УДК: 681.5.011

И.С. Наумов
(Пермский государственный технический университет;
e-mail: igor14-88@list.ru)

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ НА ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Решается проблема обоснования типа и количества агрегатов каждого типа для объектов при управлении ресурсами в случае возникновения чрезвычайных ситуаций, что является неотъемлемой частью в системе управления ресурсами на пространственно распределенных объектах.

Ключевые слова: система управления, чрезвычайная ситуация, ликвидация, риск, локализация, ресурс, производительность, ущерб, устойчивость.

I.S. Naumov

THE DECISION OF PROBLEMS OF RESOURCE MANAGEMENT ON SPATIALLY DISTRIBUTED INDUSTRIAL TARGETS AT OCCURRENCE OF EMERGENCY

The solution of a problem of a substantiation of type and quantity of units of each type for objects at resource management in case of occurrence of emergency that is an integral part in a control system of resources on spatially distributed objects.

Key words: control system, emergency, recovery, risk, localization, resource, productivity, damage, resistance.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 3 апреля 2011 г.

Для устойчивого развития любого предприятия необходимо принятие мер по сокращению ущерба, причиняемого чрезвычайными ситуациями (ЧС), и количества ресурсов, используемых при их локализации и ликвидации. Однако стихийные бедствия и техногенные аварии и катастрофы, порождающие чрезвычайные ситуации, могут прогнозироваться лишь на очень малых, с точки зрения проведения превентивных мероприятий, временных интервалах. Это приводит к необходимости использования в качестве исходных данных частот этих событий.

Необходимо совершенствование систем управления, ориентированных на локализацию и ликвидацию чрезвычайных ситуаций. Первоочередные задачи в системе управления ресурсами при возникновении ЧС заключаются в нахождении оптимального (рационального) распределения имеющегося персонала и оборудования по объектам, на которых возникли ЧС, а также в определении необходимого состава персонала и оборудования и их количества для достижения поставленных целей.

В организационно-методических указаниях по подготовке органов управления, сил гражданской обороны и единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [1] ставится задача разработки специальных моделей, обеспечивающих создание научно-методической основы для управления ресурсами. Но исследования, выполненные к настоящему времени, не позволяют дать обоснованные ответы на вопросы о том, какие ресурсы, в каком количестве, где размещать и как использовать с учётом комплекса реальных условий для того, чтобы они обеспечили максимальный эффект от применения в ЧС.

Поэтому необходимо исследовать процесс управления ресурсами для локализации и ликвидации ЧС на пространственно распределенных промышленных объектах, а предметом в исследовании должны быть закономерности влияния состояния системы обеспечения ресурсами и стратегий её функционирования на результаты управления процессами локализации и ликвидации ЧС на пространственно распределенных промышленных объектах. [2]

В первую очередь, необходимо определить оптимальные значения параметров состояния системы обеспечения ресурсами при условии, что каждый из объектов ликвидирует ЧС самостоятельно.

Величина предотвращённого ущерба U_i пропорциональна производительности ресурсов и величине располагаемого времени:

$$U_i = \tau_i \sum_j \pi_j x_{ij},$$

где π_j – производительность ресурса j-го типа;

x_{ij} – количество ресурсов j-го типа на i-м объекте;

τ_j – располагаемое время.

Ресурсы находятся на объекте и при возникновении ЧС используются для ликвидации ЧС. Количество финансовых средств для приобретения ресурсов на каждом объекте может быть ограничено $C_i^{\max}$.

Необходимо на выделенные средства $C_i^{\max}$ приобрести ресурсы x_{ij} и разместить их на объекте таким образом, чтобы минимизировать суммарный ущерб:

$$C_\Sigma = \sum_i C_i^{\max}.$$

В результате решения задачи необходимо не только оптимально распределить средства, но и оптимально выбрать состав ресурсов из заданной совокупности V типов, не выходя за бюджетные ограничения.

С учётом особенностей размещения ресурсов на объектах по величине C_{ij} – стоимости одного образца j-го типа для ликвидации ЧС на i-м объекте можно определить обобщенные потребности в каждом виде ресурсов:

$$C_j = \sum_i C_{ij} x_{ij}, \quad i = \overline{1, N}.$$

С учётом выражения производительности ресурсов:

$$\Pi_i = \sum_{j=1}^{V} \pi_j x_{ij}, \; i = \overline{1, N}, \; j = \overline{1, V}.$$

Алгоритм решения задачи имеет следующий вид:

- вычислить элементы матрицы $\|\Theta_{ij}\|$, где Θ_{ij} − прирост целевой функции на единицу затрат;

- согласно принципу доминирования, исключить из рассмотрения "лишние" элементы матрицы $\|\Theta_{ij}\|$;

- последовательно наращивая бюджет ($C_i \le C$) и применяя условие доминирования, определить зависимости изменения оптимального состава ресурсов $\varphi_i(C_i)$ для $i = \overline{1, N}$;

- определить вектор $\overrightarrow{C_0} = \|\{C_i^0\}\|$, доставляющий максимум функции $\varphi = \overrightarrow{(C)}$:

а) на t шаге процесса определить номер i_t, согласно условию:

$$\Theta_{i_t}^{(V)} = \max_{1 \le i \le N} \Theta_i^{(V)};$$

б) вычислить текущее значение неизрасходованного ресурса $C^{(t)}$:

$$C^{(t)} = C^{(t-1)} - \Delta C_{i_t}^{(V)},$$

где Δx_i – изменение количества ресурсов, используемое на i-м объекте, определяется из условия:

$$\Theta_i^{(v)} = \max\{\Theta_i\},\ 0 < \Delta x_i < C;$$

в) проверить условие $C^{(t)} \le 0$, если оно выполняется, то получено оптимальное распределение ресурсов, в противном случае необходимо перейти к следующему оператору, $t = t + 1$;

г) вычислить текущее значение компонент вектора $\overrightarrow{x^{(t)}}$ согласно оператору:

$$C_i^{(t)} = \begin{cases} C_i^{(t-1)}, & \text{если } i \ne i_t; \\ C_i^{(t-1)} + \Delta C_i^{(V)}, & \text{если } i = i_t; \end{cases}$$

д) вычислить текущее значение целевой функции по формуле:

$$U_t = U_{t-1} + \Delta U_{i_t}^{(t)}, \quad U_0 = 0;$$

$$\max U\overrightarrow{(C)} = \max_{\Delta x_i, i} \sum_i \sum_t \Theta_{i_t} \Delta C_{i_t} - \sum_i \tau_t \Theta_{i_t}^{(V)} \Delta C_i^{(V)};$$

е) вычеркнуть элемент матрицы $\Theta_{i_t}^{(V)}$. Перейти к пункту а.

5. Записать решение, прекратить вычисления.

На рис. 1 и 2 приведены результаты обоснования оптимального распределения ресурсов между тремя объектами по четыре типам ресурсов, исходя из объёма выделенных средств.

Графические зависимости $U = f(C_1), U = f(C_2), U = f(C_3)$ показывают изменение величины максимального ущерба при оптимальном распределении выделенных средств между объектами.

Зависимость $U = f(C)$ показывает максимальную величину суммарного ущерба при оптимальном распределении ресурсов между объектами.

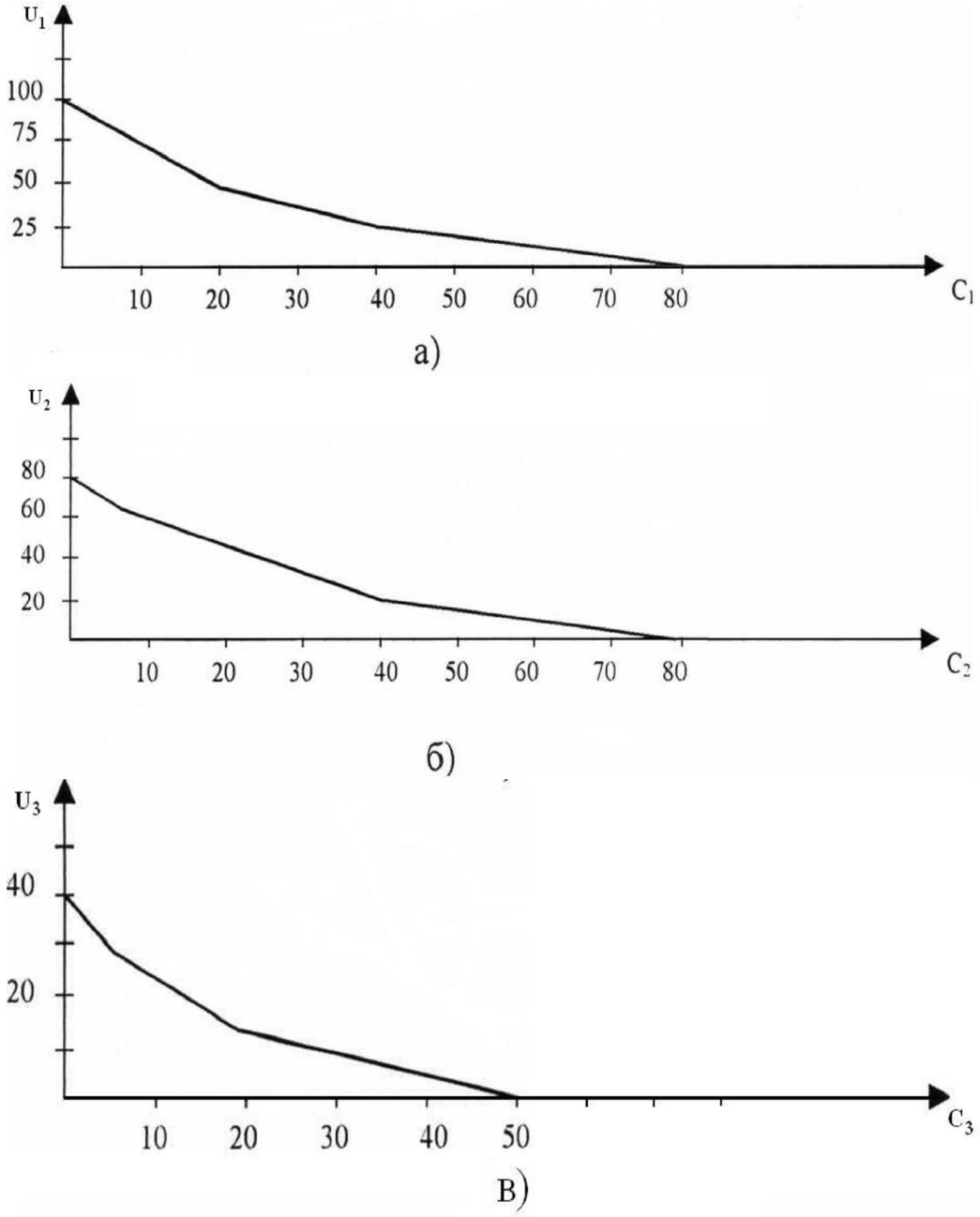

Рис. 1. Зависимости возможного ущерба от средств на его предотвращение: а) на объекте № 1; б) на объекте № 2; в) на объекте № 3

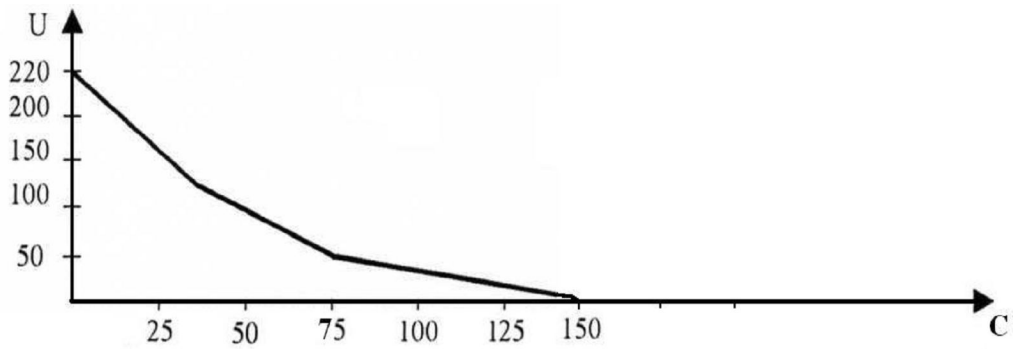

Рис. 2. Суммарная зависимость ущерба от средств на его предотвращение

Проведён поиск оптимального состава ресурсов из четырех типов на модельном примере (в условных единицах), которые с различной производительностью можно применить на трех различных объектах:

$$\left\|\pi_{ij}\right\| = j\begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \end{array}\begin{array}{c} i \\ \left\|\begin{matrix} 1 & 0{,}2 & 0{,}2 \\ 0{,}8 & 0{,}9 & 0{,}6 \\ 0{,}5 & 0{,}7 & 0{,}9 \\ 0{,}2 & 0{,}8 & 0{,}4 \end{matrix}\right\| \end{array},$$

где $\left\|\pi_{ij}\right\|$ − матрица производительности j типа агрегата на i-ом объекте $\left(i=\overline{1,3};\ \ j=\overline{1,4}\right)$.

Затраты на приобретение ресурсов с учётом стоимости размещения этих ресурсов на объектах:

$$\left\|C_{ij}\right\| = j\begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \end{array}\begin{array}{c} i \\ \left\|\begin{matrix} 80 & 5 & 5 \\ 40 & 40 & 8 \\ 20 & 20 & 16 \\ 20 & 45 & 8 \end{matrix}\right\| \end{array},$$

где $\left\|C_{ij}\right\|$ − стоимость применения j агрегата на i-ом объекте $\left(i=\overline{1,3};\ \ j=\overline{1,4}\right)$.

Оценки возможного ущерба:

$$\left\|U_i^{max}\right\| = \left|100 \quad 80 \quad 40\right|,$$

где $\left\|U_i^{max}\right\|$ − матрица максимальных ущербов на объектах.

Рассмотрим различные уровни финансирования:

$$C_1 = 136,$$
$$C_2 = 130,$$

где C_1, C_2 − два варианта выделения средств по объектам, для которых проведены расчёты.

$$\left\|C_i^{max}\right\|_1 = \left|80 \quad 40 \quad 16\right|,$$

$$\left\|C_i^{max}\right\|_2 = \left|60 \quad 50 \quad 20\right|,$$

где $\left\|C_i^{\max}\right\|$ − матрица распределения ресурсов между объектами.

В представленном модельном примере субъективное распределение финансовых средств на объекты предопределило соответствующий ожидаемый ущерб от наилучшего индивидуального использования средств для приобретения ресурсов на каждый объект.

Для C_1: $\Delta U_1 = 11$; $\left\|x_{ij}^0\right\| = \left|\begin{matrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix}\right|$,

для C_2: $\Delta U_2 = 26$; $\left\|x_{ij}^0\right\| = \left|\begin{matrix} 0 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \\ 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix}\right|$,

где ΔU_1 и ΔU_2 − значения максимальных величин ущербов для первого и второго вариантов;

$\left\| x_{ij}^0 \right\|$ − матрица оптимального распределения количества и типов ресурсов по объектам.

Представленные на рис. 1 зависимости характеризуют ожидаемый ущерб на объектах, от величины выделяемых на каждый объект финансовых средств.

Анализ этих зависимостей может служить основой для принятия решения по индивидуальному использованию финансовых средств.

Зависимость суммарного ущерба (рис. 2) при оптимальном распределении средств, имеет определяющее значение при принятии решения.

Следовательно, решающим фактором противодействия катастрофическому развитию чрезвычайных ситуаций является наличие соответствующих ресурсов, оперативное использование которых сокращает или предотвращает возможный ущерб. К таким ресурсам, помимо специалистов, обладающих особыми знаниями, необходимо, в первую очередь, отнести агрегаты и системы, способные с высокой производительностью локализовать или ликвидировать чрезвычайные ситуации.

Таким образом, решение проблемы обоснования типа и количества агрегатов каждого типа для объектов при управлении ресурсами в случае возникновения чрезвычайных ситуаций является неотъемлемой частью в системе управления ресурсами на пространственно распределенных объектах.

Литература

1. ***Организационно-методические*** указания по подготовке органов управления, сил гражданской обороны и единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на 2011-2013 годы (письмо МЧС России от 7 декабря 2010 г. № 2-4-60-15-14).

2. ***Дворецкая Т.Н.*** Методы и моделирование процессов возникновения и развития техногенных катастроф // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2009. № 2. С. 3-23.

3. ***Вентцель Е.С.*** Введение в исследование операций. М.: Советское радио, 1964. 391 с.

4. ***Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К.*** Структура многоуровневых и крупномасштабных систем. М.: Наука, 1993. 160 с.