

Н.Г. Топольский¹, В.И. Служев¹, А.Л. Холостов¹, П.А. Манин²
(¹Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,
²Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы
МЧС России; e-mail: ntp-tsb@mail.ru)

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ПРОГНОЗИРУЕМОГО УЩЕРБА ОТ ОПАСНЫХ СОБЫТИЙ

Аннотация. Разработан метод прогнозирования развития ущерба от опасных событий на объекте, который может быть использован в автоматизированных системах безопасности и жизнеобеспечения при поддержке принятия решений.

Ключевые слова: прогнозирование, ущерб, опасное событие.

N.G. Topolskii, V.I. Sluev, A.L. Holostov, P.A. Manin

INFORMATION FOR EVALUATION OF PROJECTED LOSS OF HAZARDOUS EVENTS

Abstract. A method for predicting the development of damage from dangerous events at the facility, which can be used in automated systems security and livelihoods, with the support of decision making.

Key words: forecasting, damage, dangerous event.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 12 августа 2010 г.

При системном подходе к построению автоматизированной интегрированной системы безопасности и жизнеобеспечения выявляется перечень угроз объекту, строятся математические модели проявления опасных процессов, происходящих на объекте защиты, разрабатывается комплексная взаимосвязанная (интегрированная) система безопасности, включающая в себя специализированные функциональные и обеспечивающие системы по анализу и предотвращению угроз (включая системы поддержки принятия решений), по защите от них и (или) ликвидации последствий их проявления.

Для решения информационных и расчетных задач оценки обстановки и поддержки принятия решений, прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), в том числе параметров поражающих факторов ЧС, последствий для населения, объектов экономики и окружающей природной среды разрабатываются математические модели, прогнозирующие развитие опасных событий на объекте (пожар, взрыв, авария, нарушение функционирования инженерных систем жизнеобеспечения) [1-6].

Развитие прогнозируемого ущерба от опасных событий может быть описано различными аналитическими зависимостями (например, линейной, экспоненциальной), которые связаны с характеристиками конкретного объекта и

опасного события. В данном методе рассматривается случай, когда прогнозируемый ущерб от опасных событий может быть описан аналитическим выражением [7-10]:

$$C(t) = C_{max} \left(1 - e^{-k_1 t}\right)^{k_2}, \quad (1)$$

где C и C_{max} – текущая и максимальная величины ущерба, t – время, k_1 и k_2 – эмпирические коэффициенты, зависящие от характеристик объекта (рис. 1).

Нормированная зависимость (1) для различных значений k_1 и k_2 показана на рис. 2.

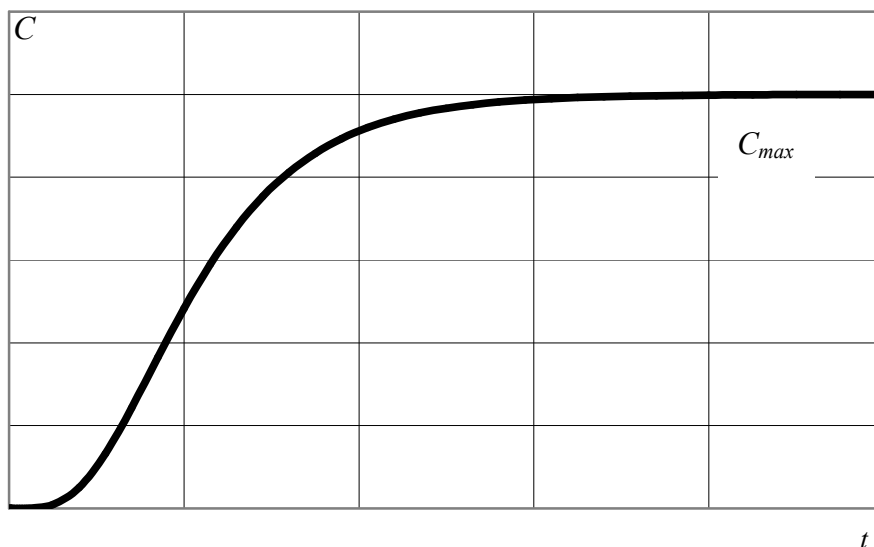


Рис. 1. Характерная кривая нарастания ущерба от опасного события

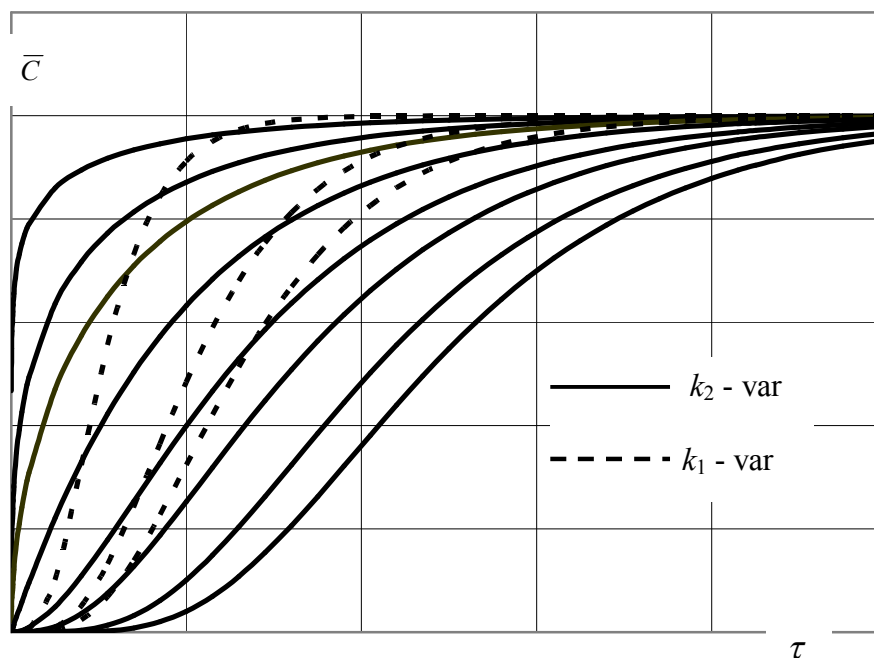


Рис. 2. Количественные оценки кривой нарастания ущерба от опасных событий на объекте по модели (1) ($\bar{C} = C / C_{max}$, $\tau = tk_1$)

Действия аварийных расчетов (бригад), средств автоматики, начавшиеся в момент времени t_0 (момент прибытия расчетов, бригад к месту аварии или начало действия средств автоматики) способны значительно снизить ущерб от опасного события до величины $C_y < C_{max}$ (рис. 3).

При описании процесса ликвидации последствий опасного события можно записать:

$$\bar{C}(\tau) \approx \begin{cases} (1 - e^{-\tau})^{k_2}, & \text{при } t \leq t_0 \\ (1 - e^{-\tau})^{k_2} - k_3(\tau - \tau_0), & \text{при } t_0 < t < t_l, \\ C_y, & \text{при } t > t_l \end{cases} \quad (2)$$

где $\bar{C} = C / C_{max}$ - относительный ущерб, $\tau = tk_1$ - безразмерное время ($\tau_0 = t_0 k_1$), k_3 - приведенная скорость ликвидации опасного события, t_l - время завершения работ по ликвидации опасного события.

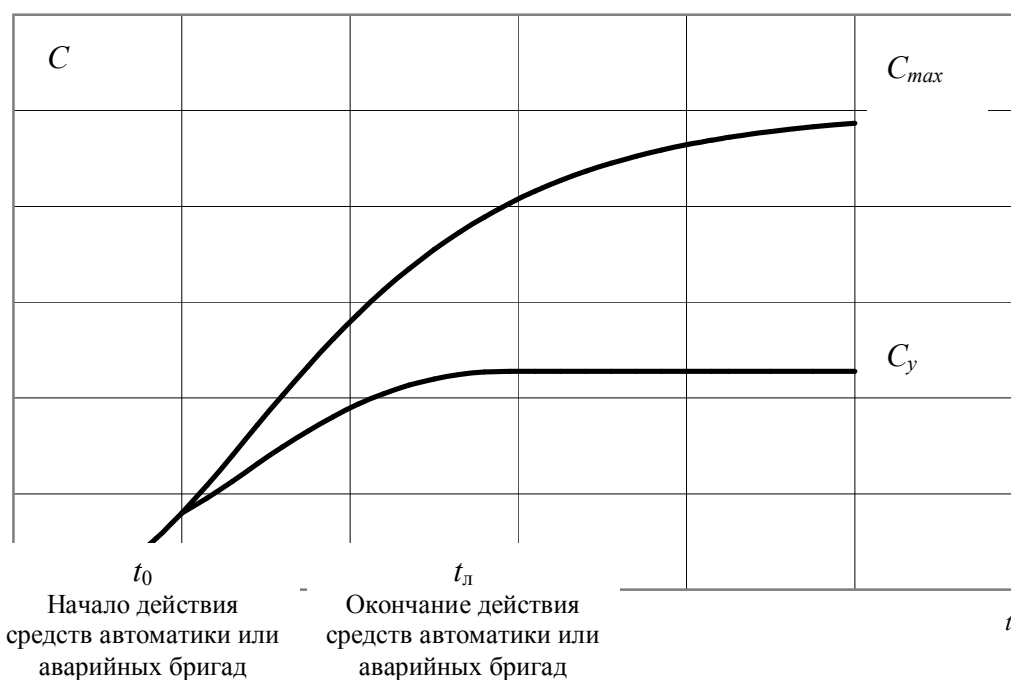


Рис. 3. Изменение прогнозируемого ущерба на объекте

Величина ущерба C_y может быть определена из выражения:

$$C_y = (1 - e^{-\tau_l})^{k_2} - k_3(\tau_l - \tau_0), \quad (3)$$

где $(\tau_l = t_l k_1)$.

Для нахождения точки экстремума (т.е. момента окончания действия средств автоматики или аварийных бригад) приравняем к нулю производную выражения (3):

$$\frac{dC_y}{d\tau} = k_2(1 - e^{-\tau})^{k_2-1} e^{-\tau} - k_3 = 0. \quad (4)$$

Величина τ_n , определяется на основе модели (2) из трансцендентного уравнения

$$e^{-\tau_k} (1 - e^{-\tau_k})^{k_2-1} \frac{k_2}{k_3} = 1, \quad (5)$$

при этом

$$\tau_n = \begin{cases} \tau_k & \text{при } \tau_k > \tau_0, \\ \tau_0 & \text{при } \tau_k < \tau_0. \end{cases} \quad (6)$$

Решение уравнения (5) возможно графическим путем, но для некоторых значений k_2 и k_3 получены аналитические решения:

$$\tau_k = \begin{cases} -\ln \left[2k_3 \left(\sqrt{k_3^2 + 1} - k_3 \right) \right] & \text{при } k_2 = 0,5 \\ -\ln k_3 & \text{при } k_3 = 1 \\ -\ln \frac{1 - \sqrt{1 - 2k_3}}{2} & \text{при } k_2 = 2, k_3 < 0,5 \end{cases} \quad (7)$$

Таким образом, в зависимости от характеристик конкретного объекта (коэффициенты k_1 и k_2) и возможностей средств автоматики или аварийных бригад на объекте (параметры τ_0 и k_3) становится возможным оценить прогнозируемый ущерб от опасного события и ожидаемую продолжительность ликвидации опасного события при решении информационных и расчетных задач при ликвидации ЧС.

Литература

1. **ГОСТ 22.1.01-95.** Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование. Основные определения.
2. **Топольский Н.Г.** Интеллектуальные интегрированные (комплексные) системы безопасности и жизнеобеспечения – от объектов до территорий // Материалы 13-й научно-практической конференции "Системы безопасности" – СБ-2004. М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. С. 8-10.
3. **Топольский Н.Г.** Основы автоматизированных систем пожаровзрывобезопасности объектов. М.: МИПБ МВД России, 1997.
4. **Топольский Н.Г.** Проблемы и принципы создания интегрированных систем безопасности и жизнеобеспечения // Материалы 4-й международной конференции "Информатизация систем безопасности" – ИСБ-95. М.: ВИПТШ МВД России, 1995. С. 14-17.
5. **Топольский Н.Г.** Концепция создания интегрированных систем безопасности и жизнеобеспечения // Материалы 3-й международной конференции "Информатизация систем безопасности" – ИСБ-94". М.: ВИПТШ МВД России. 1994. С. 12-14.
6. **Топольский Н.Г., Блудчий Н.П.** Потенциальная опасность массового поражения при крупных техногенных авариях. М.: ВИПТШ МВД России. 1994.
7. **Повзик Я.С., Ключ П.П., Матвейкин А.М.** Пожарная тактика. М.: Стройиздат, 1990. 335 с.
8. **Абдурагимов Г.И., Таранцев А.А.** Теория массового обслуживания в управлении пожарной охраной. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 101 с.
9. **Таранцев А.А., Холостов А.Л., Третьяков А.И.** Методы оценки ущерба от пожаров // Материалы 9-й научно-практической конференции "Системы безопасности" – СБ-2000. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. С. 101-104.
10. **Топольский Н.Г., Холостов А.Л., Манини П.А.** Прогнозирование ущерба от опасных событий // Материалы 19-й научно-практической конференции "Системы безопасности" – СБ-2010. М.: Академия ГПС МВД России, 2010. С. 58-61.