

---

---

# МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

---

---

## МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РЕАГИРОВАНИЮ НА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СТРУКТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ

**Н.В. Остудин.**

**Центр управления в кризисных ситуациях**

**Главного управления МЧС России по Псковской области**

В статье путем анализа особенностей децентрализованной структуры управления в условиях чрезвычайных ситуаций определен характер зависимости между показателем уровня энтропии и количеством органов управления, участвующих в ликвидации чрезвычайных ситуаций. На основе полученной зависимости построена блок-схема алгоритма принятия решений по реагированию на чрезвычайные ситуации, которая обеспечивает оптимальное распределение сил и средств по каждому субъекту и минимизирует неопределенность при принятии управленческих решений при децентрализованной структуре управления.

*Ключевые слова:* чрезвычайная ситуация межрегионального характера, децентрализация управления, целевая функция, комбинаторная энтропия, мультиномиальный коэффициент, управленческое решение

## DECISION-MAKING MODEL IN EMERGENCY RESPONSE IN CASE OF DECENTRALIZED MANAGEMENT STRUCTURE

N.V. Ostudin. Emergency management center of the Main directorate of EMERCOM of Russia in Pskov Region

The nature of the dependence between the entropy index level and the number of management bodies participating in the disaster management is determined. It was determined on the base of the decentralized emergency management structure features analysis. On the basis of the obtained dependence, we have constructed a block diagram of the decision-making algorithm for emergency responding, which provides an optimal forces and resources supply for each entity and minimizes uncertainty in decisions making in the decentralized management structure.

*Keywords:* interregional emergency, control decentralization, objective function, combinatorial entropy, multinomial coefficient, management decision

В деятельности центров управления в кризисных ситуациях МЧС России существуют проблемы, связанные с качеством и оперативностью принимаемых решений, негативно влияющих на исход чрезвычайных ситуаций (ЧС), что может привести к дополнительным материальным затратам и недостаточно прогнозируемым последствиям [1].

Качество и объем получаемой информации о ЧС зачастую остаются недостаточными для принятия рационального решения, что связано с получением противоречивой информации, мешающей лицу, принимающему решение, оценить сложившуюся ситуацию и обеспечить управление процессом ликвидации ЧС [2].

В настоящее время в МЧС России проводится совершенствование структуры системы управления, постепенная ликвидация в ней межрегионального звена управления, что неизбежно приводит к необходимости решения и этого проблемного вопроса [3].

В связи с поэтапной ликвидацией межрегионального уровня органов повседневного управления Единой государственной системой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций возникают проблемы, связанные с ликвидацией ЧС межрегионального характера.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» ЧС межрегионального характера считается ситуация, в результате которой зона ЧС затрагивает территорию двух и более субъектов Российской Федерации, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 чел., но не более 500 чел., либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн руб., но не более 500 млн руб. [4].

Происходит переход от централизованного (рис. 1) к децентрализованному управлению (рис. 2) ликвидаций межрегиональной ЧС. Переход к децентрализации управления сводится к тому, что зона ЧС, выступающая в роли объекта управления, распределяется между тремя начальниками главных управлений, выступающих в роли управляющего органа [5].

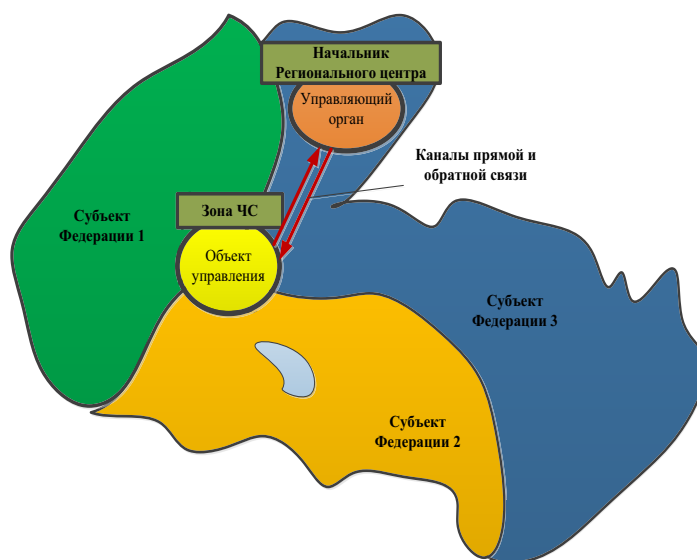


Рис. 1. Структура управления ликвидацией межрегиональной ЧС при централизованном управлении

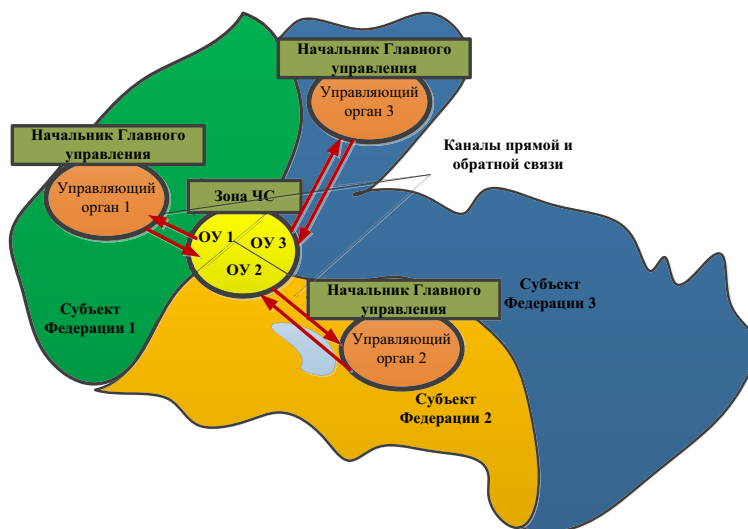


Рис. 2. Структура управления ликвидацией межрегиональной ЧС при децентрализованном управлении

Обозначения, используемые в общей постановке задачи оптимального децентрализованного управления ликвидацией межрегиональной ЧС представлены в таблице.

Таблица. Обозначения, используемые в общей постановке задачи децентрализованного управления

Обозначение	Значение	Обозначение	Значение
$S_{чс}$	площадь ЧС (общая)	$y$	значение увеличения количества погибших
$S_{чс_1}$	площадь ЧС (в первом субъекте)	$i$	значение увеличения объема материального ущерба
$S_{чс_2}$	площадь ЧС (во втором субъекте)	$T_1$	время прибытия к месту ЧС
$S_{чс_3}$	площадь ЧС (в третьем субъекте)	$T_2$	время локализации ЧС
$Q_{постр.}$	количество пострадавших (общее)	$A$	материальный ущерб (общий)
$Q_{постр.1}$	количество пострадавших (в первом субъекте)	$A_1$	материальный ущерб (в первом субъекте)
$Q_{постр.2}$	количество пострадавших (во втором субъекте)	$A_2$	материальный ущерб (во втором субъекте)
$Q_{постр.3}$	количество пострадавших (в третьем субъекте)	$A_3$	материальный ущерб (в третьем субъекте)
$Q_{погибш.}$	количество погибших (общее)	$L_{лс}$	количество личного состава, задействованного на ликвидацию ЧС
$Q_{погибш.1}$	количество погибших (в первом субъекте)	$L_{техн.}$	количество техники, задействованной на ликвидацию ЧС
$Q_{погибш.2}$	количество погибших (во втором субъекте)	$L_{отв.}$	объем огнетушащих веществ, задействованных на ликвидацию ЧС
$Q_{погибш.3}$	количество погибших (в третьем субъекте)	$L_{гсм.}$	объем горюче-смазочных материалов, задействованных на ликвидацию ЧС
$z$	значение увеличения площади ЧС	$L_{фр.}$	объем финансовых ресурсов, задействованных на ликвидацию ЧС
$x$	значение увеличения количества пострадавших	$P$	объем имеющихся ресурсов

Общая задача оптимального управления сводится к минимизации целевой функции  $F_1$ , соответствующей площади ЧС, количеству погибших и пострадавших, а также объему материального ущерба и минимизации целевой функции  $F_2$ , отражающей значения возрастания данных показателей и учитывающей время прибытия сил и средств к месту ЧС и время ликвидации ЧС, при условии, что значения количества пострадавших и погибших, а также объем материального ущерба к моменту поступления сигнала о ЧС остается величиной постоянной.

$$\min F_1 = \left\{ \begin{array}{l} S_{\text{чс}} = S_{\text{чс}_1} + S_{\text{чс}_2} + S_{\text{чс}_3} \\ Q_{\text{постр.}} = Q_{\text{постр.1}} + Q_{\text{постр.2}} + Q_{\text{постр.3}} \\ Q_{\text{погиби.}} = Q_{\text{погиби.1}} + Q_{\text{погиби.2}} + Q_{\text{погиби.3}} \\ A = A_1 + A_2 + A_3 \end{array} \right\},$$

при  $50 \text{ чел.} < Q_{\text{постр.}} < 500 \text{ чел.}$  и  $5 \text{ млн.} < A < 500 \text{ млн.}$

$$\min F_2 = \{S_{\text{чс}} + z; Q_{\text{постр.}} + x; Q_{\text{погиби.}} + y; A + i; T_1 + T_2\},$$

при  $Q_{\text{постр.}}, Q_{\text{погиби.}}, A = \text{const.}$

Задача принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления сводится к заданию значений управляемых характеристик  $L_{\text{лс}}, L_{\text{техн.}}, L_{\text{отв.}}, L_{\text{зсм.}}, L_{\text{фр.}}$ .

На целевые функции  $F_1$  и  $F_2$  накладываются ограничения, определяющие, что значения управляемых характеристик не должны превышать объемы имеющихся ресурсов:

$$\{L_{\text{лс}}, L_{\text{техн.}}, L_{\text{отв.}}, L_{\text{зсм.}}, L_{\text{фр.}}\} \leq P.$$

Основной проблемой при принятии решения является также минимизация неопределенности или энтропии. У каждого начальника Главного управления есть множество вариантов значения управляемых характеристик системы, среди которых необходимо выбрать оптимальные. Для ЧС межрегионального характера количество вариантов возрастает втрое (в зависимости от количества субъектов, подвергшихся ЧС). В этом случае речь идет о комбинаторной энтропии. Количество вариантов в этом случае позволяет просчитать мультиномиальный коэффициент:

$$W = 3 * \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_n!} = 3 * \frac{N!}{\prod N_i},$$

где  $i$  – число вариантов распределения сил и средств.

При этом  $\frac{\log_2(W)}{N}$  – это значение одного варианта распределения сил и средств для одного начальника Главного управления.

Эта величина называется комбинаторной энтропией и определяется выражением:

$$S_{\text{comb}} = \frac{\log_2(W)}{N} = \frac{1}{N} \log_2 \left( 3 * \frac{N!}{\prod N_i} \right) = \frac{1}{N} \log_2 \left( 3 * \frac{N!}{N_1! N_2! \dots N_n!} \right).$$

Используя свойства логарифмов значение комбинаторной энтропии, можно представить в виде:

$$S_{comb} = \frac{1}{N} (\log_2 3 + (\log_2(N!) - \log_2(\sum N_i))).$$

В связи с тем, что в условиях принятия решения тремя начальниками главных управлений количество расстановок сил и средств велико, возможно воспользоваться формулой Стирлинга:

$$\ln N! = N \ln N - N + O(\ln N) \approx N \ln N - N.$$

Применив формулу, получаем:

$$\begin{aligned} S_{comb} &= \frac{1}{N} (\log_2 3 + (\log_2(N!) - \log_2(\sum N_i))) \approx \\ &\approx k \frac{1}{N} (\log_2 3 + N \ln N - N - \sum (N_i \ln N_i) + \sum N_i), \end{aligned}$$

где  $k$  – коэффициент перехода к натуральным логарифмам, так как  $\sum N_i = N$ , то:

$$s \approx \log_2 3 * k \frac{1}{N} \left( (\sum N_i) \ln N - \sum (N_i \ln N_i) \right) = -\log_2 3 \left( \frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N_i}{N} \right).$$

Поскольку общее количество вариантов распределения сил и средств  $N$ , а количество вариантов оптимального распределения сил и средств –  $N_i$ , то вероятность выбора оптимального состава сил и средств:

$$p_i = \frac{N_i}{N}.$$

Исходя из этого, формула для энтропии примет вид:

$$s = -\log_2 k \sum p_i \log_2 p_i,$$

где  $k$  – количество субъектов, затронутых ЧС.

Полученная формула позволяет проследить логарифмическую зависимость между показателем уровня энтропии и количеством органов управления, участвующих в ликвидации ЧС.

На основе полученной модели построена блок-схема алгоритма принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления, которая сводится к нахождению оптимального распределения сил и средств по каждому субъекту, а также к минимизации неопределенности при принятии управленческих решений [6].

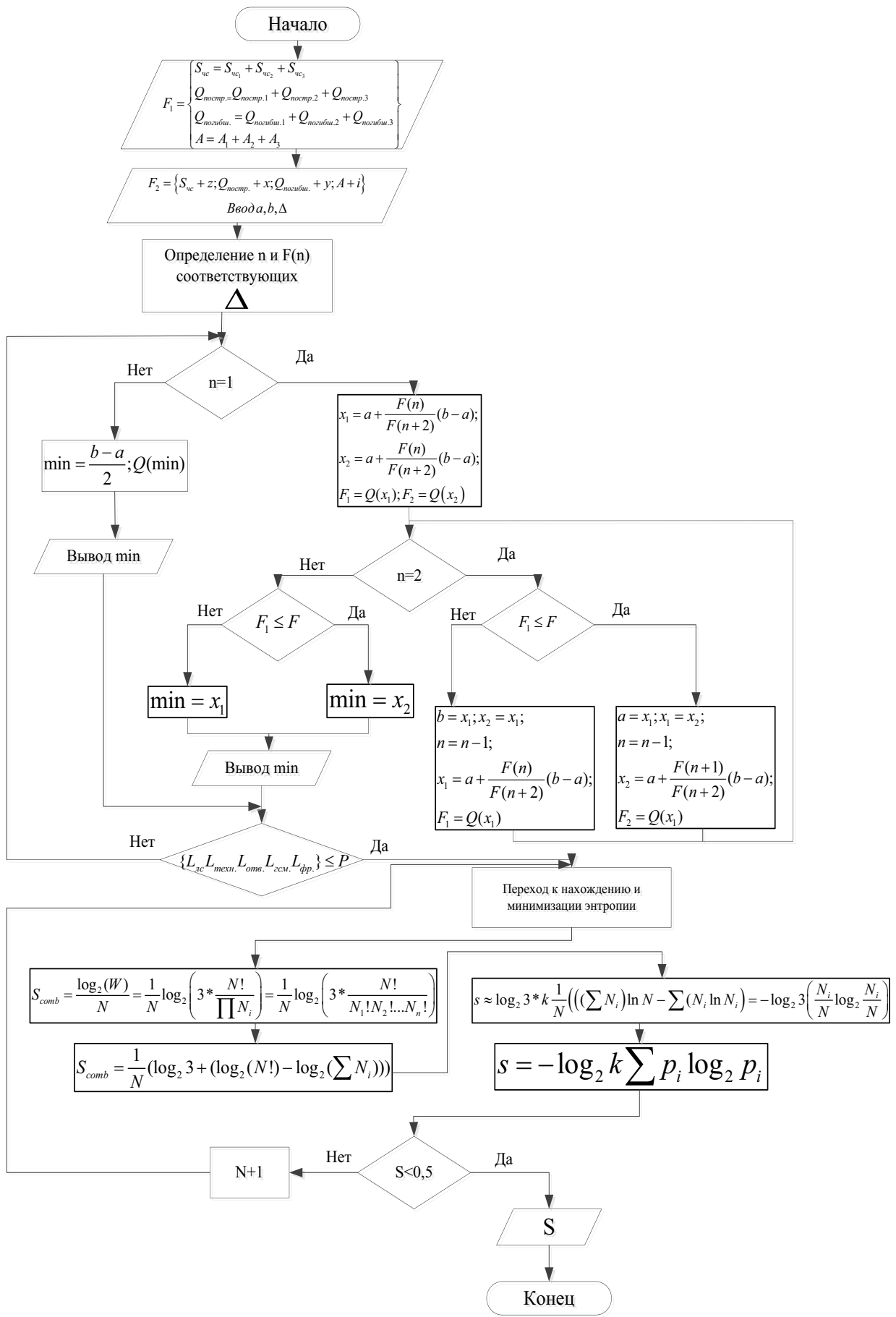


Рис. 3. Блок-схема алгоритма принятия решений по реагированию на ЧС при децентрализованной структуре управления

## Литература

1. Остудин Н.В., Антюхов В.И. Методика выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 1. С. 97–106.
2. Антюхов В.И., Остудин Н.В., Сорока А.В. Методика выявления перечня задач интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 4. С. 63–76.
3. Антюхов В.И., Остудин Н.В. Моделирование процесса интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 2. С. 78–94.
4. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Постановление Правительства Рос. Федерации от 21 мая 2007 г. № 304. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
5. Модель информационной поддержки принятия решения при оценке деятельности сотрудников МЧС России / В.А. Онов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 2. С. 5–13.
6. Антюхов В.И., Остудин Н.В. Алгоритмизация деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Технологии техносферной безопасности». 2017. № 2 (42). С. 10–15.

## ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

**А.Г. Нестеренко, кандидат технических наук, доцент;  
К.В. Кораев.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Произведен анализ возможных угроз возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на магистральном газопроводе, проходящем по территории Северного Кавказа; дана краткая характеристика магистрального газопровода «Дзуарикау-Цхинвал», который проходит из Северной Осетии в Южную Осетию; определены основные риски, связанные с прохождением магистрального газопровода в сложно доступных местах; проведен краткий анализ различных методических рекомендаций и руководств при возникновении чрезвычайных ситуаций различного характера на магистральных газопроводах.

*Ключевые слова:* риски, магистральный газопровод, оценка, ущерб

## BASIC METHODS OF ANALYSIS AND ASSESSMENT OF RISKS OF EMERGENCIES OF NATURAL AND TECHNOGENIC CHARACTER

A.G. Nesterenko; K.V. Koraev.  
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article made the analysis of potential threats of emergency situations of natural and technogenic character on the main gas pipeline passing through the territory of the North Caucasus, the brief description of the gas pipeline «Dzuarikau-Tskhinvali» which runs from North Ossetia to South Ossetia, identified key risks associated with the passage of the main gas pipeline