

## АЛГОРИТМИЗАЦИЯ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

Кандидат техн. наук *А.Г. Заворотный, А.А. Кострубицкий*  
ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной  
службы МЧС России»

*Рассмотрены результаты исследования процесса управления системой защиты населения в чрезвычайных ситуациях (ЧС) техногенного характера на основе оценивания эффективности мероприятий РСЧС. Описана оригинальная модель управления системой защиты населения в ЧС техногенного характера. Приведён алгоритм автоматизации вычислительных операций оценивания эффективности мероприятий РСЧС. Описаны функциональная структура, интерфейс диалоговых окон и возможности Программно-аналитического комплекса поддержки принятия решений по защите населения в ЧС техногенного характера, разработанного на основе построенной модели.*

**Ключевые слова:** защищённость населения, критерии оценивания, мероприятия РСЧС, техногенные опасности, оценивание эффективности.

## ALGORITHMIZATION AND SOFTWARE IMPLEMENTATION PUBLIC PROTECTION MANAGEMENT MODELS IN EMERGENCY SITUATIONS OF A MAN-GENERAL NATURE

Ph.D. (Tech.) *A.G. Zavorotny, A.A. Kostrubitskiy*

*This scientific article is devoted to the development of an algorithm for computing operations and software implementation of a model for managing the population protection system in a technogenic emergency. The paper considers the scientific novelty results of the study of the process of managing the population protection system in emergencies of a technogenic nature on the basis of evaluating the effectiveness of RSChS measures. An algorithm for the automation of computational operations for evaluating the effectiveness of RSChS measures is presented. The functional structure, the interface of dialog boxes and the capabilities of the software-analytical complex for decision-making support for the protection of the population in emergencies of a man-made nature, developed on the basis of the constructed model, are described. The conclusion is made about improving the efficiency of managing the population protection system in technogenic emergencies through the use of the developed model and its software implementation.*

**Keywords:** assessment criteria, efficiency assessment, man-made hazards, RSChS measures, security of the population.

Задачей исследования, рассмотренного в настоящей статье, является разработка алгоритма вычислительных операций и программная реализация модели управления системой защиты населения в ЧС техногенного характера, которая базируется на основе территориальных индексов техногенной опасности и защищённости населения в ЧС техногенного характера.

Оценивание уровня защищённости населения в ЧС техногенного характера заключается в расчётах коэффициентов готовности к проведению мероприятий РСЧС ( $K_i^m$ ) с

учётом их относительной значимости. В качестве  $K_i^m$  приняты готовности территориальных подсистем (ТП) РСЧС к проведению  $m$ -тых мероприятий РСЧС (укрытию населения в защитных сооружениях гражданской обороны (ЗСГО), эвакуации населения из зон ЧС, использованию населением средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), проведению мероприятий медицинской защиты населения, ведению аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) в зонах ЧС) [1] для защиты населения  $i$ -тых субъектов Российской Федерации от  $j$ -тых техногенных опасностей (химической, радиационной, гидродинамической опасностей и взрывопожароопасности).

В соответствии с результатами проведённых исследований [2-4], разработан оригинальный подход для оценивания коэффициентов готовности к укрытию населения в ЗСГО ( $K_i^{ЗСГО}$ ), эвакуации населения из зон ЧС ( $K_i^{ЭВАК.}$ ), использованию СИЗОД населением ( $K_i^{СИЗОД}$ ), проведению мероприятий медицинской защиты ( $K_i^{МЗ}$ ).  $K_i^m$  предложено рассчитывать на основе частных показателей готовности ТП РСЧС к выполнению защитных мероприятий, как отношение численности населения, защищённого от  $j$ -тых техногенных опасностей, к численности населения, находящегося (проживающего и (или) работающего) в пределах границ зон возможных техногенных ЧС: химического заражения ( $n_i^{ХЗ}$ ), радиоактивного загрязнения ( $n_i^{РЗ}$ ), катастрофического затопления ( $n_i^{КЗ}$ ), взрывов и пожаров ( $n_i^{ВП}$ ) [5]; а также населения, проживающего и пребывающего в зданиях и сооружениях для постоянного проживания, круглосуточного или временного пребывания людей ( $n_i^{ПБ}$ ) [6].

Ввиду ничтожно малой вероятности совместной реализации нескольких техногенных опасностей и, как следствие, формирования комбинированных зон ЧС, в качестве наиболее вероятного события в исследовании принято возникновение одной из возможных ЧС техногенного характера.

Руководствуясь принципом возможности реализации наибольшей потенциальной опасности («наихудшего сценария»), для оценивания готовности ТП РСЧС к укрытию населения в ЗСГО и проведению его эвакуации из зон ЧС применяется числовое множество  $\{n_i^j\}$ , максимальное значение (*sup*) которого соответствует наибольшим возможным безвозвратным потерям населения при реализации  $j$ -той опасности:

$$K_i^{ЗСГО} = \frac{N_i^{ЗСГО}}{\sup \{n_i^{ХЗ}, n_i^{РЗ}, n_i^{ВП}\}},$$

$$K_i^{ЭВАК.} = \frac{N_i^{ЭН}}{\sup \{n_i^{ХЗ}, n_i^{РЗ}, n_i^{КЗ}, n_i^{ВП}\}},$$

где  $N_i^{ЗСГО}$  – численность населения, укрываемого в ЗСГО, обеспечивающих защиту от поражающих факторов возможных ЧС техногенного характера и жизнеобеспечение укрываемых в течение необходимого времени (тыс. чел.);  $N_i^{ЭН}$  – численность населения, обеспеченного эвакуотранспортом всех видов, включая личный транспорт, при условии организации первоочередного жизнеобеспечения эвакуанаселения (тыс. чел.).

Уровни готовности ТП РСЧС к использованию СИЗОД населением и проведению мероприятий медицинской защиты населения предложено рассчитывать по формулам:

$$K_i^{СИЗОД} = \frac{1}{3(1 + \alpha)} \left( \frac{N_i^{ПП}}{n_i^{ХЗ}} + \frac{N_i^P}{n_i^{РЗ}} + \frac{N_i^{СС}}{n_i^{ПБ}} \right),$$

$$\alpha = \begin{cases} 0,05, & \text{для } N_i^{ПП}; \\ 0,01, & \text{для } N_i^P; \\ 0, & \text{для } N_i^{СС}, \end{cases}$$

$$K_i^{МЗ} = \frac{1}{4} \left( \frac{N_i^{АД}}{n_i^{ХЗ}} + \frac{N_i^{ПП}}{n_i^{РЗ}} + \frac{N_i^{ПВ}}{n_i^{КЗ}} + \frac{N_i^{ДА}}{n_i^{ВП}} \right),$$

где  $\alpha$  – коэффициент обеспечения подбора по размерам и замены неисправных СИЗОД [7];  $N_i^{ПП}$ ,  $N_i^P$ ,  $N_i^{CC}$  – численности населения, находящегося в пределах границ зон возможного химического заражения, радиоактивного загрязнения, в зданиях и сооружениях установленных классов, и обеспеченного противогазами, респираторами, самоспасателями [8] (тыс. чел.);  $N_i^{АД}$ ,  $N_i^{ПП}$ ,  $N_i^{ПВ}$ ,  $N_i^{ДА}$  – численности населения, обеспеченного необходимым для оказания медицинской помощи запасами антидотов к АХОВ; радиопротекторов; анальгезирующих, противовоспалительных и жаропонижающих средств; дыхательных аналептиков (тыс. чел.).

Коэффициент готовности сил ТП РСЧС к проведению АСДНР в зонах ЧС ( $K_i^{АСДНР}$ ) предложено определять как среднее арифметическое значение показателей соответствия фактической готовности  $n$ -тых аттестованных аварийно-спасательных служб (АСС) и аварийно-спасательных формирований (АСФ) к ведению АСДНР и данных, указанных в Паспортах АСС и АСФ ( $k_n$ ) [9], которые определяются экспертным путём в ходе проверок готовности АСС и АСФ к действиям по предназначению [10-13], а также по результатам оценивания степени готовности органов управления и сил РСЧС в ходе проверочных учений и тренировок по защите населения от ЧС [14]:

$$K_i^{АСДНР} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n k_n.$$

Полученные коэффициенты готовности к проведению мероприятий РСЧС являются элементами матрицы (строки) готовности ТП РСЧС к обеспечению защищённости населения  $i$ -го субъекта Российской Федерации в ЧС техногенного характера.

Для оценивания относительной значимости мероприятий РСЧС предложена представительная процедура опроса экспертов с последующей обработкой результатов, включающей верификацию, и построение матрицы показателей важности критериев оценивания, проводимые в соответствии с правилами метода анализа иерархий [15]. Результатом вычислительных операций является формирование матрицы относительной значимости мероприятий РСЧС ( $\Pi_{mj}$ ), каждый элемент которой ( $p_{mj}$ ) соответствует приоритету  $m$ -го мероприятия РСЧС для защиты населения от  $j$ -той техногенных опасности:

$$\Pi_{mj} = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1j} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mj} \end{pmatrix}.$$

Уровень защищённости населения в ЧС техногенного характера характеризует «территориальный индекс защищённости населения в ЧС техногенного характера» ( $Z_{ij}$ ), который рассчитывается для  $i$ -тых субъектов Российской Федерации и  $j$ -тых техногенных опасностей [2]. Значение  $Z_{ij}$  предложено синтезировать из  $K_i^m$  с учётом значимости мероприятий в случае реализации техногенных опасностей, описываемых  $\Pi_{mj}$ . Для  $m = 5, j = 4$  получим:

$$Z_{ij} = (K_i^1 \quad K_i^2 \quad \dots \quad K_i^m) \cdot \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1j} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mj} \end{pmatrix} = (z_{i1} \quad z_{i2} \quad z_{i3} \quad z_{i4}),$$

где  $z_{i1}, z_{i2}, z_{i3}, z_{i4}$  – индексы защищённости населения  $i$ -го субъекта Российской Федерации от химической, радиационной, гидродинамической и взрывопожароопасности.

Показателем техногенной опасности территорий в исследовании принят «территориальный индекс техногенной опасности» ( $R_{ij}$ ), который предлагается рассчитывать в соответствии с теоретико-вероятностным подходом к анализу риска по мультипликативному правилу, как вероятность совокупного проявления факторов опасности, в результате воздействия которых возможна гибель населения [2]:

$$R_{ij} = P_{ij}^{ЧС} \cdot P_{ij}^{200} \cdot P_{ij}^{ПФ},$$

где  $P_{ij}^{ЧС}$  – вероятность перерастания аварий (пожаров) в ЧС;  $P_{ij}^{200}$  – вероятность летального поражения населения в зоне ЧС;  $P_{ij}^{ПФ}$  – вероятность нахождения населения в зоне ЧС.

ГОСТ Р 22.2.02-2015 [16] определены значения вероятностей возникновения техногенных ЧС после аварий для различных типов производств, полученные на основании статистических данных, как отношения количества техногенных ЧС к числу аварий на потенциально опасных объектах. В соответствии с принципом возможности реализации наибольшей потенциальной опасности, примем вероятность перерастания взрывов (пожаров) в ЧС равной 1, поскольку, согласно установленным критериям [17], пожар следует классифицировать как ЧС на основании того, что «фактически любой выезд пожарной техники на вызов наносит материальный ущерб (косвенный), так как при этом затрачиваются денежные средства» [18].

В соответствии с проведёнными исследованиями (Шаптала В.Г. - 2010), вероятность летального поражения населения в зонах химического заражения составляет 0,1 [19].

Ввиду неопределённостей, связанных с неполнотой статистических данных, характеризующих проявление стохастических и детерминированных радиационных эффектов у лиц, подвергшихся воздействию ионизирующего излучения вследствие радиационных аварий, для оценки вероятности летального поражения населения в зоне радиационного загрязнения использованы данные Института биофизики и Клинической больницы №6 им. А.И. Бурназяна (с 2007 г. Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна – ФМБЦ). Сотрудниками ФМБЦ в период с 1950 по 2000 год оказана помощь 321 больному, из числа которых летальный исход наблюдался у 69 человек [20]. Исходя из чего, вероятность летального поражения населения в зонах радиационного загрязнения принята равной 0,2.

Поскольку возможность поражения населения в зонах катастрофического затопления зависит от плотности населения, своевременности оповещения, расстояния от гидротехнического сооружения до населённого пункта, скорости движения и высоты волны прорыва, температуры воды и окружающего воздуха и времени суток, вероятность летального поражения населения в зонах катастрофического затопления в исследовании определена как среднесуточное значение возможных безвозвратных потерь [21], которое составляет 0,225.

В соответствии с принципом «наихудшего сценария» вероятность летального поражения населения в зонах взрывов и пожаров рассчитывается как среднестатистическое отношение числа погибших к сумме числа погибших и спасённых при пожарах. В результате анализа основных показателей обстановки с пожарами в Российской Федерации за 2015-2019 годы [22] получено значение вероятности летального поражения населения в зонах взрывов и пожаров, равное 0,046.

Вероятности нахождения населения в зонах ЧС предложено рассчитывать в соответствии с геометрической интерпретацией вероятности как отношение численности населения, находящегося в зонах возможных ЧС, к численности населения субъекта Российской Федерации:

$$P_{ij}^{ПФ} = \frac{n_{ij}^{ПФ}}{N_i},$$

где  $n_{ij}^{ПФ}$  – численность населения  $i$ -го субъекта Российской Федерации, находящегося в зонах возможных ЧС, прогнозируемых вследствие реализации  $j$ -той опасности (тыс. чел.);  $N_i$  – численность населения  $i$ -го субъекта Российской Федерации (тыс. чел.).

В соответствии с постановкой задачи оценивания эффективности мероприятий защиты населения на основе анализа техногенного риска, эффективность мероприятий РСЧС для защиты населения  $i$ -го субъекта Российской Федерации характеризует «территориальный индекс эффективности мероприятий РСЧС» ( $E_{ij}$ ), который рассчитывается для  $j$ -тых техногенных опасностей [2]. Критериями второго уровня для  $E_{ij}$  являются «территориальный индекс защищённости населения в ЧС техногенного характера» ( $Z_{ij}$ ) и «территориальный индекс техногенной опасности» ( $R_{ij}$ ).

Исходя из правила, что одну часть параметров эффекта (которую нужно улучшить) относят к числителю, а другую часть параметров (которую нужно уменьшить) – к знаменателю, предлагается подход к оцениванию эффективности мероприятий РСЧС, согласно которому результатом расчётов является матрица-строка территориальных индексов эффективности мероприятий РСЧС по защите населения от химической, радиационной, гидродинамической и взрывопожароопасности ( $e_{ij}$ ):

$$E_{ij} = \frac{Z_{ij}}{R_{ij}} = (e_{i1} \quad e_{i2} \quad e_{i3} \quad e_{i4}).$$

Для ранжирования субъектов Российской Федерации по критерию эффективности мероприятий РСЧС предлагается применять интегральный территориальный индекс эффективности мероприятий РСЧС ( $\tilde{E}_i$ ):

$$\tilde{E}_i = \sum_{j=1}^4 e_{ij}.$$

Таким образом, в ходе исследования получена модель управления системой защиты населения в ЧС техногенного характера на основе оценивания эффективности мероприятий РСЧС. В основе модели лежат отличающиеся научной новизной оригинальные методические подходы к оцениванию эффективности и относительной значимости мероприятий РСЧС, уровня защищённости населения в ЧС техногенного характера и показателей техногенной опасности территорий. Разработанные методические подходы является основой для принятия управленческих решений, связанных с планированием, организацией, руководством и контролем проведения мероприятий по защите населения в ЧС техногенного характера.

Для численной реализации разработанной модели необходимы расчёты территориальных индексов техногенной опасности и защищённости населения, которые отличаются значительной трудоёмкостью. Исходя из чего, было рекомендовано провести алгоритмизацию и программную реализацию модели управления системой защиты населения в ЧС техногенного характера.

Алгоритм (по Д. Кнуту) – «конечный набор правил, который определяет последовательность операций для решения конкретного множества задач и обладает пятью важными чертами: конечность, определённость, ввод, вывод, эффективность» [23]. Таким образом, алгоритм реализации вычислительных операций процесса оценивания эффективности мероприятий РСЧС должен обладать свойствами:

- конечности (преобразования начальных данных в выходные данные, должны иметь своё завершение в рамках алгоритма);
- определённости (операции алгоритма должны быть строго и однозначно установлены для всех возможных условий);
- возможности ввода (алгоритм должен обеспечивать ввод допустимых исходных данных по установленным правилам);

- возможности вывода (алгоритм должен обеспечивать реализацию вычислительных операций и представление их результатов в форме, удобной пользователю);
- эффективности (применение алгоритма в виде программной реализации должно обеспечивать снижение трудоёмкости вычислительных операций).

В соответствии с разработанной моделью управления системой защиты населения в ЧС техногенного характера, основными этапами алгоритмизации процесса оценивания эффективности мероприятий РСЧС являются:

1. Создание универсальных для  $i$ -тых субъектов Российской Федерации сосредоточенных баз данных, к которым относятся:

- численности населения  $i$ -тых субъектов ( $N_i$ ) [24];
- численности населения  $i$ -тых субъектов, которое находится (проживает и (или) работает) в пределах границ зон возможных техногенных ЧС ( $n_i^{X3}, n_i^{P3}, n_i^{K3}, n_i^{BP}, n_i^{PB}$ ) (определяются на основе экспертно-прогностических оценок потенциально опасных источников ЧС) [5];
- вероятности перерастания аварий (пожаров) в ЧС ( $P_{ij}^{ЧС}$ ) (определены в соответствии со статистическими данными [16] и принятыми допущениями);
- вероятности летального поражения населения, находящегося в зонах техногенных ЧС ( $P_{ij}^{200}$ );
- коэффициенты обеспечения подбора по размерам и замены неисправных СИЗОД ( $\alpha$ ), установленные действующими нормативными актами [7].

2. Проведение расчётов коэффициентов готовности  $i$ -тых субъектов Российской Федерации к проведению мероприятий РСЧС ( $K_i^{3СГО}, K_i^{ЭВАК}, K_i^{СИЗОД}, K_i^{МЗ}, K_i^{АСДНР}$ ) на основе исходных данных, характеризующих уровни защищённости населения  $i$ -тых субъектов Российской Федерации в ЧС техногенного характера ( $N_i^{3СГО}, N_i^{ЭН}, N_i^{ПР}, N_i^P, N_i^{CC}, N_i^{АД}, N_i^{ПП}, N_i^{ПВ}, N_i^{ДА}, k_n$ ).

3. Оценивание относительной значимости мероприятий РСЧС, результатом которого является формирование матрицы относительной значимости мероприятий РСЧС ( $\Pi_{mj}$ ).

4. Верификация матрицы относительной значимости мероприятий РСЧС ( $\Pi_{mj}$ ) в соответствии с правилами метода анализа иерархий.

5. Проведение расчётов территориальных индексов защищённости населения в ЧС техногенного характера ( $Z_{ij}$ ).

6. Проведение расчётов территориальных индексов техногенной опасности ( $R_{ij}$ ).

7. Проведение расчётов территориальных индексов эффективности мероприятий РСЧС ( $E_{ij}$ ).

8. Проведение расчётов интегральных территориальных индексов эффективности мероприятий РСЧС ( $\tilde{E}_i$ ).

9. Ранжирование субъектов Российской Федерации по критерию эффективности мероприятий РСЧС.

Исходя из рассмотренных этапов алгоритмизации, в соответствии с ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85) [25] разработана схема алгоритма вычислительных операций процесса оценивания эффективности мероприятий РСЧС (рис. 1-2).

Значительный объём исходных данных, применение глобальных и персональных массивов данных, значительная трудоёмкость вычислительных операций, объективно свидетельствуют о необходимости программной реализации полученной модели управления системой защиты населения в ЧС техногенного характера в виде Программно-аналитического комплекса поддержки принятия решений по защите населения в ЧС техногенного характера (ПАК ППР).

В соответствии с алгоритмом вычислительных операций процесса оценивания эффективности мероприятий РСЧС разработан ПАК ППР (на языке C#), позволяющий автоматизировать процесс принятия управленческих решений по защите населения в ЧС техногенного характера.

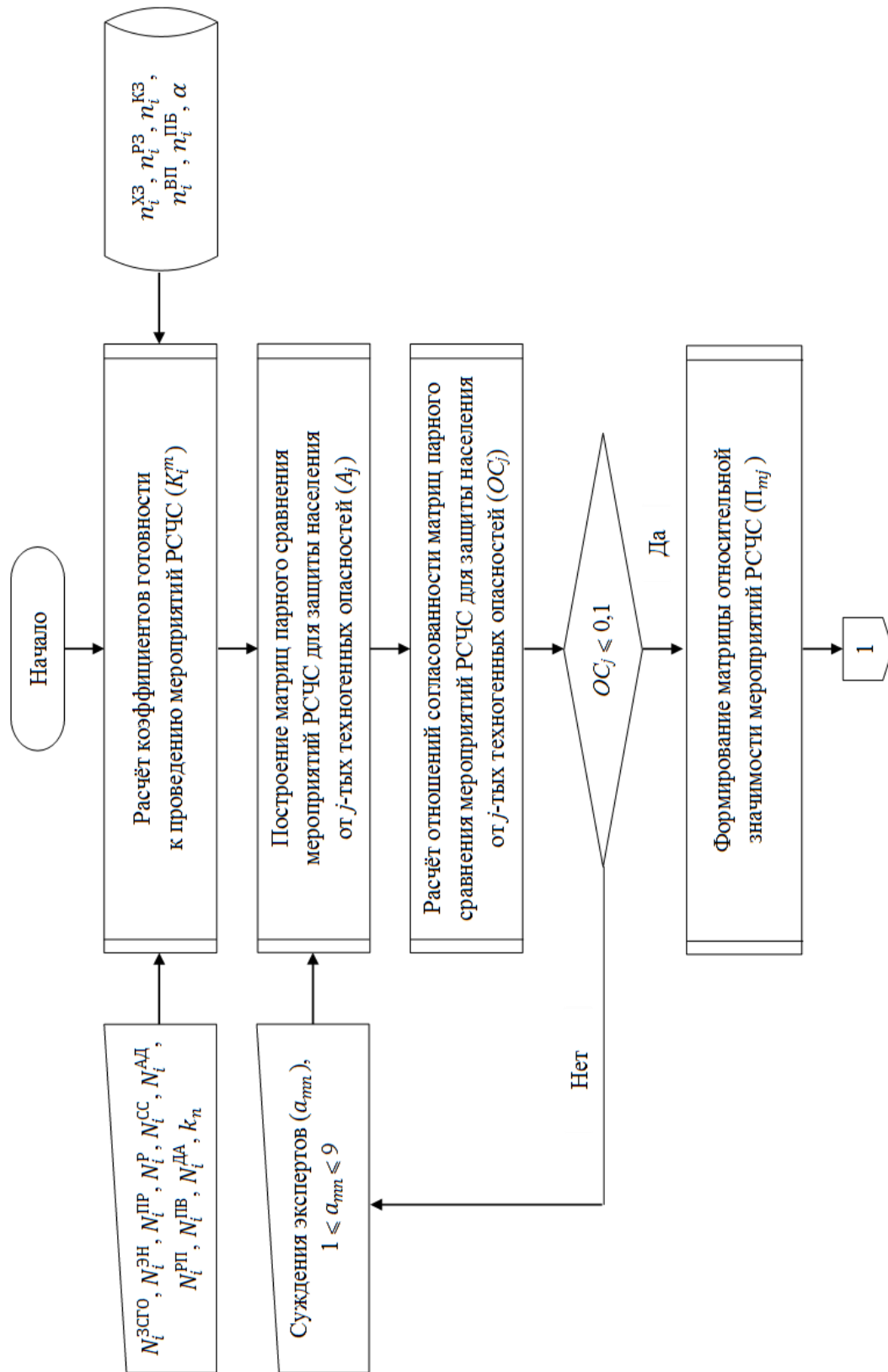


Рис. 1. Схема алгоритма вычислительных операций процесса оценивания эффективности мероприятий РСЧС

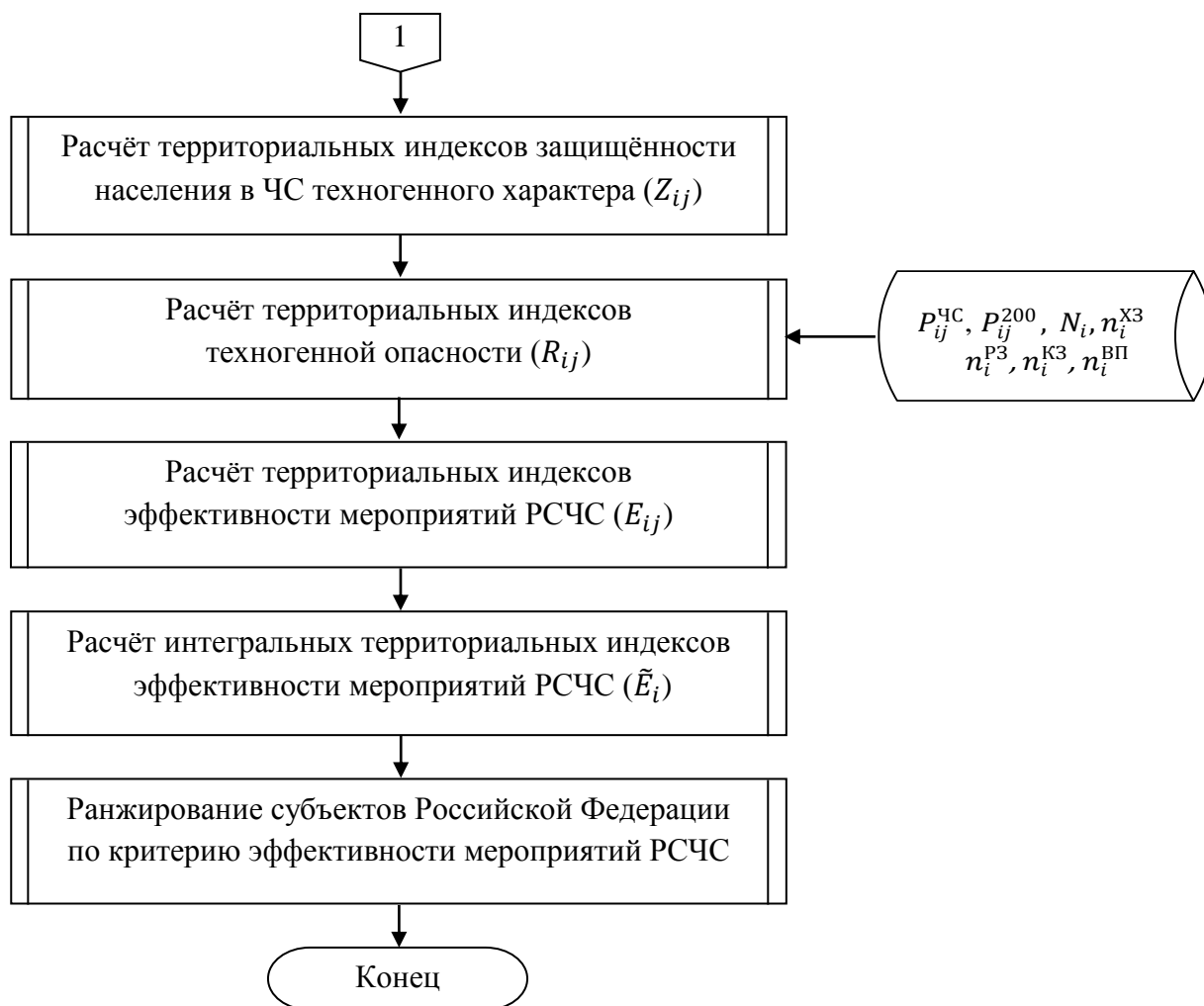


Рис. 2. Схема алгоритма вычислительных операций процесса оценивания эффективности мероприятий РСЧС

Функциональная структура ПАК ППР включает логические модули, выполняющие следующие задачи:

- ввод исходных данных;
- автоматизация вычислительных операций;
- хранение глобальных и персональных массивов данных;
- сохранение результатов вычислений на внешних накопителях информации;
- вывод результатов вычислений на периферийные устройства (монитор, принтер).

Работа ПАК ППР начинается с загрузки диалогового окна «Модуля исходных данных» (рис. 3), который содержит предустановленные исходные данные в табличной форме: наименования федеральных округов и субъектов Российской Федерации; численности населения, находящегося в зонах возможных техногенных ЧС; численности населения субъектов Российской Федерации.

«Модуль парных сравнений мероприятий РСЧС» позволяет формировать матрицы относительной важности мероприятий РСЧС (рис. 4), кроме того, в ПАК ППР предусмотрена возможность загрузки с дальнейшим использованием в расчётах базовой матрицы относительной важности мероприятий РСЧС.

Расчёт локальных векторов приоритетов матрицы значимости мероприятий РСЧС производится отдельно для химической, радиационной, гидродинамической опасностей и взрывопожароопасности (рис. 5).



Модуль исходных данных и вывода результатов вычислений

Файл Заполнить матрицу парных сравнений

Очистить фильтр

Рассчитать индекс защищённости населения по базовой матрице значимости мероприятий РСЧС:

№ п/п	Федеральный округ	Субъекты Российской Федерации	Население в зоне химического заражения (тыс.чел.)	Население в зоне радиоактивного загрязнения (тыс.чел.)	Население в зоне катастрофического затопления (тыс.чел.)	Население в зоне взрывов и пожаров (тыс.чел.)	Численность населения субъекта РФ (тыс.чел.)
1	Центральный федеральный округ	Белгородская область	420	0	115	25	1543087
2	Центральный федеральный округ	Брянская область	240	0	10	30	1183228
3	Центральный федеральный округ	Владимирская область	350	0	70	30	1343194
4	Центральный федеральный округ	Воронежская область	1100	122	170	60	2307100
5	Центральный федеральный округ	Ивановская область	150	0	80	60	987694
6	Центральный федеральный округ	Калужская область	90	250	50	50	1000604
7	Центральный федеральный округ	Костромская область	150	0	70	80	628972
8	Центральный федеральный округ	Курочская область	100	142	70	80	1098361
9	Центральный федеральный округ	Липецкая область	170	71	20	60	1128181
10	Центральный федеральный округ	Московская область	730	150	420	230	7713326
11	Центральный федеральный округ	Орловская область	130	0	25	85	725725
12	Центральный федеральный округ	Рязанская область	190	0	60	30	1098998
13	Центральный федеральный округ	Смоленская область	120	60	50	120	921620
14	Центральный федеральный округ	Тамбовская область	460	0	40	20	995761
15	Центральный федеральный округ	Тверская область	180	170	160	180	1246759
16	Центральный федеральный округ	Тульская область	900	10	30	140	1450675
17	Центральный федеральный округ	Ярославская область	360	0	170	350	1242356

Выход

Рис. 3. Предустановленные исходные данные «Модуля исходных данных»

Расчёт локальных векторов приоритетов матрицы значимости мероприятий РСЧС

Химическая опасность      Радиационная опасность

Гидродинамическая опасность      Взрывопожароопасность

Матрица значимости мероприятий РСЧС

	Химическая опасность	Радиационная опасность	Гидродинамическая опасность	Взрывопожароопасность
укрытие людей в ЗСГО	0,269	0,22	0,458	0,321
эвакуация населения из зон ЧС	0,343	0,291	0,278	0,288
использование СИЗОД	0,177	0,208	0,105	0,212
проведение мероприятий МЗ	0,124	0,154	0,071	0,119
проведение АСДНР в зонах ЧС	0,087	0,127	0,088	0,061

Сохранить      Загрузить базовую матрицу      Очистить

Закреть

Рис. 4. Интерфейс «Модуля парных сравнений мероприятий РСЧС»

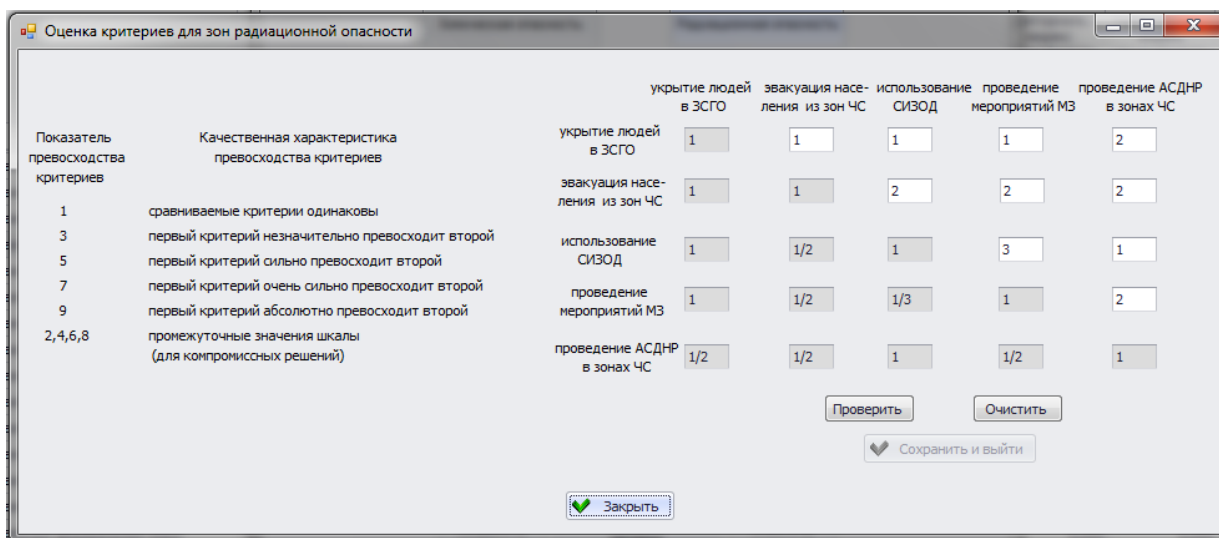


Рис. 5. Диалоговое окно расчёта локальных векторов приоритетов матрицы значимости мероприятий РСЧС (на примере радиационной опасности)

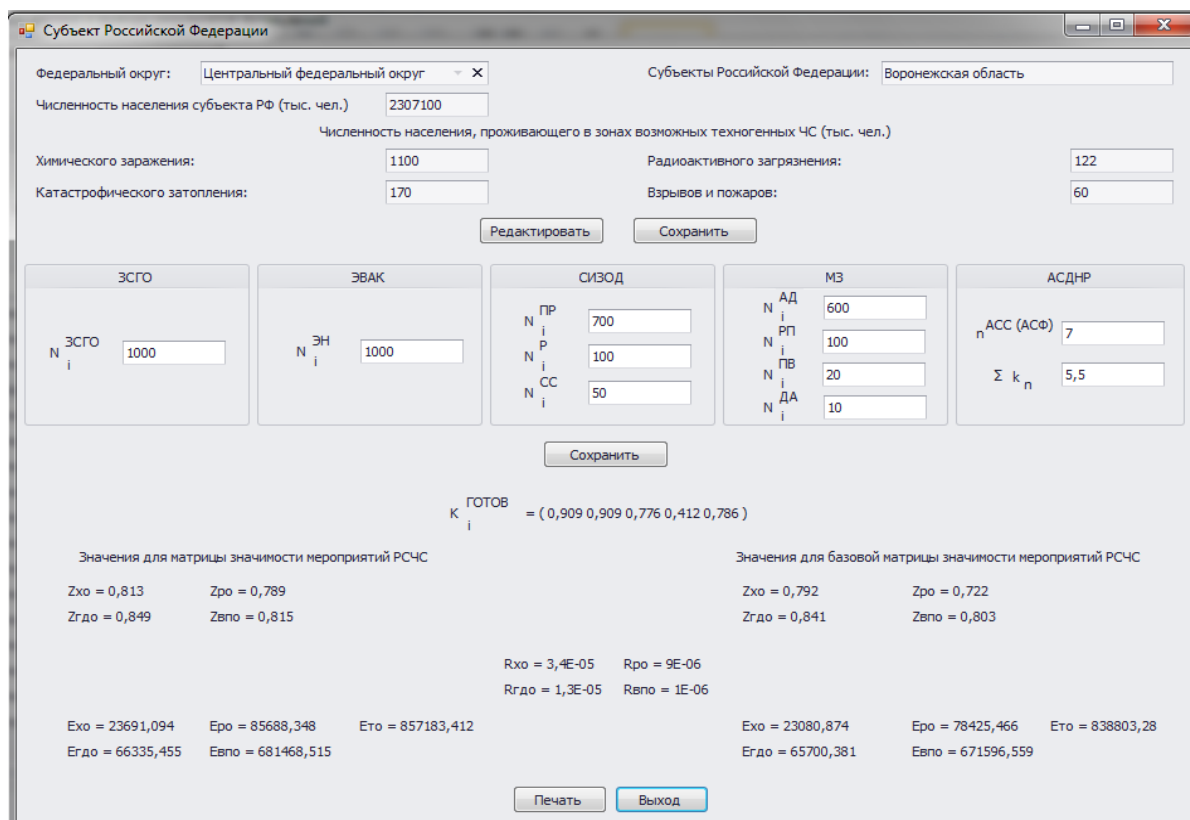


Рис. 6. Интерфейс «Модуля оценивания уровня защищённости населения в ЧС техногенного характера»

«Модуль оценивания уровня защищённости населения в ЧС техногенного характера» (рис. 6) позволяет производить расчёты коэффициентов готовности к проведению мероприятий РСЧС и территориальных индексов защищённости населения в ЧС техногенного характера.

Диалоговое окно «Модуль вывода результатов вычислений» содержит показатели, полученные в результате вычислений (рис. 7): территориальные индексы защищённости населения в ЧС техногенного характера, техногенной опасности, эффективности мероприятий РСЧС (с возможностью ранжирования субъектов Российской Федерации по критерию эффективности).

Территориальный индекс защищённости населения от химической опасности	Территориальный индекс защищённости населения от радиационной опасности	Территориальный индекс защищённости населения от гидродинамической опасности	Территориальный индекс защищённости населения от взрывопожароопасности	Территориальный индекс риска гибели населения в зонах химического заражения	Территориальный индекс риска гибели населения в зонах радиоактивного заражения	Территориальный индекс риска гибели населения в зонах катастрофических затоплений	Территориальный индекс риска гибели населения в зонах взрывов и пожаров	Эффективность мероприятий защиты населения от химической опасности	Эффективность мероприятий защиты населения от радиационной опасности	Эффективность мероприятий защиты населения от гидродинамической опасности	Эффективность мероприятий защиты населения от взрывопожароопасности	Обобщённый территориальный индекс эффективности мероприятий РСЧС
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00020	0,00000	0,00013	0,00001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00015	0,00000	0,00001	0,00001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00019	0,00000	0,00009	0,00001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00011	0,00000	0,00014	0,00003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00006	0,00044	0,00009	0,00002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00017	0,00000	0,00019	0,00006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00007	0,00023	0,00011	0,00003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00011	0,00011	0,00003	0,00002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00007	0,00003	0,00009	0,00001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00013	0,00000	0,00006	0,00005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00012	0,00000	0,00009	0,00001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00009	0,00011	0,00009	0,00006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00033	0,00000	0,00007	0,00001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00010	0,00024	0,00022	0,00007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00045	0,00001	0,00004	0,00004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00021	0,00000	0,00024	0,00013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,000	0,000	0,000	0,000	0,00009	0,00001	0,00001	0,00001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Рис. 7. Интерфейс «Модуль вывода результатов вычислений»

Таким образом, на основании модели управления системой защиты населения в ЧС техногенного характера построен алгоритм её реализации и разработан Программно-аналитический комплекс поддержки принятия решений по защите населения в ЧС техногенного характера, обоснованы глобальные и персональные исходные данные для проведения вычислительных операций, определены источники их получения.

Основными операциями, выполняемыми ПАК ППР, являются: ввод исходных данных; расчёт коэффициентов готовности к проведению мероприятий РСЧС; формирование матриц относительной значимости мероприятий РСЧС; верификация матриц парных сравнений мероприятий РСЧС; расчёты территориальных индексов защищённости населения в ЧС техногенного характера, техногенной опасности, эффективности мероприятий РСЧС (по видам техногенных опасностей); ранжирование субъектов Российской Федерации по критерию эффективности проводимых мероприятий РСЧС; вывод результатов вычислений на периферийные устройства (монитор, принтер).

Корректное применение разработанной модели обеспечивает принятие обоснованных решений о необходимости проведения защитных мероприятий в ЧС техногенного характера, повышение достоверности оценок эффективности мероприятий РСЧС, адекватность оценок результативности деятельности органов управления ГОЧС.

Программная реализация модели, за счёт автоматизации вычислительных операций, в соответствии с целью исследования, позволяет повысить эффективность управления системой защиты населения в ЧС техногенного характера.

## Литература

1. ГОСТ Р 22.3.03-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения. Основные положения».
2. Заворотный А.Г., Кострубицкий А.А. Обоснование критериев оценивания эффективности мероприятий защиты населения в чрезвычайных ситуациях техногенного характера // Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны «Гражданская оборона на страже мира и безопасности»: в 4 ч. Часть III. Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций / В.С. Бутко, А.Г. Заворотный, Н.А. Сергеенкова [и др.] – М.: Академия ГПС МЧС России. - 2021. – с. 156-163.
3. Заворотный А.Г., Кострубицкий А.А. Основные проблемы оценивания эффективности защиты населения в чрезвычайных ситуациях и обоснование возможных путей их решения // Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны «Гражданская оборона на страже мира и безопасности»: в 3 ч. Часть II. Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций / М.В. Алешков, А.Г. Заворотный, Н.А. Сергеенкова [и др.] – М.: Академия ГПС МЧС России. - 2020. – с. 114-121.
4. Заворотный А.Г. К вопросу об актуальности проблемы готовности сил РСЧС к ликвидации радиационных аварий // Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны «Гражданская оборона на страже мира и безопасности»: в 3 ч. Часть II. Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций / Алешков М.В., Заворотный А.Г., Сергеенкова Н.А. и др. – М.: Академия ГПС МЧС России, 28 февраля 2020. – с. 82-90.
5. Оценка природной, техногенной и экологической безопасности России / Р.Х. Цаликов, В.А. Акимов, К.А. Козлов, МЧС России. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. – 464 стр.
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.09.2020 №1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».
7. Приказ МЧС России от 01.10.2014 №543 «Об утверждении Положения об организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты» (с изменениями на 31 июля 2017 года).
8. ГОСТ Р 58202-2018 «Средства индивидуальной защиты людей при пожаре. Нормы и правила размещения и эксплуатации. Общие требования».
9. Временные методические рекомендации по организации работы постоянно действующих аттестационных комиссий по аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований, спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя (утверждены Протоколом Межведомственной комиссии по аттестации аварийно-спасательных формирований, спасателей и образовательных учреждений по их подготовке от 05.06.2012 №2).
10. Методические рекомендации по проведению аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований, спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя, на право ведения газоспасательных работ. Межведомственная комиссия по аттестации аварийно-спасательных формирований, спасателей и образовательных учреждений по их подготовке. – М.: - 2012.
11. Методические рекомендации по проведению аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований и спасателей на право ведения аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров (утверждены Протоколом Межведомственной комиссией по аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований и спасателей от 12.05.2015 №2).
12. Методические рекомендации по проведению проверки готовности аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований к выполнению аварийно-спасательных и других неотложных работ по ликвидации (локализации) разливов нефти и нефтепродуктов (рекомендованы к использованию в работе на заседании Межведомственной комиссии по аттестации аварийно-спасательных формирований, спасателей и образовательных учреждений по их подготовке, протокол от 09.06.2010 №2).
13. Рекомендации по оформлению паспорта аттестованной аварийно-спасательной службы (формирования) (письмо МЧС России от 27.05.2019 №43-2628-17).

14. Приказ МЧС России от 29.07.2020 №565 «Об утверждении Инструкции по подготовке и проведению учений и тренировок по гражданской обороне, защите населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечению пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах».
15. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. – М.: Издательство ЛКИ - 2008. – 360 с.
16. ГОСТ Р 22.2.02-2015 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Оценка риска чрезвычайной ситуации при разработке проектной документации объектов капитального строительства».
17. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.05.2007 №304 (в ред. от 20.12.2019) «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
18. Малько В.А. Модель и алгоритмы реорганизации региональной системы обеспечения пожарной безопасности на основе оценки пожарных рисков: дис. ... кандидата технических наук. Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Москва - 2019.
19. Шаптала В.Г. Основы моделирования чрезвычайных ситуаций: учеб. пособие / В.Г. Шаптала, В.Ю. Радоуцкий, В.В. Шаптала; под общ. ред. В.Г. Шапталы. – Белгород: Изд-во БГТУ. - 2010. – 166 с.
20. Радиационная медицина, Т. 2. Колл. Авт. / Под. ред. А.К. Гуськовой и Г.Д. Селидовкина // Ред. Л.А. Ильин. – М.: ИздАТ - 2001.
21. Сахно И.И., Сахно В.И. Медицина катастроф (организационные вопросы). – М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ. - 2001. – 560 с.
22. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО. - 2020, - 80 с.: ил. 30.
23. Кнут Д. Искусство программирования. Том 1. Основные алгоритмы. В 4-х томах. Пер. с англ. – 3-е изд. – М.: Вильямс. - 2006. – 682 с.
24. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2021 года. Бюллетень. – М.: Федеральная служба государственной статистики (Росстат). - 2021.
25. ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85) «Межгосударственный стандарт. Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения».

### **Сведения об авторах**

*Заворотный Александр Григорьевич*, доцент, ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», начальник учебно-научного комплекса гражданской обороны, защиты населения и территорий. 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4. (495)617-27-18, 8926-317-26-44. E-mail: zavorotnyi\_agz@mail.ru

*Кострубицкий Алексей Александрович*, ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», соискатель учёной степени кандидата технических наук. 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4. (495)617-27-18. E-mail: zavorotnyi\_agz@mail.ru