

УДК 681.5.011

И.С. Наумов

Оценка возможного ущерба от чрезвычайной ситуации при отсутствии обеспечения ресурсами процесса ее ликвидации

В статье говорится о проведении предварительной оценки общих затрат на систему обеспечения ресурсами. Предложена модель, при помощи которой оценивается средний суммарный возможный ущерб от чрезвычайной ситуации при отсутствии обеспечения ресурсами процесса ее ликвидации.

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

В настоящее время масштабы чрезвычайных ситуаций (ЧС) неуклонно растут, что заставляет обоснованно и своевременно вырабатывать контрмеры для предупреждения и ликвидации ЧС. Для этого создаются системы управления в условиях чрезвычайных ситуаций.

Для устойчивого развития любого предприятия и страны в целом необходимо принятие мер по сокращению ущерба, причиняемого ЧС, и количества ресурсов, используемых при ликвидации последствий ЧС. Эти меры должны опираться на теорию анализа и управления риском. К сожалению, общество еще не овладело в достаточной степени механизмом управления столь большими системами, как «природа – техносфера – общество». Разноплановые задачи, которые должны решаться в интересах управления риском, опираются на такие наукоемкие сферы, как физические механизмы развития аварийных ситуаций и аварий, формирования опасных природных явлений, модели и методы прогноза силы, времени и места их возникновения, способы предотвращения их возникновения, снижения силы или смягчения последствий ЧС, экономические исследования, методы оптимального планирования.

Развитие системы предупреждения об опасных явлениях, способов уменьшения опасности и смягчения последствий ЧС считается одной из приоритетных областей деятельности на всех уровнях – международном, государственном, региональном и местном [1]. Однако опасные природные и техногенные явления как источник чрезвычайных ситуаций могут прогнозироваться лишь на очень малых с точки зрения проведения превентивных мероприятий временных интервалах. Это приводит к необходимости использования в качестве исходных данных частоты возникновения этих событий. Важное место в снижении риска техногенных ЧС занимают диагностика и профилактика возможных отказов объектов техносферы (планово-предупредительные мероприятия).

Пути решения

Необходимо совершенствование систем управления, ориентированных на локализацию и ликвидацию ЧС. Это совершенствование может обеспечиваться следующими параметрами: обоснование производительности оборудования; обоснование средств, необходимых для содержания личного состава и их оснащения средствами; обоснование структуры систем локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций [2].

Эффективный превентивный план формируется на основе оптимального распределения ресурсов, сил и средств, необходимых для реализации мероприятий с целью максимально возможного блокирования ЧС.

Основными критериями формирования оптимального превентивного плана по предупреждению и ликвидации последствий ЧС являются минимум ущерба; минимум общих затрат на реализацию превентивных мероприятий; минимум общего времени реализации оперативных мероприятий по ликвидации ЧС и ее последствий. В качестве ограничений используются ограничения на общие объемы ресурсов, сил и средств, выделенных для реализации мероприятий, на наличие необходимых сил и средств в пунктах их дислокации, структурные ограничения на связи ЧС и проводимых мероприятий и др.

Первоочередные задачи в системе управления 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.

Применение нормативных методов для решения задач такого класса может быть достаточно успешным.

Модель

Предлагается модель, которая позволяет оценивать влияние значений параметров системы обеспечения ресурсами на результаты ликвидации ЧС. Для этого необходимо определить взаимоотношение основных параметров системы, которое позволит осуществить математические постановки задач оптимизации параметров системы обеспечения ресурсами [3].

Рассмотрим систему, состоящую из N пространственно распределенных объектов, на которых с вероятностью $P_i (i = \overline{1, N})$, могут возникнуть чрезвычайные ситуации.

Чрезвычайная ситуация на i -м объекте может быть локализована и ликвидирована в течение времени τ_i . В течение времени $\tau^{\max} = \max\{\tau_i\}$ возможно одновременное развитие ЧС на множестве объектов $\{\Omega\}$ с вероятностью P^Ω . Имеется дорожная сеть, соединяющая объекты. Для локализации и ликвидации ЧС выделены ограниченные финансовые средства C_Σ , на которые для i -х объектов можно закупить x_{ij} ресурсов из V типов агрегатов, отличающихся по стоимости $(C_j, j = \overline{1, V})$ и производительности π_j . Чрезвычайную ситуацию на i -м предприятии можно локализовать в течение времени τ_i , причем чем позже начинаются мероприятия по локализации ЧС ($\tau'_i = \tau_i - \tau_i^{\text{начала}}$) (при одной и той же производительности оборудования и одинаковом их количестве), тем больше будет ущерб от ЧС. Количество агрегатов, которые одновременно можно использовать на объекте для локализации ЧС, ограничено (x_i^{\max}) .

Необходимо определить рациональную величину средств (C_Σ) , оптимальные состав и количество агрегатов и их оптимальное распределение между объектами, обеспечивающее минимальный ущерб от ЧС, если общий ущерб от ЧС на i -х объектах равен сумме ущербов на каждом из i -х объектов.

Ввиду того, что ущерб от чрезвычайных ситуаций на объектах равен сумме ущербов на каждом объекте, то финансовые средства, выделенные на локализацию и ликвидацию ЧС, равны сумме средств, выделенных для каждого объекта.

Закон распределения вероятности возникновения ЧС на i -х объектах в течение времени τ^{\max} равен i -кратной свертке законов распределений.

Предположим, что предотвращаемый ущерб от чрезвычайных ситуаций пропорционален производительности агрегатов и располагаемому времени ликвидации ЧС, однако ввиду того, что одновременно возможно применение ограниченного количества агрегатов и располагаемое время ограничено, то предотвращаемый ущерб ограничен.

Для математической постановки задач оптимизации необходимо определить переменные, взаимосвязь которых рассматривается в модели.

N – количество пространственно распределенных объектов, зависит от соотношения времени движения и располагаемого времени.

Граф дорожной сети $G(L, K)$ задается матрицей инцидентий $\|\tau_{(l, k)}^G\|$; $l \in L$; $k \in K$; $i = \overline{1, N}$; (матрица времени движения), значения параметров дуг определяют время движения по этой дуге и измеряются в единицах времени [4].

Матрица времени движения определяется из соотношения расстояния до объекта и скорости движения средств доставки ресурсов, обеспечивающих ликвидацию ЧС на объекте.

Матрица вероятностей ЧС на объектах $\|P_i\|$ определяется расчетным методом и уточняется по результатам эксплуатации аналогичных объектов.

С учетом допущения о том, что предотвращаемый ущерб пропорционален времени использования ресурсов, а общая способность по предотвращению ущерба равна сумме производительностей отдельных ресурсов, то общий предотвращаемый ущерб на i -м объекте равен

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

Производительность ресурсов на i -м объекте равна

$$P_i = \sum_j x_{ij} \pi_j,$$

где x_{ij} – количество агрегатов j -го типа на i -м объекте; π_j – производительность агрегата j -го типа при ликвидации ЧС (измеряется, как единица стоимости в единицу времени); τ_i – время развития процесса ЧС, в течение которого можно еще ликвидировать ЧС на i -м объекте и предотвратить максимальный ущерб (требуемое время). По истечении этого времени что-либо делать поздно, можно лишь ликвидировать последствия.

Ущерб от чрезвычайных ситуаций на объектах определяется расчетным методом и уточняется по результатам ущербов от ЧС на аналогичных объектах (измеряется в денежных единицах).

Если располагаемое время меньше требуемого времени (оно зависит от производительности и допустимого ущерба), то на объектах необходимо стремиться к размещению части ресурсов, которые уменьшают скорость развития ЧС. Прибытие ресурсов с центральной базы и объектов, на которых в течение до τ_{\max} не может возникнуть ЧС, позволяет обеспечить требуемую эффективность функционирования системы. В этом случае непредотвращенный ущерб:

$$U_{\Sigma} = \sum_{i \in \{\Omega\}} U_i^{\Sigma} \rightarrow \min;$$

$$U_i^{\Sigma} = U_i^{\max} - \left[\sum_{j=1}^V x_{ij} \pi_j \tau_i + \sum_{\substack{\forall k: k \neq i \\ \forall k: k \notin \{\Omega\} \\ \forall k: \tau_{ДВ k_i} < \tau_i}} \sum_{j=1}^V x_{kj} \pi_j (\tau_i - \tau_{ДВ k_i}) + \sum_{j=1}^V x_j \pi_j (\tau_i - \tau_{ДВЦ i}) \right],$$

где U_i^{\max} – максимальный ущерб на i -м объекте в результате ЧС; V – количество типов ресурсов для ликвидации ЧС; $\tau_{ДВ k}$ – время движения ресурсов с соседних k -х объектов, прибывающих на i -й объект; $\tau_{ДВЦ}$ – время, через которое прибывают ресурсы с центральной базы на i -й объект.

Стоимость ресурсов для ликвидации ЧС на i -м объекте выражается суммарной стоимостью ресурсов всех типов:

$$C_i = \sum_j C_{ij} x_{ij}, \quad i = \overline{1, N},$$

где C_{ij} – стоимости агрегата j -го типа для ликвидации ЧС на i -м объекте. Возможны однотипные ресурсы, но отличающиеся по стоимости (различные фирмы, различная производительность, надежность и т.п.).

Проведенная детализация позволяет перейти к решению задачи.

Алгоритм решения

Первоначально необходимо провести предварительную оценку общих затрат на систему обеспечения ресурсами. Это создает исходную информационную основу для последующей оптимизации параметров системы. Для этого оценивается средний суммарный возможный ущерб от ЧС при отсутствии обеспечения ресурсами процесса ее ликвидации. Выражение этого ущерба сопоставляется с объективными потребностями в ресурсах на предотвращение ожидаемого ущерба. Полученное выражение потребности в ресурсах приводится к форме затрат на их приобретение. Решение этой задачи не требует использования сложных формальных методов и базируется на известных моделях развития ЧС, применяемых в отношении конкретных промышленных объектов, данные о которых могут определяться по паспортам этих объектов. Кроме того, используются известные сведения о затратах на приобретение и ввод в эксплуатацию всех доступных видов ресурсов, а также об их производительности. Эти сведения могут быть конкретизированы для объектов, так как производительность и стоимость размещения ресурсов на различных объектах может различаться. Полученные результаты ложатся в информационную основу для выработки решений об определении разме-

ра бюджетного финансирования на создание или совершенствование системы ликвидации ЧС и позволяют выработать предварительное заключение о степени совершенства существующей системы.

Заключение

Реализация следующих этапов возможна только с использованием моделей и постановок задач, конкретизированных для каждой формы выбора оптимальных управляющих воздействий на структуру и параметры функционирования системы обеспечения ресурсами. В частности, необходимо определить целесообразные типы ресурсов и их количество, что требует конкретизации модели и постановки задачи для осуществления такого выбора.

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) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru/activities/?ID=154821> (дата обращения: 17.01.2011).
2. Концепция создания Единой автоматизированной системы антикризисного управления жизнедеятельностью государства в условиях повседневной деятельности, предупреждения и ликвидации ЧС. – М.: МЧС, 2008. – 137 с.
3. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
4. Цвиркун А.Д. Структура многоуровневых и крупномасштабных систем / А.Д. Цвиркун, В.К. Акинфиев. – М.: Наука, 1993. – 160 с.

Наумов Игорь Сергеевич

Аспирант Пермского государственного технического университета
Тел.: +7 (342) 219-80-11
Эл. почта: igor14-88@list.ru

Naumov I.S.

Possible damage assessment from an emergency situation without supply of resources during the process of its liquidation

The article deals with preliminary cost estimation for resource support system. The model is offered which helps to estimate average total possible damage from an emergency in the situation of absence of resource supply during the process of its liquidation.

Keywords: control system, resource, emergency, liquidation, risk, localization, productivity, damage.
