

Рогозин А.С., Хоменко В.С.

**Математическая модель ликвидации чрезвычайных ситуаций**

Разработана общая модель ликвидации чрезвычайных ситуаций, которая характеризуется наличием  $n$  поражающих факторов к ликвидации которой привлекаются  $m$  типов средств

**Ключевые слова:** модель, чрезвычайная ситуация, силы, средства, ликвидация

Rogozin A.S., Homenko V.S.

**A mathematical model of liquidation of emergency situations**

A general model for disaster management, which is characterized by the presence of  $n$  destructive factors which the elimination are involved  $m$  types of resources

**Key words:** model, emergency, forces, means, liquidation

**УДК 69.05:658.382**

*Сенчихин Ю.Н., канд. техн. наук, проф., НУГЗУ,*

*Росоха С.В., д-р техн. наук, нач. фак., НУГЗУ,*

*Касьян А.И., канд. техн. наук, доц., НУГЗУ*

**ОБОСНОВАНИЕ ЗАДАЧ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ  
И РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ  
ОБРУШЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

(представлено д-ром техн. наук Куценко Л.Н.)

Для решения задач принятия оптимальных (рациональных) решений при ведении аварийно-спасательных и ремонтно-восстановительных работ предложена к использованию двух-уровневая структура проведения заблаговременной и оперативной разведки зоны обрушения строительных конструкций

**Ключевые слова:** принятие решений, аварийно-спасательные, ремонтно-восстановительные, оперативная разведка, функция цели

**Постановка проблемы.** Одними из главных факторов, которые определяют успех проведения аварийно-спасательных (АСР) и ремонтно-восстановительных (РВР) работ в экстремальных условиях являются, фактор времени и безопасность их прове-

---

Обоснование задач принятия решений при организации аварийно-спасательных и ремонтно-восстановительных работ в условиях обрушения строительных конструкций

дения. Именно с ними и связаны оперативность прибытия и развертывания подразделений на месте возникновения ЧС, наличие действенного специального спасательного оборудования, оперативная его доставка к объекту транспортными средствами, а также наличие тактико-технического обеспечения для безопасного ведения работ. При этом большая и качественная роль отводится к принятию заблаговременных и оперативных решений по ликвидации ЧС.

Анализ ведения АСР и РВР в экстремальных условиях показал, что до настоящего времени на современном уровне научно обоснованный подход к решению задач принятия решений практически не использовался.

**Анализ последних исследований и публикаций.** При анализе и обобщении АСР и РВР было предложено подойти к решению задач безопасного проведения работ с учетом теории принятия оптимальных (рациональных) решений [1 – 3], а также теории графов и сетей [4, 5], положив в основу один из главных критериев оценки эффективности принимаемым руководителями спецподразделений решений – «время  $t$ ».

**Постановка задачи и ее решение.** В связи с этим предложена обобщенная графическая модель действий подразделений спасателей [6]. При этом кинетика их действий представлена в виде двух уровневой структуры: действия заранее, в период заблаговременной разведки (первоначальный этап решения задачи сокращения потерь времени); действия во время оперативной разведки зоны ЧС и самого выполнения АСР (второй этап решения этой же задачи).

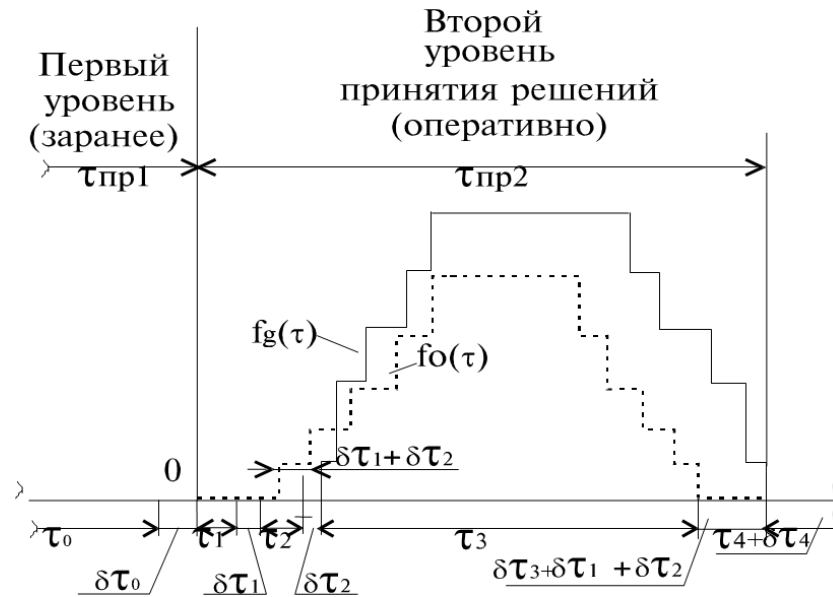
Соответственно, предложенные оба этапа проведения работ в экстремальных условиях были адаптированы [7] как понятия о двух видах разведки (по аналогии с заданиями разведки пожара [8]):

- заблаговременная разведка, то есть заранее, для случаев гипотетически возможных ЧС;
- оперативная разведка, которая оперативно осуществляется в процессе решения тактических задач локализации, ликвидации ЧС и ее последствий.

На рис. 1. схематично представлен этот подход.

Пунктиром показан условно «идеальный» случай, когда существенные потери времени отсутствуют ( $f_0$ ); - непрерывная сту-

пепчатая кривая соответствует реальным условиям наличия потерь времени при проведении АСР ( $f_g$ ).



**Рис. 1 – Схема кинетики выполнения работ подразделениями в периоды заблаговременной и оперативной разведок**

Соответственно, реальные суммарные затраты времени спасателями в период заблаговременной разведки, а также во время оперативных действий в условиях ЧС можно выразить следующим образом

$$\tau_{\Sigma} = (\tau_0 + \delta\tau_0) + (\tau_1 + \delta\tau_1) + (\tau_2 + \delta\tau_2) + (\tau_3 + \delta\tau_3) + (\tau_4 + \delta\tau_4). \quad (1)$$

Здесь:  $\tau_0$  и  $\delta\tau_0$  – продолжительность заблаговременной разведки плюс потери времени до получения сообщения о ЧС (показатели качества работ по обслуживанию объекта, по созданию и обновлению тактико-технического обеспечения и др.);  $\tau_1$  и  $\delta\tau_1$  – время в пути следования на место возникновения ЧС плюс потери, возникающие при нерациональном выборе маршрута следования и средств доставки;  $\tau_2$  и  $\delta\tau_2$  – время, затрачиваемое на оперативное развертывание подразделений в зоне ЧС плюс потери времени, связанные с недостатком сил и средств и/или с несогласованностью действий при их избытке;  $\tau_3$  и  $\delta\tau_3$  – время локализации и ликвидации ЧС плюс непроизводительные потери времени при

этом;  $\tau_4$  и  $\delta\tau_4$  – время и потери времени при свертывании подразделений и возвращении на место расположения подразделений.

В соответствии с предложенной диаграммой (рис.1) были введены обобщенные понятия заблаговременной и оперативной разведки зоны возникновения чрезвычайной ситуации следующим образом [8, 9].

Заблаговременная разведка – это работа аварийно-спасательных подразделений, которая представляет собой совокупность мероприятий проводимых работниками спецподразделений и спасателями по получению, изучению и непрерывному уточнению данных об обстановке в процессе профилактического надзора зоны гипотетической (предполагаемой) ЧС вплоть до ее возникновения.

Понятие оперативной разведки. Это непрерывный сбор оперативных данных о текущей обстановке на объекте ЧС, начиная с момента получения тревожного сообщения ЧС и заканчивая моментом времени, наступающим в период свертывания аварийно-спасательных подразделений и возвращения в место их дислокации.

Соответственно введенным определениям становится понятным, какое значение для успешного проведения АСР имеет факт сокращения потерь времени на обоих этапах разведки. В этом смысле все составляющие, связанные с сокращением этих потерь времени, являются основополагающими при создании и использовании так названного нами тактико-технического обеспечения, которое, как будет показано далее, и создается на основе теории принятия оптимальных (рациональных) решений.

На стадии заблаговременной разведки (при проектировании и строительстве объекта, его профилактическом обслуживании и др.) спасательными подразделениями изучается и уточняется существующая обстановка на объекте охраны. В частности, в подразделениях аварийно-спасательной службы создаются соответствующие планы и карточки.

То есть заблаговременно разрабатывается тактико-техническое обеспечение к предположительным действиям спасателей на случай возникновения ЧС. Здесь же разрабатываются и маршруты следования к объектам охраны, комплектование подразделений аварийно-спасательными устройствами и механизированным оборудованием, выбор автотранспортных средств их доставки.

Учитывая, что на основе полученных данных о состоянии объекта, категории ведения работ по масштабам и опасности, оперативно принимаются меры, направленные на обеспечение успешного проведения АСР в экстремальных условиях с использованием технических средств.

Сюда следует включать и мероприятия по повышению огнестойкости объекта, по снижению пожарной, взрывной и химической опасности, по обеспечению надежной связи, накоплению запасов огнетушащих и нейтрализующих средств и др. Все это с успехом может быть использовано во всех подразделениях МЧС.

С общей для спасательных подразделений целью важно максимально приблизиться к возможной обстановке гипотетической ЧС за счет детальной проработки перечисленных вопросов. При этом следует оценивать возможности применения традиционных и нетрадиционных средств ведения АСР и их доставки к объекту, в том числе использование новейших, единичных образцов, еще не апробированных.

Если учесть, что с момента получения сообщения о возникновении ЧС на объекте до момента ее ликвидации оперативные решения принимает руководитель АСР, то тогда их правильность (оптимальность или рациональность) можно охарактеризовать суммарными потерями времени  $\Sigma \delta \tau_m$ , при условии безопасного проведения работ.

Этим потерям времени могут сопутствовать утраты человеческих жизней и материальных ресурсов, которые в мировой практике ЧС принято оценивать путем сравнения двух интегральных сумм (2), вычисленных для функций  $f_g$  – в пределах реально затраченного времени на оперативные действия,  $f_0$  – в пределах времени оперативных действий «без потерь»

$$\Delta C = K \left( \int f_g(\tau) d\tau - \int f_0(\tau) d\tau \right), \quad (2)$$

где:  $\Delta C$  – цена потерь, зависящих от функции  $K$ ;  $K$  – критерий оценки качества АСР и РВР, учитывающий требования их безопасного проведения для спасаемых и спасателей.

Рис. 2 дает представление о том, как можно осуществлять прогноз и оценку качества проведения АСР.

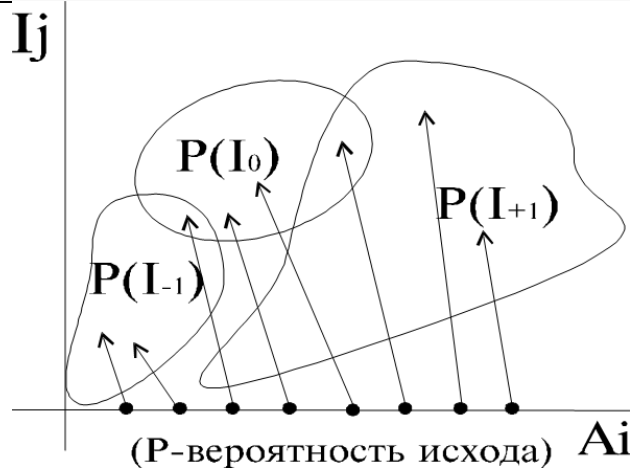


Рис. 2 – Связь принятых решений ( $A_i$ ) с исходами ( $I_j$ ) положительными, нейтральными и отрицательными

Оси абсцисс и ординат (рис. 2) соответствуют: ось абсцисс – это решения (условно обозначены точками), которые может принимать руководитель АСР, т. е. альтернативы –  $A_i$ . Ось ординат – это результаты принятых решений (область исходов –  $I_j$ ), которые возникают при выборе той или иной из альтернатив  $A_i$ . Здесь следует различать:

$P(I_{+1})$  – вероятность исходов успешного проведения АСР, когда ликвидирована ЧС и спасены человеческие жизни, хотя и имеются материальные потери;

$P(I_0)$  – вероятность исходов, когда ЧС ликвидирована, имеются материальные потери и пострадавшие с различной степенью тяжести, которым оказана спасателями доврачебная помощь;

$P(I_{-1})$  – вероятность исходов неуспешной ликвидации ЧС, имеются и материальные потери и потери человеческих жизней.

Отметим, что в наиболее общем случае функция  $K$  характеризует нелинейность связи между  $\Delta\Pi$  и  $\tau$ . В первом приближении (оценочный вариант) полагают, что  $K = 1$ , т.е. функциональную связь между  $\Delta\Pi$  и  $\tau$  линеаризуют.

Так как в (1) все параметры измеряются в одной шкале – время, то для оценки качества принятого руководителем АСР решения используют так называемую агрегированную по потерям времени функцию цели, а так же с ней сопряженную функцию материальных потерь

$$\min_{\delta\tau_m} \sum \xi_m \cdot \delta\tau_m, \text{ и } \min_{\delta\tau_m} \Delta\Pi, \quad (3)$$

где:  $\xi_m$  – весовой коэффициент важности каждого из критериев;  $\Delta Ц$  – как и ранее, цена потерь.

Вместе с этим, ощутимого выигрыша во времени, а, следовательно, более существенного сбережения ресурсов и эффективного проведения АСР и РВР следует ожидать, если принятие решений осуществлять в соответствии с предложенным двухуровневым подходом к разведке зоны ЧС.

**Выводы.** Именно при решении оптимизационных задач тактико-технического выполнения работ подразделениями МЧС возникает потребность последовательного использования функций цели двух типов: качественных – на начальном (первом) уровне, при создании тактико-технического обеспечения заблаговременно ( $\delta\tau_0 \rightarrow 0$ ); и количественных – на последующем (втором) уровне уже принятия оперативных решений и их выполнения ( $\delta\tau_1, \delta\tau_2, \delta\tau_3 \rightarrow 0$ ).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зайченко Ю.П. Исследование операций. – К.: Вища школа, 1975. – 320 с.
2. Майзер Х., Эйджин Н., Тролл Р. и др. Исследование операций. – М.: Мир, 1981. Т. 1. – 712 с.
3. Теория прогнозирования и принятия решений: Учеб. пособие. Под ред. С.А. Саркисяна. – М.: Высшая школа. 1977. – С 223-344.
4. Харари Ф. Теория графов. – М.: Мир, 1973. – 300 с.
5. Кузнецов О.П., Адельсон-Вельский Г.М. Дискретная математика. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 177 с.
6. Беликов А.С., Голендер В.А., Касьян А.И. и др. Моделирование для принятия решений при ликвидации аварий в сложных условиях. Строительство, материаловедение, машиностроение. // Сб. научн. трудов. Вып 47. – Днепропетровск, ПГАСА, 2008. – С. 61 – 66.
7. Касьян А.И. Информационно уточняемая модель принятия решений при проведении аварийно-спасательных работ // Науковий вісник будівництва. Вып. 45. – Харків.: ХДТУБА, 2005. – С. 191-197.
8. Сыровой В.В. Разведка пожара. Учебное пособие. – Харьков: ХИПБ, 1995. – 59 с.

9. Сировий В.В., Сенчихін Ю.М., Ушаков Л.В., Бабенко О.В. Аналітичні розрахунки для обґрунтування оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів. Практикум. – Харків: НУЦЗУ, 2010. – 262 с.

Сенчихін Ю.М., Росоха С.В., Касьян О.І.

**Обґрунтування завдань прийняття рішень під час організації аварійно-рятувальних та ремонтно-відновлювальних робіт в умовах обвалення будівельних конструкцій**

Для вирішення задач прийняття оптимальних (раціональних) рішень при веденні аварійно-рятувальних та ремонтно-відновлювальних робіт запропонована до використання дворівнева структура проведення завчасної та оперативної розвідки зони обвалення будівельних конструкцій

**Ключові слова:** прийняття рішень, аварійно-рятувальні, ремонтно-відновлювальні, оперативна розвідка, функція цілі

Senchukhin Y.N., Rosokha S.V., Kasian A.I.

**Substantiation of the tasks of decision-making in the organization of rescue and repair work in the conditions of the collapse of building structures**

For the decision of problems of acceptance of optimum (rational) decisions at conducting rescue and a damage control the two-level structure of carrying out of preliminary and operative investigation of a zone of a collapse of building designs is offered to use

**Key words:** Decision-making, rescue, repair-regenerative, operative investigation, purpose function