях в требования по оформлению документов
$Y_5$	Сводная таблица, содержащая информацию о сопоставляемых базах данных
$Y_6$	Отчёт об окончании работы протокола ТСР/ІР и информация о правильности сборки файла

Таблица 11

$H_1$	Описание действий, связанных с определением работоспособности ИО
-------	--

Схема детализации входного сигнала агрегата  $A$  представлена на рис. 4 в виде матрицы размерностью  $(S \times V)$ :

- $S$  – степень детализации входного сигнала;
- $V$  – множество значений детализированных входных сигналов.

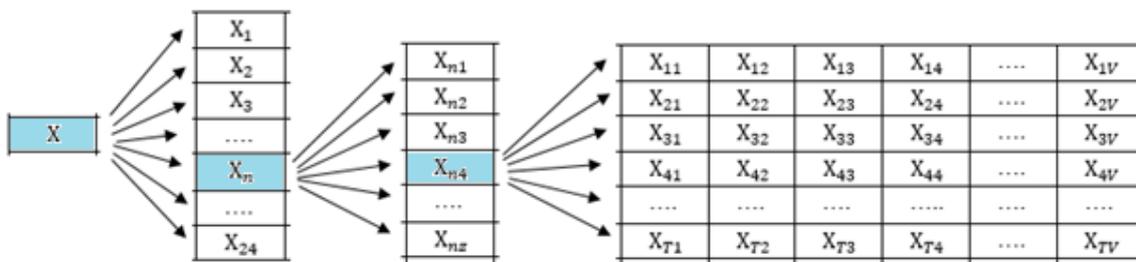


Рис. 4. Схема детализации входного сигнала агрегата А

Аналогичным образом можно представить схемы детализации множества состояний, управляющих и выходных сигналов агрегатов А по видам обеспечения (рис. 5).

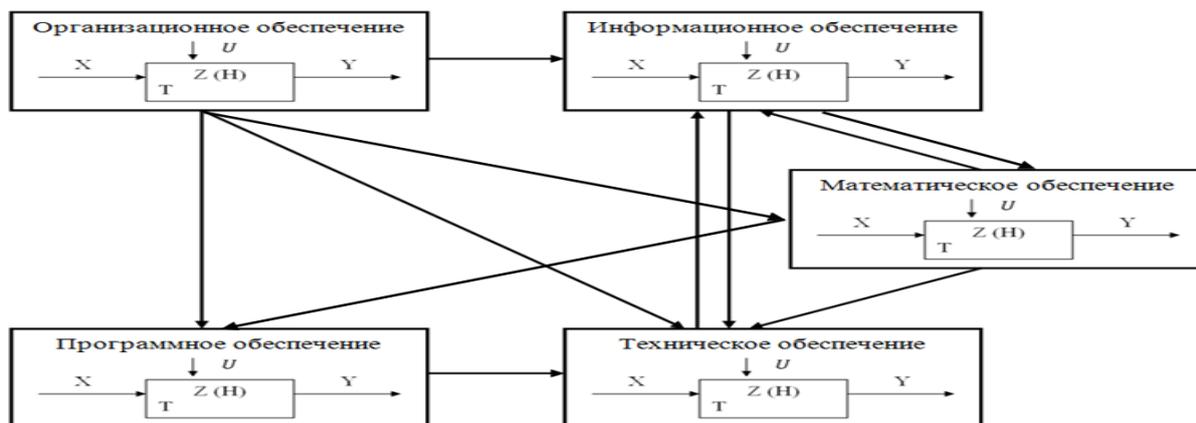


Рис. 5. Схема взаимодействия агрегатов основных видов обеспечения СУИР

В результате применения метода агрегатов для описания процесса управления ИР в ИВС сделан вывод, что теория агрегатов позволяет детализировать все реальные процессы, протекающие в СУИР, и тем самым адекватно представляющая эти процессы на формальном уровне.

Выявлены следующие достоинства теории агрегатов:

- доступность понимания;
- хорошая формализуемость;
- высокий уровень детализации, составляющих видов обеспечения.

Направлениями дальнейших исследований авторами представляются:

- разработка алгоритма функционирования СУИР и его реализация с поддержкой технологии Windows Forms с помощью программы Microsoft Visual Studio на языке C#;
- применение иных способов формального описания процессов управления ИР в ИВС подразделений ГПС МЧС России;
- определение и формальное представление средств противодействия ИР, которые используются в ИВС подразделений ГПС МЧС России.

### Литература

1. Системный анализ и принятие решений / В.С. Артамонов [и др.]. 2-е изд. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017. 352 с.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-1–2002. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-2–2002. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Ч. 2: Функциональные требования безопасности. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-3–2002. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Ч. 3: Требования доверия к безопасности. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

5. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001–2006. Информационная технология. Методы обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010–2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

7. Кравчук О.В. Формализация процесса управления рисками в информационно-вычислительных сетях подразделений ГПС МЧС России: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2014. 159 с.

8. Варфоломеев А.А. Управление информационными рисками. М.: РУДН, 2008. 158 с.

### References

1. Sistemnyj analiz i prinyatie reshenij / V.S. Artamonov [i dr.]. 2-e izd. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2017. 352 s.

2. GOST R ISO/MEHK 15408-1–2002. Informacionnaya tekhnologiya. Metody i sredstva obespecheniya bezopasnosti. Kriterii ocenki bezopasnosti informacionnyh tekhnologij. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

3. GOST R ISO/MEHK 15408-2–2002. Informacionnaya tekhnologiya. Metody i sredstva obespecheniya bezopasnosti. Kriterii ocenki bezopasnosti informacionnyh tekhnologij. Ch. 2: Funkcional'nye trebovaniya bezopasnosti. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

4. GOST R ISO/MEHK 15408-3–2002. Informacionnaya tekhnologiya. Metody i sredstva obespecheniya bezopasnosti. Kriterii ocenki bezopasnosti informacionnyh tekhnologij. Ch. 3: Trebovaniya doveriya k bezopasnosti. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

5. GOST R ISO/MEHK 27001–2006. Informacionnaya tekhnologiya. Metody obespecheniya bezopasnosti. Sistemy menedzhmenta informacionnoj bezopasnosti. Trebovaniya. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

6. GOST R ISO/MEHK 31010–2011. Menedzhment riska. Metody ocenki riska. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

7. Kravchuk O.V. Formalizaciya processa upravleniya riskami v informacionno-vychislitel'nyh setyah podrazdelenij GPS MCHS Rossii: dis. ... kand. tekhn. nauk. SPb., 2014. 159 s.

8. Varfolomeev A.A. Upravlenie informacionnymi riskami. M.: RUDN, 2008. 158 s.

---

---

# ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

---

---

## ПРОБЛЕМНЫЕ ЗОНЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФИНАНСОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА

**Н.В. Голынец.**

**Михайловская военная артиллерийская академия.**

**В.А. Фарбер, кандидат экономических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Статья посвящена выявлению проблемных зон финансового развития Северо-Западного региона, представлены критерии оценки эффективности деятельности региональных органов власти Северо-Западного региона по обеспечению и повышению финансовой безопасности региона. Авторы предлагают основные, по их мнению, эффективные направления обеспечения финансовой безопасности Северо-Западного региона.

*Ключевые слова:* субъект, управление, решение, безопасность, рейтингование, регион

## PROBLEM ZONES AND MAIN DIRECTIONS OF ENSURING FINANCIAL SAFETY NORTH-WEST REGION

N.V. Golynets. Mikhaylovsky military artillery academy.

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

The present article is devoted to identification of problem zones of financial development of the North-west region, criteria for evaluation of efficiency of activities of regional authorities of the North-west region for providing and increase in financial safety of the region are presented. Authors offer the main as in their opinion, the effective directions of ensuring financial safety of the North-west region.

*Keywords:* subject, management, decision, safety, rating, region

Одной из характерных особенностей отечественной экономики является неравномерность развития ее регионов. Передовые отличаются от отстающих по всем ключевым параметрам, включая ведущие финансовые показатели. Таким образом, в экономической системе страны условно можно выделить две региональные подсистемы: развитую, включающую наиболее динамично развивающиеся и перспективные регионы, и так называемую «периферию».

В контексте вышеизложенного, особую актуальность приобретает вопрос – станет ли Северо-Западный регион частью современной экономической, социальной и культурной системы XXI в. или же останется заложником региональной периферии.

Безусловно, необходимым условием решения базовых стратегических задач, стоящих перед региональными органами власти на современном этапе, представляется обеспечение финансовой безопасности региона, которая может стать основным генератором его развития и самоуправления и будет способствовать как достижению ведущих позиций в экономической системе страны, так и тому, чтобы занять достойное место на мировом рынке.

В настоящее время первоочередной задачей региональной финансовой системы Северо-Западного региона является процесс формирования оптимальных условий для социально-экономического развития данного региона, долгосрочная сбалансированность и устойчивость бюджетной системы, формирование денежных резервов, недопущение крупного госдолга, прибыльность банковской системы (маржа), поддержка инновационного и инвестиционного развития, то есть все те условия, которые направлены на повышение финансовой безопасности региона.

Как показывает анализ финансовых показателей Северо-Западного региона, по обороту розничной торговли за 2017 г. Северо-Западный регион занимает долю в 9,7 %, что не является достаточно высоким показателем. По инвестициям в основной капитал доля Северо-Западного региона составляет 11,7 %, что также можно считать низким показателем. Лидирующее положение по данному показателю принадлежит Центральному региону (72,5 %). Доля Северо-Западного региона по финансовым вложениям почти в 10 раз меньше и составляет 8,0 % по состоянию на 2018 г. Доли финансовых вложений остальных регионов Российской Федерации составляют, соответственно, от 0,4 % до 7,0 % [1].

Региональные власти Северо-Западного региона должны выравнять указанные диспропорции и следить за тем, чтобы все сферы финансовой деятельности региона развивались пропорционально. Важно также отметить, что в управлении финансами региона различают несколько функциональных составляющих, в частности: планирование, стратегическое и оперативное управление и контроль. В этой связи в качестве направления обеспечения и повышения финансовой безопасности Северо-Западного региона можно предложить уделить больше внимания осуществлению региональной политики, включающей планирование в финансовом секторе (бюджетное планирование, планирование инвестиций и др.). В данном направлении необходимо применять инновационные методы стратегического и оперативного управления при осуществлении финансовой политики региона и контроля за исполнением разработанных планов. Это может и должно стимулировать повышение конкурентоспособности региональных производителей и завоевание ими достойных позиций как на отечественном, так и на внешнем рынке, чего пока не наблюдается.

В частности, по внешнеторговому обороту Северо-Западный регион демонстрирует сравнительно низкие показатели в 13,3 % [2].

При этом внешнеторговый оборот Центрального региона составляет 53,6 %, что является очень высоким показателем. Доли же остальных регионов Российской Федерации колеблются от 0,4 % до 8,7 %. В целом данная тенденция говорит о том, что только Центральный регион имеет выход на внешние рынки и осуществляет торговлю с другими странами. Северо-Западный регион в данном отношении сильно отстает и нуждается в дополнительном развитии внешней торговли, особенно, на долгосрочной основе [3].

На рисунке представлены проблемные зоны финансового развития Северо-Западного региона.

Следовательно, к «проблемным зонам» финансового развития Северо-Западного региона на сегодня относятся:

- внешняя торговля;
- розничная торговля;
- инвестиции в основной капитал;
- финансовые вложения.

Низкие показатели Северо-Западного региона по перечисленным направлениям являются основными генераторами угрозы финансовой безопасности региона. Исходя из этого, следует направить усилия региональных властей на выравнивание указанных диспропорций и дальнейшее сбалансированное развитие финансовой сферы региона.

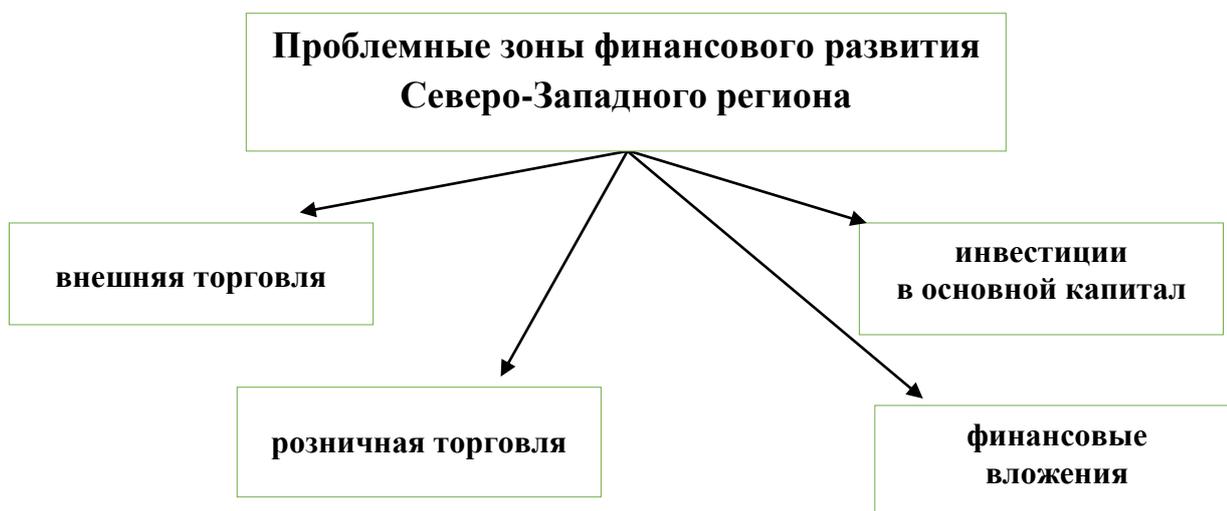


Рис. Проблемные зоны финансового развития Северо-Западного региона

Важно также отметить, что как и в других сферах финансового управления, в управлении финансами региона различают несколько функциональных составляющих, в частности: планирование, стратегическое и оперативное управление и контроль, что находит отражение в Бюджетном кодексе Российской Федерации, который закрепляет данный принцип для «маневрирования бюджетными средствами в ходе исполнения бюджетов всех уровней бюджетной системы» [4].

Поэтому в качестве необходимых условий обеспечения и повышения финансовой безопасности Северо-Западного региона следует выделить осуществление сбалансированной региональной политики Северо-Западного региона, включающей планирование в финансовом секторе (бюджетное планирование, планирование инвестиций и др.). В данном направлении необходимо применять инновационные методы стратегического и оперативного управления разработанных планов финансовой политики региона и контроль за их исполнением.

В качестве условия обеспечения и повышения финансовой безопасности Северо-Западного региона необходимо формирование новой архитектуры управления финансовой безопасностью Северо-Западного региона на основе внедрения государственно-частного партнерства.

В развитии данного направления важно понимать, что на современном этапе структура органов государственной власти не обеспечивает в полном объеме финансовой безопасности Северо-Западного региона. Следовательно, необходимо установить «синтез интересов» – то есть объединение усилий государственных, частных, общественных, корпоративных организаций по осуществлению реформирования экономики и управления финансовыми потоками в интересах Северо-Западного региона. Под синтезом интересов в данном контексте следует понимать, как поиск регионального вектора развития, определение производственного и финансового профиля отраслей Северо-Западного региона, который смог бы обеспечить консенсус интересов в виде государственно-частного партнерства. То есть необходима связь региона и государственного заказа.

Объединение интересов для предприятий и организаций Северо-Западного региона будет выражаться в том, чтобы обеспечить более высокий статус национальных предприятий через следующие аспекты:

- государственный заказ;
- бюджетная поддержка экспорта и высокотехнологичного импорта;
- консолидация ресурсов развития национальных предприятий и государства для осуществления инвестиционных проектов.

При этом реализация в приоритетных отраслях экономики инновационных проектов с оказанием мер государственной поддержки позволит осуществлять активную экономическую политику в Северо-Западном регионе, создавая мультипликационный

эффект использования бюджетных средств и синергетический эффект от деятельности самого подобного механизма.

Ещё одним инструментом обеспечения и повышения финансовой безопасности региона является эффективный механизм страхования рисков [5]. Именно посредством использования подобного механизма можно избежать влияния неблагоприятных изменений экономической конъюнктуры и минимизировать обусловленные этим экономические и социальные последствия.

Также в качестве направления обеспечения и повышения финансовой безопасности Северо-Западного региона необходимо осуществление региональной политики, нацеленной на смягчение деструктивных экономических противоречий (региональные власти Северо-Западного региона должны снизить противоречие между различными отраслями народного хозяйства).

В частности, необходимо снизить противоречия между розничной и оптовой торговлей и машиностроением, между предоставлением различного вида услуг и обрабатывающими производствами. Показатели данных сфер не пропорциональны и осуществляют развитие одних сфер деятельности в ущерб другим, регион неизбежно снижает свою финансовую безопасность и создает потенциальные угрозы.

В качестве направления обеспечения и повышения финансовой безопасности Северо-Западного региона предлагается оценка эффективности деятельности региональных органов власти Северо-Западного региона по обеспечению финансовой безопасности региона. Основным результатом эффективной деятельности региональных органов Северо-Западного региона по обеспечению финансовой безопасности будет повышение ключевых показателей уровня жизни населения.

Критерии такой оценки представлены в таблице.

**Таблица. Критерии оценки эффективности деятельности региональных органов власти Северо-Западного региона по обеспечению и повышению финансовой безопасности региона**

Развитие социально-демографической сферы региона	
Показатели	Оценка эффективности
Увеличение численности населения региона	Кол-во человек
Повышение уровня рождаемости	Индекс рождаемости
Снижение уровня смертности	Индекс смертности
Увеличение продолжительности жизни	Лет
Увеличение доходов населения	Тыс. руб., в месяц
Снижение уровня бедности	% от населения
Снижение уровня безработицы	% от населения
Развитие образовательной сферы	
Увеличение количества общеобразовательных школ	Количество (шт.)
Увеличение численности учащихся в школах	Количество (чел.)
Увеличение количества высших учебных заведений	Количество (шт.)
Увеличение численности студентов вузов	Количество (чел.)
Развитие инновационно-технологической сферы	
Увеличение количества промышленно-инновационных предприятий	Количество (шт.)
Увеличение количества рабочих мест	Количество (шт.)
Повышение экспорт высокотехнологичной продукции	Млн руб.
Увеличение количества патентов на 1 000 чел.	Количество (шт.)
Повышение затрат на НИОКР	Млн руб.
Развитие социальной сферы	
Увеличение количества библиотек	Количество (шт.)
Увеличение количества поликлиник и врачей	Количество (шт.)
Увеличение предприятий розничной торговли	Количество (шт.)

По представленной в таблице модели можно оценить деятельность региональных органов власти Северо-Западного региона, взяв за основу количественные показатели всех сфер.

Для применения данной модели можно воспользоваться шкалой от 1 до 5 либо от 1 до 10 баллов, когда 1 балл будет означать, что данное направление практически не реализовано в регионе, при этом оценка, соответствующая наивысшему баллу, будет означать практически полную реализацию данного направления.

Разумеется, для осуществления такой оценки, наряду с анализом количественных показателей, необходим поиск и приглашение, как минимум, 10 экспертов государственного и муниципального управления и вычисление средней экспертной оценки.

Таким образом, именно выстраивание эффективной системы финансового развития Северо-Западного региона может стать основой достижения всех поставленных стратегических целей и позволит занять ему достойное место как в экономической системе страны, так и в мировой экономической системе.

### **Литература**

1. Регионы России. Социально-экономические показатели – 2017 г. // Федеральная служба государственной статистики. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b17\\_14p/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b17_14p/Main.htm) (дата обращения: 30.04.2018).

2. Федеральная служба государственной статистики Рос. Федерации (Росстат). URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 24.05.2018).

3. Управление Федеральной службой государственной статистики по Санкт-Петербургу и Северо-Западного региона (Петростат). URL: <http://petrostat.gks.ru> (дата обращения: 12.01.2017).

4. Бюджетный кодекс Рос. Федерации № 145-ФЗ (в ред. от 28 нояб. 2018 г.). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19702/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19702/) (дата обращения: 12.12.2018).

5. Смирнова И.В., Фарбер В.А. Экономические механизмы управления в системе предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций // Социология и человечество: материалы VIII Междунар. конф. 2018. С. 15–28.

### **References**

1. Regiony Rossii. Social'no-ehkonomicheskie pokazateli – 2017 g. // Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: [http://www.gks.ru/bgd/regl/b17\\_14p/Main.htm](http://www.gks.ru/bgd/regl/b17_14p/Main.htm) (data obrashcheniya: 30.04.2018).

2. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki Ros. Federacii (Rosstat). URL: <http://www.gks.ru/> (data obrashcheniya: 24.05.2018).

3. Upravlenie Federal'noj sluzhboj gosudarstvennoj statistiki po Sankt-Peterburgu i Severo-Zapadnogo regiona (Petrostat). URL: <http://petrostat.gks.ru> (data obrashcheniya: 12.01.2017).

4. Byudzhetyj kodeks Ros. Federacii № 145-FZ (v red. ot 28 noyab. 2018 g.). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19702/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19702/) (data obrashcheniya: 12.12.2018).

5. Smirnova I.V., Farber V.A. Ehkonomicheskie mekhanizmy upravleniya v sisteme predotvrashcheniya i likvidacii chrezvychajnyh situacij // Sociologiya i chelovechestvo: materialy VIII Mezhdunar. konf. 2018. S. 15–28.

---

---

# ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ

---

---

## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАДЗОРНЫХ ОРГАНОВ

**О.С. Юнцова, кандидат педагогических наук, доцент;**

**А.Е. Савенкова, кандидат технических наук;**

**А.А. Егоров.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрен Приказ МЧС России от 18 декабря 2017 г. № 576 «Об утверждении показателей результативности и эффективности деятельности надзорных органов МЧС России». При работе с данным приказом у сотрудников МЧС России возникают проблемы при оценке своей деятельности по результативности надзорных органов МЧС России. В статье представлены обобщенные показатели, которые оказывают влияние на создание необходимых условий для эффективности реализации данного приказа.

*Ключевые слова:* расчеты, государственный пожарный надзор, нормативный акт, эффективность

## INDICATORS OF EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS OF THE OVERSIGHT BODIES

O.S. Yuntsova; A.E. Savenkova; A.A. Egorov.

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

The order of EMERCOM of Russia dated December 18, 2017 № 576 «On approval of performance indicators and efficiency of the Supervisory bodies of EMERCOM of Russia». When working with this order, employees of the EMERCOM of Russia have problems in assessing their activities on the effectiveness of the Supervisory bodies of the EMERCOM of Russia. The article presents generalized indicators that influence the creation of the necessary conditions for the effectiveness of the implementation of this order.

*Keywords:* calculations, state fire supervision, normative act, efficiency

В настоящее время МЧС России является одним из самых эффективных министерств Российской Федерации. Это связано с работой пожарных и спасательных формирований не только в стране в целом, но и в разных регионах по всему миру. Однако деятельность федерального государственного пожарного надзора также имеет положительные эффекты. Прежде всего, на это указывают показатели результативности и эффективности за предыдущие годы.

18 декабря 2017 г. разработан Приказ МЧС России № 576 «Об утверждении показателей результативности и эффективности деятельности надзорных органов МЧС России». Прежде всего, создание данного документа обусловлено положениями Распоряжения Правительства Российской Федерации от 17 мая 2016 г. № 934-р «Об утверждении основных направлений разработки и внедрения системы оценки

результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности». В нем предписаны конкретные шаги по разработке и внедрению системы оценки результативности и эффективности органов надзорной деятельности [1].

Основная речь в данном акте идет о системе оценки деятельности органов контроля (надзора). Система призвана решить одну из достаточно назревших проблем – из-за излишнего вмешательства комитета по неправительственным организациям в деятельность подконтрольных субъектов бизнес, а, следовательно, и государство теряет ресурсы и средства. Поэтому минимизировать количество проверок и контрольных показателей, оптимизировать распределение государственных ресурсов, и тем самым снизить уровень причиненного охраняемым законом ценностям в определенной сфере деятельности вреда, предполагает политика, регламентируемая этим распоряжением Правительства. Следует указать на то, что в данном распоряжении есть и задачи, раскрывающие положения данного нормативного правового акта [1]. Однако помимо этого, в распоряжении существуют показатели, которые могут включать разные показатели результативности и эффективности. В приложении № 1 данного акта указаны формулы, необходимые для расчета показателей эффективности надзорных органов. Однако главный недостаток распоряжения Правительства указывает на то, что формулы, положения и терминология обобщены, что не дает возможности сотрудникам федерального государственного пожарного надзора (ФГПН) брать за основу данный акт [2].

Тем не менее рассматривая данное распоряжение Правительства Российской Федерации, понимаем, что этот документ дает возможности для разработки ведомственных актов, направленных на установление показателей результативности и эффективности надзорных органов.

Выходит, что данный приказ МЧС России был создан с целью упорядочения и создания необходимых условий для сбора и анализа показателей результативности и эффективности ФГПН. Данный нормативный акт, прежде всего, устанавливает необходимые перечни следующих показателей для оценки:

- эффективности ФГПН МЧС России, включая также контроль соблюдения лицензионных требований при осуществлении подлежащих лицензированию видов деятельности, таких как сборка, техобслуживание, а также ремонт оборудования для обеспечения пожарной безопасности на предприятиях и в организациях, тушение пожаров в населенных пунктах и на различных объектах;

- эффективности и результативности ФГПН в сфере обеспечения безопасности субъектов и объектов на территории Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера;

- результативности и эффективности ФГПН в области гражданской ответственности;

- результативности и эффективности ФГПН за эксплуатацией некоммерческих маломерных судов и причалов (пристаней) для них в территориальных и внутренних водах Российской Федерации [3].

Кроме того, определяет круг показателей, для которых указываются целевые значения:

- результативности ФГПН;

- результативности ФГПН в области защиты населения и территории от ЧС природного и техногенного характера;

- результативности государственного надзора за эксплуатацией некоммерческих маломерных судов и причалов (пристаней) для них в территориальных и внутренних водах Российской Федерации.

Из вышеописанного очевидно, что положения данного документа распространяются на все виды государственного контроля. Однако несмотря на это, рассматриваемые положения в области пожарной безопасности имеют также важное значение [4]. Прежде всего, это связано с задачами надзорного органа, круг которых достаточно обширен. В первую очередь необходимо предупредить, а также выявить и пресечь нарушения

субъектами права Российской Федерации требований законодательства Российской Федерации о пожарной безопасности. Решить эту задачу возможно несколькими путями. Один из них – организация и проведение в установленном порядке проверок деятельности предприятий, организаций и граждан, в том числе состояния эксплуатируемых объектов защиты, используемых территорий и земельных участков, состояния продаваемой пожарно-технической продукции. Другой – систематический контроль исполнения требований пожарной безопасности, анализ и прогнозирование состояния их исполнения в процессе производственной и иной деятельности подконтрольными субъектами.

Говоря о результативности ФГПН, следует учитывать то, что информация для её оценки поступает из территориальных отделов МЧС России субъектов Российской Федерации в Департамент надзорной деятельности и профилактической работы при центральном аппарате МЧС России. Однако передаются общие данные. Они обобщаются, и полученные данные о результатах и эффективности создают общую картину деятельности органов ГПН на территории Российской Федерации.

Учитывая это, следует указать, что в Приказе МЧС России от 18 декабря 2017 г. № 576 «Об утверждении показателей результативности и эффективности деятельности надзорных органов МЧС России», в частности в Приложениях № 1 и № 2 указаны необходимые формулы для расчета результативности показателей деятельности инспекторов ГПН. Данные расчеты являются новшеством и должны позволить указать различные показатели за отчетный период, сделанные одним инспектором по пожарному надзору. Расчеты и показатели, разработанные в соответствии с настоящим приказом, устанавливают следующее:

- проекты форм предоставления отчетных сведений в соответствии с приложениями № 1 и № 2–4 соответственно;

- обобщение поступающих сведений, расчёт и анализ показателей результативности и эффективности Главным управлением МЧС России субъектов Российской Федерации, представление результатов в Департамент надзорной деятельности и профилактической работы и Управление безопасности людей на водных объектах ежемесячно до 25 числа за предшествующий период;

- сбор и размещение на официальном портале МЧС России для оценки результативности и эффективности индикативных показателей, отражающих различные аспекты контрольно-надзорной деятельности (КНД), но не применяемых для расчёта показателей группы А и Б, осуществляется в автоматизированной аналитической системе поддержки и управления контрольно-надзорными органами МЧС России с момента ввода в эксплуатацию соответствующих сервисов.

Показатели различных аспектов КНД разработаны и утверждены, это в определенной мере упорядочивает работу контрольно-надзорных органов. При этом сама работа с установленными показателями результативности и эффективности представляет собой сложную систему расчетов, которая должна регулировать любой из факторов деятельности инспектора по пожарному надзору. Как следствие, вероятность использования данных настоящего акта представляет собой сложную процедуру, что затрудняет расчеты. Вследствие этого возникает необходимость создания и унификации новых показателей аспектов деятельности.

В этом случае можно, в качестве примера, провести формулы результата, в частности, по количеству проведенных проверок как в отделе надзорной деятельности и профилактической работы, так и в субъектах. Для этого расчеты будут следующими:

1) найти среднее арифметическое от всех проверок, проведенных отделом в месяц ( $X_m$ ):

$$X_m = (P_{пл} + P_{вн}) / N,$$

где  $P_{пл}$  – общее количество плановых проверок в отделе;  $P_{вн}$  – общее количество внеплановых проверок в отделе;  $N$  – количество инспекторов отдела;

2) из месячных показателей найти среднее арифметическое всех проверок, проведенных отделом в течение года ( $X_2$ ):

$$X_2 = X_M \cdot 12;$$

3) рассчитать среднее арифметическое проверок в субъекте Российской Федерации ( $X_{суб}$ ):

$$X_{суб} = X_2 \cdot Q_{суб},$$

где  $Q_{суб}$  – количество отделов надзорной деятельности и профилактической работы в субъекте.

Исходя из вышеописанного, данные формулы необходимы при расчете среднего количества проверок в отделе и в субъекте. Из этого следует, что один из таких показателей результативности, как количество проведенных проверок, в особенности их среднее арифметическое по субъекту Российской Федерации, наглядно покажет эффективность работы ГПН.

Можно сделать вывод, что подразделения ФГПН, согласно Приказу МЧС России от 18 декабря 2017 г. № 576, которым утверждены соответствующие показатели, должны составлять расчеты, указанные в данном акте, но учитывая большое количество формул, касающихся разных аспектов, следует упростить систему расчета показателей для инспекторов по пожарному надзору. Вышеуказанные факторы необходимо привести к тому, чтобы данный документ помимо наличия юридической силы имел также и практическое использование.

### **Литература**

1. Об утверждении основных направлений разработки и внедрения системы оценки результативности и эффективности контрольно-надзорной деятельности: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 17 мая 2016 г. № 934-р. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

2. Об утверждении перечней показателей результативности и эффективности деятельности надзорных органов МЧС России: Приказ МЧС России от 18 дек. 2017 г. № 576. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

3. Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности: Приказ МЧС России от 30 нояб. 2016 г. № 644. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

4. О федеральном государственном пожарном надзоре: постановление Правительства Рос. Федерации от 12 апр. 2012 г. № 290. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

### **References**

1. Ob utverzhdenii osnovnykh napravleniy razrabotki i vnedreniya sistemy otsenki rezul'tativnosti i effektivnosti kontrol'no-nadzornoj deyatel'nosti: rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 17 maya 2016 g. № 934-r. Dostup iz inform.-pravovogo portala «Garant».

2. Ob utverzhdenii perechney pokazateley rezul'tativnosti i effektivnosti deyatel'nosti nadzornykh organov MChS Rossii: Prikaz MChS Rossii ot 18 dek. 2017 g. № 576. Dostup iz inform.-pravovogo portala «Garant».

3. Ob utverzhdenii Administrativnogo reglamenta Ministerstva Rossiyskoy Federatsii po delam grazhdanskoy oborony, chrezvychaynym situatsiyam i likvidatsii posledstviy stikhiynykh bedstviy ispolneniya gosudarstvennoy funktsii po nadzoru za vypolneniem trebovaniy pozharnoy bezopasnosti: Prikaz MChS Rossii ot 30 noyab. 2016 g. № 644. Dostup iz inform.-pravovogo portala «Garant».

4. O federal'nom gosudarstvennom pozharnom nadzore: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federatsii ot 12 apr. 2012 g. № 290. Dostup iz inform.-pravovogo portala «Garant».

---

---

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

---

---

## ПРЕПОДАВАНИЕ ВОПРОСОВ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КОРРУПЦИИ В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: НЕОБХОДИМОСТЬ, ПРОБЛЕМЫ, НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

**Г.Г. Дмитриев, доктор педагогических наук, профессор.**

**Военный институт физической культуры.**

**А.Н. Соловьев.**

**Военно-медицинская академия**

Рассматривается актуальность преподавания вопросов профилактики и противодействия коррупции в образовательных учреждениях высшего образования Министерства обороны Российской Федерации, проблемные вопросы их преподавания на современном этапе, а также проводится анализ современных взглядов на обучение студентов данным вопросам. Авторы отмечают неизученность особенностей преподавания вопросов противодействия коррупции в образовательных учреждениях высшего образования Министерства обороны Российской Федерации, а также предлагает проведение научных изысканий в данном вопросе.

*Ключевые слова:* коррупция, предупреждение коррупции, преподавание вопросов противодействия коррупции, проблемы преподавания, преодоление коррупционных стереотипов

## TEACHING QUESTIONS OF ANTI-CORRUPTION IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF THE HIGHER EDUCATION OF THE MINISTRY OF DEFENCE OF THE RUSSIAN FEDERATION: NEED, PROBLEMS, DIRECTIONS OF IMPROVEMENT

**G.G. Dmitriyev. Military institute of physical education.**

**A.N. Solovyov. Military-medical academy**

In article the relevance of teaching questions of prevention and anti-corruption in educational institutions of the higher education of the Ministry of Defense of the Russian Federation, problematic issues of their teaching at the present stage is considered, and the analysis of modern views on training of students in the matters is also carried out. The author notes obscurity of features of teaching questions of anti-corruption in educational institutions of the higher education of the Ministry of Defense of the Russian Federation, and also offers carrying out scientific researches in the matter.

*Keywords:* corruption, prevention of corruption, teaching questions of anti-corruption, teaching problem, overcoming corruption stereotypes

Предупреждение коррупции является одной из стратегических задач, стоящих как перед государством в целом, так и Вооруженными Силами Российской Федерации в частности.

Коррупция сегодня – это социально опасное явление, которое наносит непоправимый вред как государству и обществу, так и каждому из нас. Она не позволяет в должной мере развиваться государству, поглощая ресурсы и богатства страны. Прямой официальный ущерб от коррупционных преступлений в России за 2015–2016 гг. и девять месяцев 2017 г. оценивается в 148 млрд руб. Такие данные в интервью газете «Коммерсант» привел генеральный прокурор России Юрий Чайка [1].

Однако это только видимая часть айсберга. Коррупционные правонарушения обладают очень высокой латентностью (не выявленные и не учтенные преступления), в связи с тем, что все лица, участвующие в коррупционных схемах, не заинтересованы в их раскрытии. Так, по оценке академика РАН В.Н. Кудрявцева, уровень латентности по взяточничеству составляет 2 900:1, по вымогательству 17 000:1 [2]. Результаты других научных исследований показывают, что в целом по России выявляются только около 5 % фактов получения взяток [3]. Компилируя различные данные, можно предположить, что количество коррупционных сделок превышает 30 млн в год, а реальный ущерб от коррупции можно оценить уже не в миллиардах, а в триллионах рублей [1–4].

Учитывая высокую латентность коррупции, санкций уголовного и административного характера явно недостаточно для эффективного противодействия ей. Это подтверждает и международный опыт противодействия коррупции. Так, например, в Китае, с 2001 по 2013 гг. были расстреляны около 13 тыс. чиновников за коррупционные преступления, что не позволило снизить уровень коррупции в стране, а наоборот, с 2001 по 2012 гг. по уровню коррупции Китай опустился с 57 до 80 места (страны с наименьшей коррупцией занимают первые места), что свидетельствует не о снижении, а о росте коррупции [5].

Исключительно репрессивные методы противодействия коррупции не дают ожидаемого эффекта. Успеха добиваются страны, умело сочетающие неотвратимость наказания за коррупционные правонарушения (пускай эти наказания и не самые суровые) с формированием негативного отношения чиновников и общества к коррупции.

Армию всегда считали своеобразным отражением общества, где присутствуют те же явления нашей жизни, что и в других социальных кругах, и коррупция – не исключение.

Ущерб Вооруженных Сил России от преступлений коррупционного характера в 2015 г. составил 9 млрд руб., о чем сообщил в своем докладе Совету Федерации генпрокурор Юрий Чайка [6].

Руководством Министерства обороны Российской Федерации (МО РФ) принимаются действенные меры по противодействию коррупционным и иным правонарушениям: изданы и реализуются более 30 приказов министра обороны Российской Федерации противокоррупционной направленности; разработаны более десятка методических рекомендаций по вопросам противодействия коррупции; в Главном управлении кадров МО РФ создан отдел (профилактики коррупционных и иных правонарушений); аналогичные подразделения (штатные и нештатные) созданы во всех органах военного управления, объединениях, соединениях, воинских частях и организациях МО РФ; проводится полномасштабная работа по привитию военнослужащим и лицам гражданского персонала негативного восприятия любых форм коррупционных проявлений.

Одним из направлений указанной работы является обучение будущих офицеров вопросам профилактики и противодействия коррупционным и иным правонарушениям. В соответствии с решением совета при министре обороны Российской Федерации по противодействию коррупции от 29 мая 2014 г., статс-секретарь – заместитель министра обороны Российской Федерации потребовал в образовательных заведениях МО РФ включить в учебные планы занятия, формирующие у обучаемых чувства неприятия коррупции

во всех ее формах и проявлениях, привития антикоррупционного типа поведения и навыков противодействия коррупции.

В июле 2015 г. статс-секретарем – заместителем министра обороны Российской Федерации были утверждены Требования к минимуму содержания и уровням обученности курсантов военных образовательных организаций высшего образования МО РФ, в которых определено, что должны знать курсанты. Начальником Главного управления кадров МО РФ в июле 2015 г., в целях совершенствования обучения курсантов и слушателей вопросам противодействия коррупции, доведена примерная рабочая учебная программа дисциплины «Противодействие коррупции» с рекомендациями ее использования в части, касающейся разработки основной образовательной программы.

Казалось бы, что органами военного управления приняты все меры для качественного обучения курсантов и слушателей вопросам противодействия коррупции и дальше задача военных образовательных организаций МО РФ – воплотить это в жизнь. Однако на практике реализация качественного обучения курсантов вопросам противодействия коррупции сталкивается с рядом проблем.

Анализ существующих федеральных стандартов высшего образования по подготовке специалистов образовательными учреждениями высшего образования МО РФ показывает, что в подавляющем большинстве существующих сегодня федеральных государственных образовательных стандартах, компетенций, касающихся противодействия коррупции, нет. Исключение составляет только ряд специальностей, подготовку по которым осуществляет Военный университет МО РФ. Поэтому изучение вопросов противодействия коррупции, в соответствии с большинством учебных программ, может осуществляться только за счет вариативной части программы. В общегражданских образовательных организациях за счет вариативной части программ имеется возможность изучения вопросов противодействия коррупции в рамках отдельной дисциплины (учебного модуля) емкостью более 48 часов аудиторных занятий. Особенностью учебных программ образовательных организаций высшего образования МО РФ является то, что за счет бюджета вариативной части учебных программ изучаются специальные дисциплины военной направленности и, соответственно, в данных организациях отсутствует возможность выделения достаточного количества времени на изучение вопросов противодействия коррупции (в среднем – шесть аудиторных часов).

Имея столь незначительный бюджет учебного времени, существенно повлиять на антикоррупционное мировоззрение обучающихся в рамках учебной программы не представляется выполнимым. Возможно, оказать существенное влияние на антикоррупционное мировоззрение курсантов способна воспитательная работа, проводимая в образовательных организациях вне рамок образовательной программы, однако этот вопрос выходит за рамки данной статьи.

Второй основной проблемой является формальное отношение преподавательского состава к изучению данной тематики. Так в ходе изучения учебно-методического комплекса по изучению антикоррупционной тематики, а так же в беседах с преподавателями, ведущими указанные занятия, в ряде образовательных учреждений высшего образования МО РФ были обнаружены множественные недостатки, носящие как общий, так и частный характер. Остановимся на наиболее существенных:

- все изучаемые вопросы имели сугубо теоретический характер. Ни в одной из образовательных организаций не рассматривались практические вопросы противодействия коррупции, с которыми придется столкнуться выпускникам в реальной жизни;

- рекомендации по формированию антикоррупционного поведения, публикуемые в научной литературе, на практике не применялись;

- имея крайне скудный бюджет учебного времени на изучение вопросов противодействия коррупции, в тематические планы включались вопросы, которые возможно нужны будущим специалистам в области противодействия коррупции, но курсантам

большинства образовательных организаций МО РФ они являются абсолютно не нужными и тяжелыми к усвоению (международное правовое регулирование противодействия коррупции, понятие и сущность коррупциогенности правовых актов, основные коррупциогенные факторы правовых актов и методика осуществления антикоррупционной экспертизы правовых актов и другие вопросы);

- изложение учебного материала осуществлялось крайне скучно и монотонно, часто учебный материал состоял из выдержек руководящих документов, в лекциях отсутствовали конкретные факты и примеры;

- при выборе тематики и содержания учебного материала не учитывались дальнейшее служебное предназначение обучаемых, особенности их будущей воинской службы;

- при изучении учебного материала делались ссылки на устаревшие и отмененные руководящие документы, имелись многочисленные ошибки, учебный материал своевременно не корректировался;

- отсутствовал сплошной контроль усвоения пройденного материала.

Таким образом, даже то незначительное учебное время, выделяемое на изучение вопросов противодействия коррупции в образовательных учреждениях МО РФ, использовалось крайне не эффективно и, соответственно, рассчитывать даже на незначительное положительное влияние проведенных занятий не приходится.

Вместе с тем сегодня существуют определенные теоретические и практические наработки по данной проблеме. По мнению ряда специалистов, в рамках изучения программ антикоррупционной направленности следует изучить: зарождение коррупции в Российском государстве в историческом аспекте, комплекс причин, способствующий коррупционным проявлениям, уровень коррумпированности современного общества и вред, наносимый этим, принципы и методы борьбы с коррупцией, правовые основы противодействия коррупции, коррупционные правонарушения уголовного, административного и дисциплинарного характера [2, 3, 7].

Формирование общей теоретической базы предпочтительнее проводить в ходе лекционных занятий. При этом в содержательном плане теоретические занятия в первую очередь должны быть направлены на преодоление стереотипов в сознании обучающихся, которые связаны с понятием коррупции. К таким стереотипам можно отнести:

- разрыв между понятием «коррупция» и ежедневными реалиями собственной жизни. Учебный материал начинает осознаваться студентами по другому, когда к ним приходит осознание того, что коррупционный характер носят многие привычные отношения. Поэтому первой методологической задачей, наряду с раскрытием понятия коррупции, является обоснование повсеместности коррупции, демонстрация данного явления в жизни каждого члена нашего общества;

- рассмотрение коррупции и противодействия ей в историческом аспекте, с акцентированием внимания на сформировавшемся национальном менталитете, и устоявшихся традициях. Однако крайне важно, чтобы указанные факты не оценивались обучаемыми как оправдание коррупции;

- осознание невозможности победы над коррупцией, восприятие ее явлением естественным для российского общества и общества вообще, вечным и потому непобедимым. Чем значительнее жизненный опыт слушателей, тем сильнее у них уверенность в том, что реальная жизнь не может обходиться без коррупции, и преодоление этого стереотипа является, пожалуй, наиболее трудным. Для изменения отношения студентов к вопросу непобедимости коррупции необходимо, с одной стороны, показать все негативные последствия коррупции и вред, наносимый каждому члену нашего общества, с другой стороны, показать то, что механизмы борьбы с коррупцией существуют и успешно реализуются как в зарубежных странах, так и в отдельных регионах нашей страны. При рассмотрении данного вопроса крайне важно избегать крайностей. Так, излишняя уверенность в перспективности борьбы с коррупцией вызывает у студентов недоверие к пройденному материалу, несовместимость с существующей реальностью,

а так же способствует формированию неверного восприятия антикоррупционных мер, действующих автоматически и гарантирующих положительный результат. Противоположная крайность, признающая непобедимость коррупции и неэффективность всех мер по борьбе с ней является еще более опасной. Чрезмерный пессимизм в данном вопросе крайне понижает мотивацию студента, лишает в их глазах всякого смысла изучение вопросов противодействия коррупции [2, 8].

Однако наиболее эффективным, по мнению многих специалистов, является изучение вопросов противодействия коррупции с использованием активных и интерактивных методов обучения, и обязательным вовлечением студентов в образовательный процесс, исключая возможность превращения занятий в простую констатацию факта проблемы коррупции [2, 8–11].

При завершении обучения возможно проведение дискуссии, в ходе которой, на основе полученных знаний о коррупции, студенты выскажут свое мнение о механизмах возникновения и преодоления коррупции. При этом собственная позиция обучающегося в процессе такой дискуссии пройдет апробацию и окончательно оформится [8].

Формы и методы проведения практических занятий по вопросам противодействия коррупции разнообразны, но все они должны отвечать следующим требованиям:

- проводить активизацию самостоятельной познавательной деятельности студентов;
- быть направлены в первую очередь на формирование антикоррупционного мировоззрения, убеждения, что жить честно – это правильно и престижно, а так же корректировку ложных стереотипов;
- иметь практико-ориентированное направление;
- учитывать возраст и теоретическую подготовку студентов;
- характер занятий должен быть проблемным, необходимо уходить от абстрактности изучаемого материала, привязывая его к личному опыту обучающихся;
- не стоит навязывать позицию педагога как «истину в последней инстанции», потому что при рассмотрении коррупции как социального явления предпочтителен равноправный, интерактивный диалог, который способен развить дискуссию, способствовать самостоятельному осмыслению обучающимися всей глубины и опасности коррупции [2, 4, 8, 10–12,].

Коррупция – это сложное социальное явление, имеющее различные формы проявления, которые не всегда очевидны. Было бы неверно понимать коррупцию лишь как совершение преступлений коррупционной направленности. Специалисты совершенно справедливо отмечают, что коррупция проявляется в целом спектре правонарушений. Это и преступления коррупционной направленности, и административные правонарушения, и дисциплинарные проступки. По мнению самих военнослужащих, наиболее распространенными формами коррупционных проявлений на военной службе сегодня являются: получение в связи с исполнением должностных обязанностей вознаграждения от физических и юридических лиц (70,1 % опрошенных); использование в целях, не связанных с исполнением должностных обязанностей, средств материально-технического и иного обеспечения, другого государственного имущества, а также передача их другим лицам (58 %); занятия иной оплачиваемой деятельностью, за исключением научной, педагогической и иной творческой деятельности (49,4 %); занятия предпринимательской деятельностью, участие в управлении коммерческими организациями (43,1 %) [13].

И здесь встает резонный вопрос, а знает ли выпускник образовательного учреждения высшего образования МО РФ, что выполнение им оплачиваемой работы, помимо служебной деятельности, например врачебной, является нарушением действующего законодательства и может привести к применению к нему дисциплинарного взыскания, вплоть до увольнения с военной службы. Имеет ли он представление, что такое конфликт интересов, и что в соответствии с Положением о прохождении военной службы он подлежит увольнению с военной службы в связи с утратой к нему доверия, в случае непринятия мер по предотвращению или урегулированию конфликта интересов. Знает ли он, что любой

подарок, стоимостью в пять тысяч рублей, предложенный им преподавателю, может быть рассмотрен как взятка, за которую предусмотрено лишение свободы сроком до одного года.

Кроме того, выпускнику вуза необходимо иметь понятие о порядке предоставления сведений о доходах, расходах, об имуществе и обязательствах имущественного характера, а так же об ответственности за недостоверное представление указанных сведений, так как уже при назначении на первую офицерскую должность некоторым из них придется представлять данные справки.

Учебный материал, изучаемый сегодня в большинстве образовательных учреждениях высшего образования МО РФ, не дает выпускникам практических навыков противодействия коррупции, так же как и не формирует негативного отношения к ней. Существующие методические разработки преподавания антикоррупционных вопросов, применяемые в гражданских образовательных учреждениях, способны оказать влияние на антикоррупционное мировоззрение обучающихся (при выделении их в отдельный модуль продолжительностью более одной зачетной единицы), однако крайне ограниченное учебное время, выделяемое в образовательных учреждениях МО РФ, не позволяет в полной мере использовать существующие методики.

Подводя итоги, нужно отметить, что сегодня у руководства страны есть четкое понимание необходимости проведения молодежной антикоррупционной политики, которая является эффективной инвестицией в будущее страны. Государственными органами принимаются определенные меры по совершенствованию антикоррупционного обучения и воспитания студенческой молодежи, однако они не всегда являются эффективными и не в полной мере выполняются непосредственными исполнителями.

Воспитание антикоррупционной позиции представляет собой длительный и непрерывный процесс, который длится, пожалуй, всю жизнь. Однако наиболее продуктивным является антикоррупционное воспитание непосредственно в стенах образовательных организаций.

Анализ публикаций по данной тематике позволяет сделать вывод, что на сегодняшний день есть определенные наработки и опыт преподавания вопросов противодействия коррупции студентам вузов. Большинство специалистов сходятся во мнении, что вектор преподавания должен быть направлен в первую очередь не на получение конкретных знаний (хотя отбросить их тоже нельзя), а на привитие норм морали, которые смогут в будущем обеспечить правильное поведение обучающихся.

Вместе с тем проведенный анализ так же показал, что особенности преподавания вопросов противодействия коррупции в образовательных учреждениях высшего образования МО РФ еще не изучены. Сегодняшнее преподавание данной проблематики в данных учреждениях сводится, как правило, к формальному изложению порой не актуального учебного материала. Опыт преподавания в гражданских учебных заведениях может и должен быть использован при обучении курсантов военных учебных заведений, однако простое копирование не даст требуемых результатов. Поэтому сегодня требуется разработка наиболее эффективных форм и методов преподавания вопросов противодействия коррупции именно в высших военных учебных заведениях; дополнительное обучение по данной тематике профессорско-преподавательского состава; увеличение бюджета учебного времени, отводимого на изучение противокоррупционной тематики; что в совокупности сможет обеспечить как необходимую теоретическую подготовку курсантов, так и иметь практическую направленность обучения, что в конечном счете должно обеспечить формирование необходимого мировоззрения будущего офицера.

### **Литература**

1. Чайка Ю.Я. За два года ущерб от коррупции в России составил почти 150 млрд руб. // Новая газета. 2017. 8 дек.

2. Ахметова Н.А., Гузненко В.Н. Основы антикоррупционного образования в современном учебном процессе // Актуальные вопросы профессионального образования. 2013. № 13 (116). С. 16–18.
3. Курганова А.А. Правовое воспитание как метод борьбы с коррупцией // Новая наука: Современное состояние и пути развития. 2015. № 1. С. 43–46.
4. Лобзов К.М., Смирнова Ю.М. Коррупция как угроза национальным интересам // Вестник поволжского института управления. 2016. № 1 (52). С. 9–14.
5. Кондракова И.А. Административно-правовой механизм противодействия коррупции в системе государственной службы зарубежных государств. Женева: Международное научное объединение экономистов «Консилиум», 2014. С. 91–99.
6. Чайка Ю.Я. Чайка: коррупция за год нанесла армии ущерб в девять миллиардов рублей // Риа новости. URL: <https://ria.ru/incidents/20160426/1420390622.html>. (дата обращения: 20.12.2018).
7. Шевердяев С.Н., Краснощекий Р.А. Вопросы организации преподавания антикоррупционной проблематики в Российских юридических вузах // Вестник Московского университета. Сер. 11: Право. 2010. № 1. С. 121–129.
8. Давыдова М.Л., Ахметова Н.А. Проблемы методологии и методики антикоррупционного обучения в Российском юридическом вузе // Право и современные государства. 2013. № 6. С. 9–15.
9. Бикеев И.И., Кабанов П.А. Антикоррупционное образование в России // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2010. № 3. С. 178–188.
10. Дубонос Е.С., Ковалев С.Н. О методике преподавания дисциплин антикоррупционной направленности в высших учебных заведениях // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2013. № 1-2. С. 17–23.
11. Качкина Т.Б., Качкин А.В. Противодействие коррупции через образование: метод. пособие. Ульяновск, 2009. 102 с.
12. Лукьянова М.Н. Методы и эффективность преподавания дисциплины «Антикоррупционная политика» в экономическом вузе // Успехи Современного естествознания. 2014. № 12-2. С. 159–162.
13. Козлов Т.Л. Профилактика коррупции на военной службе // Право в Вооруженных Силах. URL: <http://www/voennoepravo.ru/files/Kozlov.dok> (дата обращения: 11.12.2018).

## References

1. Chajka Yu.Ya. Za dva goda usherb ot korrupcii v Rossii sostavil pochtii 150 mlrd rub. // Novaya gazeta. 2017. 8 dek.
2. Ahmetova N.A., Guznenko V.N. Osnovy antikorrupcionnogo obrazovaniya v sovremennom uchebnom processe // Aktual'nye voprosy professional'nogo obrazovaniya. 2013. № 13 (116). S. 16–18.
3. Kurganova A.A. Pravovoe vospitanie kak metod bor'by s korrupciej // Novaya nauka: Sovremennoe sostoyanie i puti razvitiya. 2015. № 1. S. 43–46.
4. Lobzov K.M., Smirnova Yu.M. Korrupciya kak ugroza nacional'nym interesam // Vestnik povolzhskogo instituta upravleniya. 2016. № 1 (52). S. 9–14.
5. Kondrakova I.A. Administrativno-pravovoj mekhanizm protivodejstviya korrupcii v sisteme gosudarstvennoj sluzhby zarubezhnyh gosudarstv. ZHeneva: Mezhdunarodnoe nauchnoe ob"edinenie ehkonomistov «Konsilium», 2014. S. 91–99.
6. SHajka Yu.Ya. Chajka: korrupciya za god nanesla armii usherb v devyat' milliardov rublej // RIA novosti. URL: <https://ria.ru/incidents/20160426/1420390622.html>. (data obrashcheniya: 20.12.2018).
7. Sheverdyayev S.N., Krasnoshchekij R.A. Voprosy organizacii prepodavaniya antikorrupcionnoj problematiki v Rossijskih yuridicheskikh vuzah // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 11: Pravo. 2010. № 1. S. 121–129.

8. Davydova M.L., Ahmetova N.A. Problemy metodologii i metodiki antikorrupcionnogo obucheniya v Rossijskom yuridicheskom vuze // Pravo i sovremennye gosudarstva. 2013. № 6. S. 9–15.

9. Bikeev I.I., Kabanov P.A. Antikorrupcionnoe obrazovanie v Rossii // Biznes. Obrazovanie. Pravo. Vestnik Volgogradskogo instituta biznesa. 2010. № 3. S. 178–188.

10. Dubonosov E.S., Kovalev S.N. O metodike prepodavaniya disciplin antikorrupcionnoj napravlenosti v vysshih uchebnyh zavedeniyah // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ehkonomicheskie i yuridicheskie nauki. 2013. № 1-2. S. 17–23.

11. Kachkina T.B., Kachkin A.V. Protivodejstvie korrupcii cherez obrazovanie: metod. posobie. Ul'yanovsk, 2009. 102 s.

12. Luk'yanova M.N. Metody i ehffektivnost' prepodavaniya discipliny «Antikorrupcionnaya politika» v ehkonomicheskom vuze // Uspekhi Sovremennogo estestvoznaniya. 2014. № 12-2. S. 159–162.

13. Kozlov T.L. Profilaktika korrupcii na voennoj sluzhbe // Pravo v Vooruzhennyh Silah. URL: [http: www/voennoepravo.ru/files/Kozlov.dok](http://www/voennoepravo.ru/files/Kozlov.dok) (data obrashcheniya: 11.12.2018).

# ЭЛЕКТРОННЫЙ ТРЕНАЖЕР ПИРОТЕХНИКА

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

Обоснованы структура и состав электронного тренажера для подготовки специалиста-пиротехника и проверки его знаний, навыков и умений, что устранит элементы его субъективной оценки и повысит качество его подготовки.

*Ключевые слова:* специалист-пиротехник, подготовка, электронный тренажер

## ELECTRONIC SIMULATOR OF PYROTECHNICS

V.A. Sednev; P.A. Alyaev.  
Academy of State fire service of EMERCOM of Russia

Grounded structure and composition of an electronic simulator for training specialist pyrotechnics and verify its knowledge, skills and abilities that will eliminate the elements of his subjective evaluation, and improve the quality of its training.

*Keywords:* specialist pyrotechnics, training, electronic simulator

Многие вопросы совершенствования образовательного процесса, включая повышение качества преподавания в высших учебных заведениях и центрах подготовки специалистов, позволяют решить современные средства обучения (ССО) и их комплексное применение [1, 2].

Особенностью комплексного применения ССО в системе высшего и дополнительного профессионального образования является изменение взглядов на их место и роль в образовательном процессе [3]. Одни преподаватели считают ССО вспомогательными средствами, другие утверждают за ними ведущую роль, вплоть до замены преподавателя в обучении.

Внедрение ССО в процесс подготовки пиротехников позволит: повысить уровень их умений при работе с взрывчатыми веществами и средствами взрыва и в обезвреживании взрывоопасных предметов; снизить количество пострадавших при выполнении действий с взрывоопасными предметами; снизить остроту нехватки высококвалифицированных преподавательских кадров; унифицировать учебно-методические материалы и задать требуемый уровень подготовки пиротехников и качества их обучения. При этом основной вклад в наглядность обучения вносят технические средства обучения.

Под техническими средствами обучения (ТСО) понимают [1] комплекс дидактических материалов и технических устройств, служащих для интенсификации режимов функционирования каналов прямой и обратной связи в учебно-воспитательном процессе. Современные ТСО призваны обеспечить наглядность и доступность усвоения изучаемых процессов и явлений, служат интенсификации и активизации учебной деятельности обучающихся.

Технические средства обучения [1, 3] – система, представляющая единство определённым образом организованных для достижения учебных целей технических устройств и материальных носителей информации, выступающих как средство обучения и как объект изучения, а также предназначенных для формирования педагогического мастерства преподавателя и обучающихся.

Современные средства обучения – это система взаимосвязанных компонентов материальных носителей информации и технических устройств, целесообразно организованных и применяемых для выполнения задач обучения. Таким образом, ТСО призваны расширить возможности обучающихся и преподавателей, повысить производительность и эффективность их труда.

В соответствии с принятыми формами и выбранными методами обучения преподаватель определяется со средствами обучения, то есть он должен заботиться об информационно-предметном обеспечении изучения дисциплины.

Средства обучения бывают (рис. 1):

- простые (учебники и другие печатные текстовые средства); простые визуальные средства (оригинальные предметы, модели, диаграммы и др.);
- сложные – механические визуальные средства (диаскопы, графики, карты и др.); аудиальные средства (проигрыватели, магнитофоны, радиоприёмники); аудиовизуальные средства (телевизоры, кино- и видеокамеры и др.); средства, автоматизирующие процессы обучения (тренажеры, компьютеры).

Знание их позволяет применить оптимальные средства обучения на занятиях по различным дисциплинам и создает условия для подготовки высококлассных специалистов. При этом компьютерные тренажеры для подготовки пиротехников, саперов и проверки их умений отсутствуют, поэтому возникает необходимость создания виртуального тренажерного комплекса, имитирующего различные действия пиротехников, например, при разминировании местности, для снижения уровня опасности при выполнении ими работ.

Тренажерный комплекс может иметь информационно-справочную, расчетно-моделирующую, планирующую и дидактическую подсистемы и включать преподавательский, учебный, тренажерный и тестовый электронные модули (рис. 2).



Рис. 1. Средства обучения



Рис. 2. Схема компьютерного тренажерного комплекса

Модуль «Преподаватель» (рис. 3) предназначен для сбора, хранения, обработки и структурирования электронных учебных материалов, в зависимости от запросов и задач преподавателя. Это электронный рабочий стол преподавателя, куда он собирает нужную ему информацию, которой может воспользоваться при подготовке к занятию.



Рис. 3. Схема модуля «Преподаватель»

Функциональные возможности учебного модуля (рис. 4): загрузка (рис. 5); навигация по учебному материалу с помощью опций «Содержание» и «Оглавление»; возврат к предыдущему разделу; перемещение по контенту с помощью вертикальной полосы прокрутки и скрола (колесо мышки); масштабирование изображения; обработка Flash объектов; отображение таблиц и рисунков; обработка гиперссылок; выход (выгрузка) учебного модуля. Учебный модуль должен позволять выполнять следующие функции:

– по работе с текстом: вставка в рабочую область текстовых фрагментов, разработанных с любых тестовых редакторах; набор тестовых блоков с клавиатуры; редактирование набранных или вставленных текстовых фрагментов (изменение форм размеров шрифта, изменение цвета, добавления и удаления спецэффектов, изменение и расположение тестов, межстрочных интервалов, отступов и т.п.); установление различной последовательности и времени появления (скрытия) текстовых фрагментов;

– по работе с графическими изображениями: создание и редактирование в рабочей области простейших графических объектов (прямоугольник, ромб, стрелки и т.п.); изменение размеров вставленных графических объектов в рабочем окне учебного кадра; установление времени и последовательности появления графических объектов на рабочем поле;

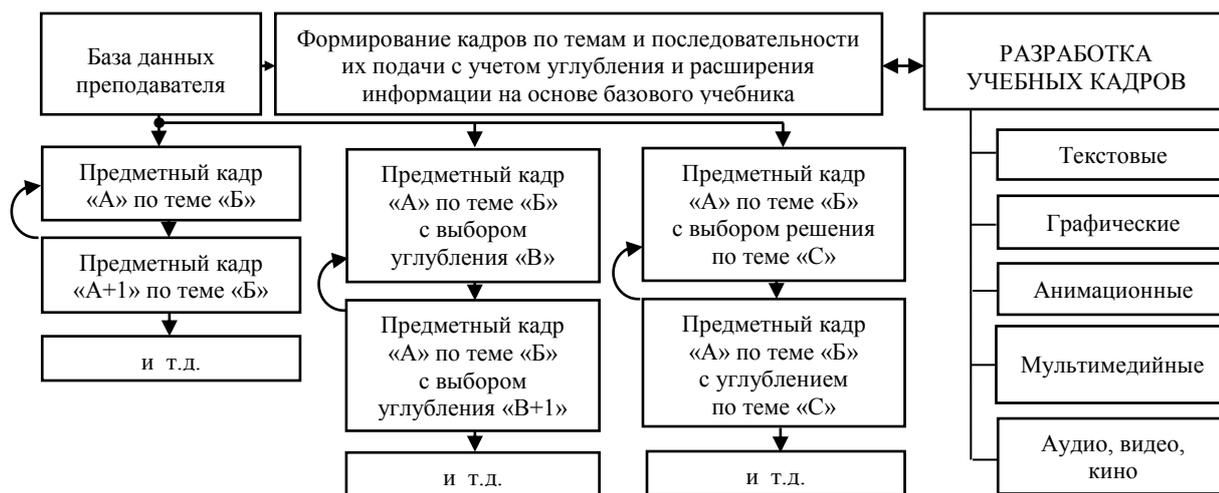


Рис. 4. Структурная схема учебного модуля



Рис. 5. Форма создания (просмотра) учебных кадров (вариант)

– по работе с видео и анимационными объектами: вставка и воспроизведение в рабочей области учебного кадра видео и анимационных фрагментов различных форматов; установление времени и последовательности воспроизведения видео и анимационных фрагментов;

- по работе с аудиофрагментами: вставка в учебный кадр аудиофрагментов, установление времени и последовательности их воспроизведения;
- по работе с таблицами: вставка в рабочую область учебного кадра таблиц, разработанных с помощью редактора электронных таблиц или текстовых редакторов; редактирование созданных или внедренных таблиц; установление времени и последовательности воспроизведения таблиц, а также содержимого их ячеек; установление связи таблиц с базами данных;
- по работе с диаграммами (графиками): создание и редактирование типовых диаграмм в рабочей области учебного кадра;
- по работе с презентациями и слайдами: автоматическое создание учебного кадра на основе слайда, а также серии учебных кадров на основе презентации с сохранением эффектов анимации, вместе с тем установление времени и последовательности воспроизведения презентаций.

Тренажерный модуль (рис. 6) предназначен для формирования умений и навыков на практических занятиях у обучающихся с целью тренировки их в принятии решений и практическом выполнении задач, обусловленных должностным предназначением выпускников вузов.

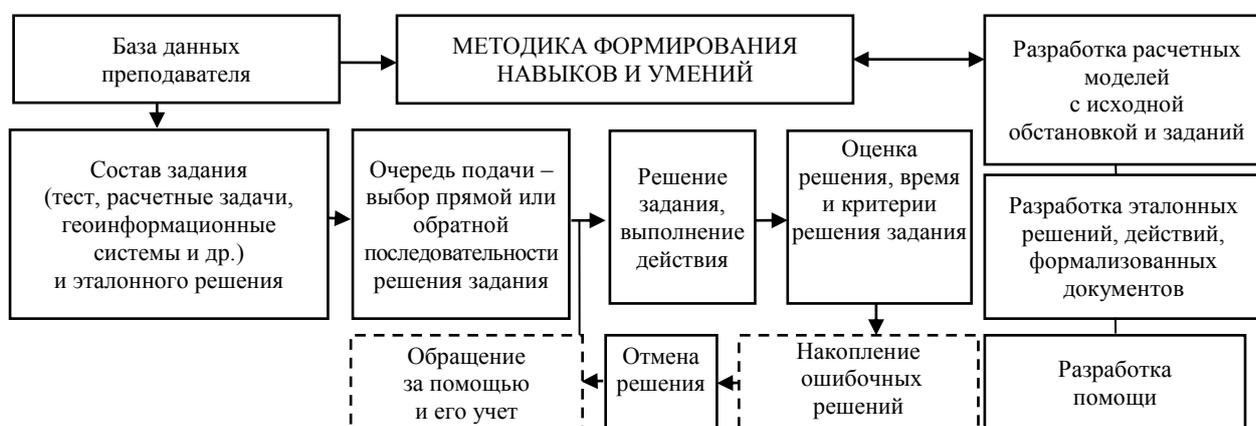


Рис. 6. Схема тренажерного модуля обучающегося

Тренажерный модуль может включать ситуационные игры, при прохождении сценариев которых обучающиеся в конкретной роли и ситуации принимают решения. Модуль оценивает обучающегося в каждой ситуации и представляет результат его действий. Функциональные возможности тренажерного модуля: загрузка сценариев, текста и графических иллюстраций к ним; вариант действий на ситуацию; выбор пользователем только одного варианта действия на ситуацию сценария; вывод ответов, при этом для каждой ситуации должен быть установлен интервал времени, в течение которого пользователь может работать с данным вопросом (ситуацией); выход из тренажерного модуля.

В процессе отработки задач сценария пользователь оценивает обстановку, представленную рисунком и текстом (рис. 7), принимает решение и выполняет клик мышкой по соответствующему блоку. Логический блок тренажера оценивает решение или действие и переходит к следующему шагу. При неправильном решении пользователю демонстрируется ошибка.

Функциональные возможности тестового модуля (рис. 8): загрузка, демонстрация описания задания, запрет возвращения на предыдущий вопрос, переход к следующему вопросу, выбор установленного количества вопросов и практических заданий из базы вопросов случайным образом, дополнение заданий; обработка результатов и их отображение, выход.



Рис. 7. Задание с единственным верным ответом (вариант)



Рис. 8. Схема тестового модуля обучающегося

Стартовый файл может учитывать категории обучающихся: руководители, пиротехники, спасатели.

Электронный тренажер (рис. 9) позволяет самостоятельно изучить теоретический материал, проверить уровень его усвоения, пройти итоговое тестирование по теме и за курс и в условиях, когда возросли требования к качеству подготовки специалистов, устранит элементы субъективной оценки практических навыков и умений специалистов-пиротехников, повысит уровень их умений при работе с взрывоопасными предметами, снизит количество пострадавших при выполнении действий с ними, снизит остроту нехватки высококвалифицированных преподавательских кадров, позволит задать требуемый уровень подготовки пиротехников и качества их обучения.

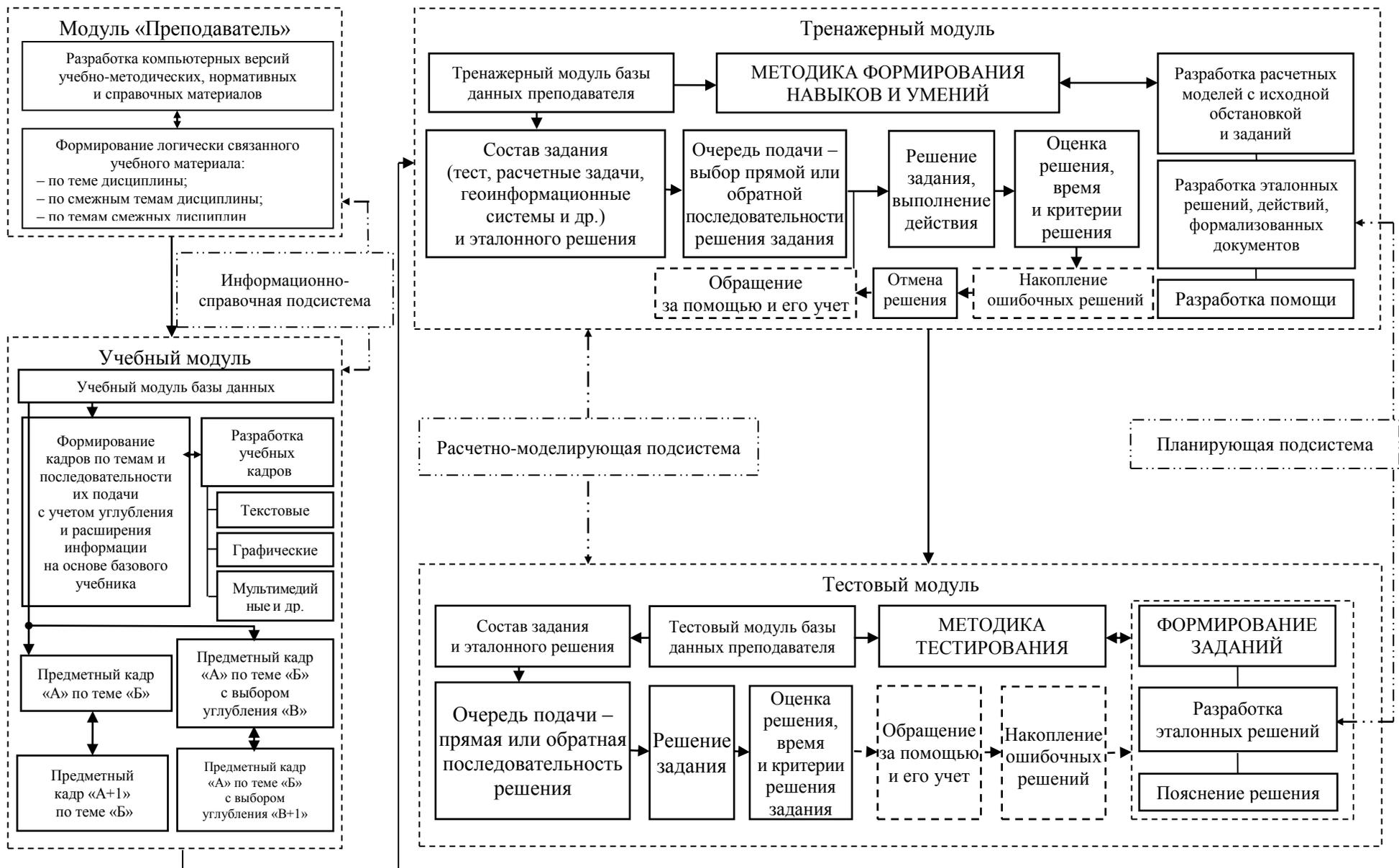


Рис. 9. Схема компьютерного тренажерного комплекса

### **Литература**

1. Седнев В.А., Савченко Н.А. Учебные и методические основы деятельности профессорско-преподавательского состава: монография. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2014. 211 с.

2. Седнев В.А., Аляев П.А. Предложения по повышению качества подготовки пиротехников для спасательных воинских формирований МЧС России // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. 2015. Вып. 3 (61). URL:<http://ipb.mos.ru/ttb>. (дата обращения: 12.07.2017).

3. Седнев В.А. Методические рекомендации по подготовке и проведению лекционных, семинарских, практических занятий и лабораторных занятий, самостоятельной работы под руководством преподавателя и контрольной работы: учеб.-метод. пособие. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2014. 59 с.

### **References**

1. Sednev V.A., Savchenko N.A. Uchebnye i metodicheskie osnovy deyatel'nosti professorsko-prepodavatel'skogo sostava: monografiya. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2014. 211 s.

2. Sednev V.A., Alyaev P.A. Predlozheniya po povysheniyu kachestva podgotovki pirotekhnikov dlya spasatel'nyh voinskih formirovanij MCHS Rossii // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti: internet-zhurnal. 2015. Vyp. 3 (61). URL:<http://ipb.mos.ru/ttb>. (data obrashcheniya: 12.07.2017).

3. Sednev V.A. Metodicheskie rekomendacii po podgotovke i provedeniyu lekcionnyh, seminarских, prakticheskikh zanyatij i laboratornyh zanyatij, samostoyatel'noj raboty pod rukovodstvom prepodavatelya i kontrol'noj raboty: ucheb.-metod. posobie. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2014. 59 s.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Александров Сергей Валентинович** – адъюнкт Воен. ин-та (инж.-техн.) Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева МО РФ (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8);

**Аляев Павел Александрович** – ст. препод. каф. защ. нас. и тер. Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4);

**Анашечкин Александр Дмитриевич** – зам. нач. каф. автомат. и сетев. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-99-63, 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), e-mail: antoshina17@yandex1.ru, канд. пед. наук;

**Антюхов Валерий Иванович** – проф. каф. систем. анализ. и антикризис. упр. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

**Балобанов Андрей Александрович** – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Бардулин Евгений Николаевич** – зав. каф. упр. и экон. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. экон. наук, проф.;

**Брыкова Людмила Валерьевна** – доц. каф. начерт. геометрии и графики Белгородского гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46), канд. пед. наук;

**Гавкалюк Богдан Васильевич** – нач. ГУ МЧС России по Новгородской обл., доц. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

**Гареев Артур Радифович** – зам. нач. отд. кадров. обеспеч. территор. органов Департамента кадров. политики МЧС России (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1);

**Головин Сергей Алексеевич** – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Гольнец Наталья Валентиновна** – препод. каф. № 9 экон. и соц. наук Михайловской Воен. артил. акад. РФ (195009, Санкт-Петербург, ул. Комсомола, д. 22);

**Дементьев Федор Алексеевич** – доц. каф. криминал. и инж.-техн. эксперт. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

**Дмитриев Григорий Геннадьевич** – нач. Науч.-исслед. центра Воен. ин-та физ. культуры (194044, Санкт-Петербург, Большой Сампсониевский пр., д. 63), д-р пед. наук, проф.;

**Егоров Андрей Александрович** – слушатель 5 курса СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Королева Людмила Анатольевна** – зам. нач. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: lyudamil@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Корольков Анатолий Павлович** – проф. каф. систем. анализа и антикризис. упр. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, проф., почет. работник высш. шк. РФ;

**Коткова Елизавета Александровна** – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Крутолапов Александр Сергеевич** – зам. нач. ин-та развития по учеб.-метод. работе СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, доц.;

**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.;

**Ложкин Владимир Николаевич** – проф. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки РФ; акад. и лауреат НАНПБ;

**Луговой Александр Александрович** – проф. каф. общегуманитар. и соц.-экон. дисциплин СПб юрид. ин-та – филиала Ун-та прокуратуры РФ (191104, Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 44), д-р филос. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

**Магомет Ростислав Дмитриевич** – доц. каф. безопасн. пр-в СПб горного ун-та (199106, Санкт-Петербург, ВО, линия 2, д. 21), канд. техн. наук, доц.;

**Макарчук Галина Васильевна** – Воен. ин-т (инж.-техн.) Воен. акад. мат.-техн. обеспеч. им. генерала армии А.В. Хрулева МО РФ (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), канд. пед. наук, доц.;

**Мячин Дмитрий Александрович** – доц. каф. анализа данных и информ. технол. Рос. акад. народного хоз-ва и гос. службы (119571, Москва, пр. Вернадского, д. 84), e-mail: myachin-da@ranepa.ru, канд. экон. наук, MBA-СЮ;

**Медведева Людмила Владимировна** – зав. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

**Нефедьев Сергей Аркадьевич** – проф. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р воен. наук, проф.;

**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@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Пакляченко Марина Юрьевна** – ст. препод. каф. радиотехн. систем и комплексов охранного мониторинга Воронежского ин-та МВД России (394065, г. Воронеж, пр. Патриотов, д. 53), e-mail: marina\_lion@mail.ru, канд. техн. наук;

**Пенченков Андрей Юрьевич** – зам. нач. отд. орг. службы, подгот. пож.-спас. и авар.-спас. формиров. упр. орг. пож. и провед. авар.-спас. работ ГУ МЧС России по Белгородской обл.; адъюнкт СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: danshtein@yandex.ru;

**Погребов Сергей Алексеевич** – доц. каф. систем. анализа и антикризис. упр. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

**Попивчак Иван Игоревич** – ст. препод. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр. д. 149), e-mail: white\_blade@bk.ru.;

**Родионов Владимир Алексеевич** – доц. каф. безопасн. пр-в СПб горного ун-та (199106, Санкт-Петербург, ВО, линия 2, д. 21), канд. техн. наук, доц.;

**Савенкова Анастасия Евгеньевна** – препод. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: savenkova@igps.ru, канд. техн. наук;

**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.;

**Соловьев Александр Николаевич** – препод. каф. Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова МО РФ (194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6);

**Тищенко Ирина Вячеславовна** – доц. каф. начерт. геометрии и графики Белгородского гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46), канд. пед. наук;