

*М.М. Данилов<sup>1</sup>, А.Н. Денисов<sup>1</sup>, И.Д. Опарин<sup>2</sup>*  
(<sup>1</sup>Академия ГПС МЧС России, <sup>2</sup> Уральский Институт ГПС МЧС России;  
e-mail: mmdaniloff@mail.ru)

## **ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПРИ ПОЖАРОТУШЕНИИ В РЕЗЕРВУАРНОМ ПАРКЕ**

*На основе анализа системы факторов обоснован подход к формированию управленческого решения при пожаротушении в резервуарном парке.*

*Ключевые слова: пожаротушение, качество управления, решение, двустенный резервуар.*

*M.M. Danilov, A.N. Denisov, I.D. Oparin*

## **APPROACH TO FORMATION MANAGERIAL DECISIONS IN FIREFIGHTING IN THE TANK FARM**

*On the basis of the analysis the system of factors justified approach to formation managerial decisions in firefighting in the tank farm*

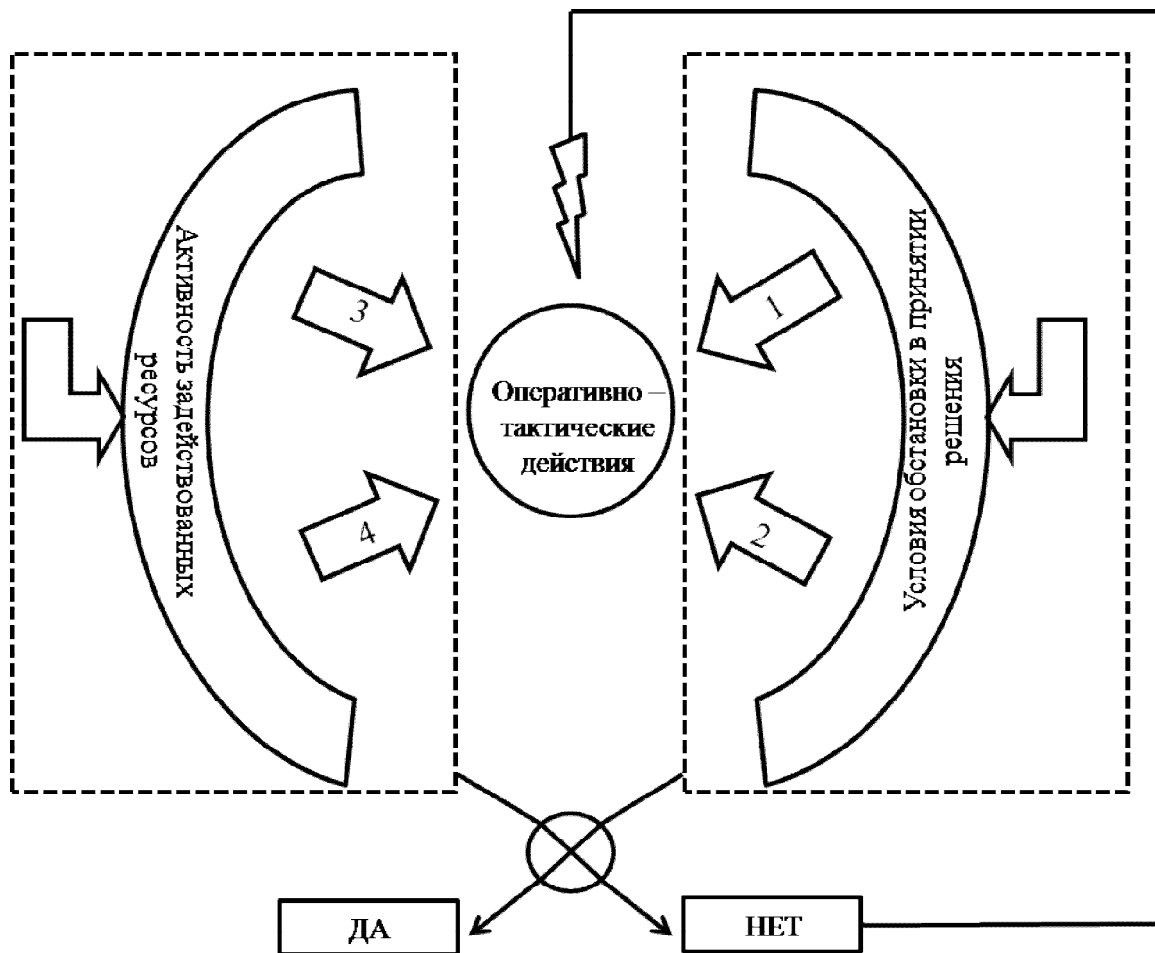
*Key words: firefighting, quality of management, decision, double wall tank.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 10 января 2014 г.


Увеличение объёма информации, поступающей руководителю тушения пожара, увеличение и усложнение решаемых оперативно-тактических задач, необходимость учета большого числа взаимосвязанных факторов и быстро меняющейся обстановки требуют использования информационных технологий в процессе подготовки и принятия решений (рис. 1).

Для формализации методов и алгоритмов ведения оперативно – тактических действий разрабатывают системы поддержки принятия решений (СППР), что особенно актуально для тех пожаров, при тушении которых в определённые, как правило прогнозируемые, моменты времени могут наступать события, радикально осложняющие обстановку на пожаре (взрыв, выброс или вскипание горячей жидкости, вызывающие резкое увеличение площади горения, увеличение количества горящих объектов и т.д.). Возникновение этих событий требует использования существенно большего количества ресурсов и увеличивает время тушения пожара. К таким пожарам относятся пожары в резервуарах с горючими и легковоспламеняющимися жидкостями.

На наш взгляд, успехов в создании моделей формирования управленческого решения следует ожидать при использовании таких конструктивных понятий, как модели оперативно-тактических задач [4].



**Рис. 1.** Система факторов, определяющих управленческое решение при пожаротушении двустенного резервуара:

-  – факторы управленческого решения;  
 1 – рассудительность лица, принимающего решение;  
 2 – СППР; 3 – характер объекта; 4 – опыт в пожаротушении

Одним из первых подэтапов разработки таких систем является создание модели оперативно-тактических задач при тушении пожара в резервуаре с двойной стенкой, рациональное построение иерархической структуры управления на пожаре [5, 6]. Опишем это.

Пусть управление подразделением на пожаре определено на дискретном множестве времён:

$$T = \{0, 1, \dots, t, \dots, N_k\}. \quad (1)$$

СППР будем определять следующими массивами

$$P = \{I, O, D, V_D, r\},$$

где  $I$  – множество входных воздействий (количество личного состава, пожарной техники и оборудования, параметры окружающей среды и пожара и т.п.)  $i(\tau)$ ,  $\tau \in T$ ;

$O$  – множество выходных величин  $i(t)$  (интенсивность и расход огнетушащих веществ, скорость роста площади пожара, и т.п.);

$D$  – множество состояний  $O(t)$  (развёртывание, спасение, тушение и т.п.);

$V_D: D \times I \rightarrow D$  - переходная функция, определяющая будущие состояния системы пожаротушения;

$g: D \rightarrow O$  – выходная функция системы пожаротушения.

$I, D, O$  – множества функций, значениями  $\varphi$  и  $g$  служат:

$$D(\tau) = \varphi(0, \tau, x(0), i(\tau)), \quad (2)$$

$$O(\tau) = g(0, \tau, x(0), i(\tau)). \quad (3)$$

Массив представляет собой математическое описание динамической системы пожаротушения резервуара с двойной стенкой в дискретном времени  $T$ . Система, находясь в момент  $t = 0$  в состоянии  $x(0)$  (например ресурсы в месте дислокации) и получая входное воздействие  $i(\tau)$  на интервале от  $t = 0$  до  $t = \tau$  (сообщение о пожаре), в момент  $\tau$  оказывается в состоянии  $\varphi(0, \tau, x(0), i(\tau))$  со значением выхода  $g(0, \tau, x(0), i(\tau))$ .

На множества входных воздействий системы налагаются ограничения  $I(\tau) \in I' \subset I$ , где  $I'$  – подмножество  $I$ , называемое подмножеством допустимых значений (ранг и параметры пожара, вид объекта, на котором произошёл пожар, и т.п.).

Пусть  $Y \subset D \times O$  – множество целей, ограничения на допустимые значения состояния и выходов (основная задача на пожаре, вид оперативно-тактических действий и т.п.).

Эффективность управления оценивается заданной тактической функцией  $V_D$  (например, факторами обстановки пожара [7], определённой на  $T \times I \times O \times D$  так, что:

$$V_D: T \times I \times O \times D \rightarrow M,$$

где  $M$  – множество тактических чисел.

Задачу управления  $Z$  системой  $P$  определим как следующую: определить допустимое управление  $i(\tau) \in I$ , преобразующее начальное состояние  $x(0)$  в  $Y$  за время  $t \in T$  и экстремизирующее функционал  $F$ .

Задачу управления  $Z$ , определяемую массивом  $\{P, I, Y, V_D\}$ , назовём исходной задачей на тушение, а систему пожаротушения, поведение которой подчинено решению  $Z$ , – целенаправленной динамической системой. Условие управляемости для существования решения задачи управления  $Z$ :

$$\forall(\tau, x)(\exists P)(\exists I\tau, P)[\varphi(x(\tau), I\tau, P)] = 0, P \geq \tau, \quad (4)$$

где  $I\tau, p$  – отрезок входного воздействия на интервале  $[\tau, p] \in T$ . Данное условие означает, что для любого начального события  $(\tau, p)$  существует отрезок входного воздействия (сообщение диспетчера, указание РТП и т.п.)  $I\tau, p$ , приводящий систему в начало координат в момент  $P$ .

Для стационарных линейных систем с дискретным временем (плана пожаротушения) это условие эквивалентно следующему:

$$\text{rang } \Pi = \dim D = n^k,$$

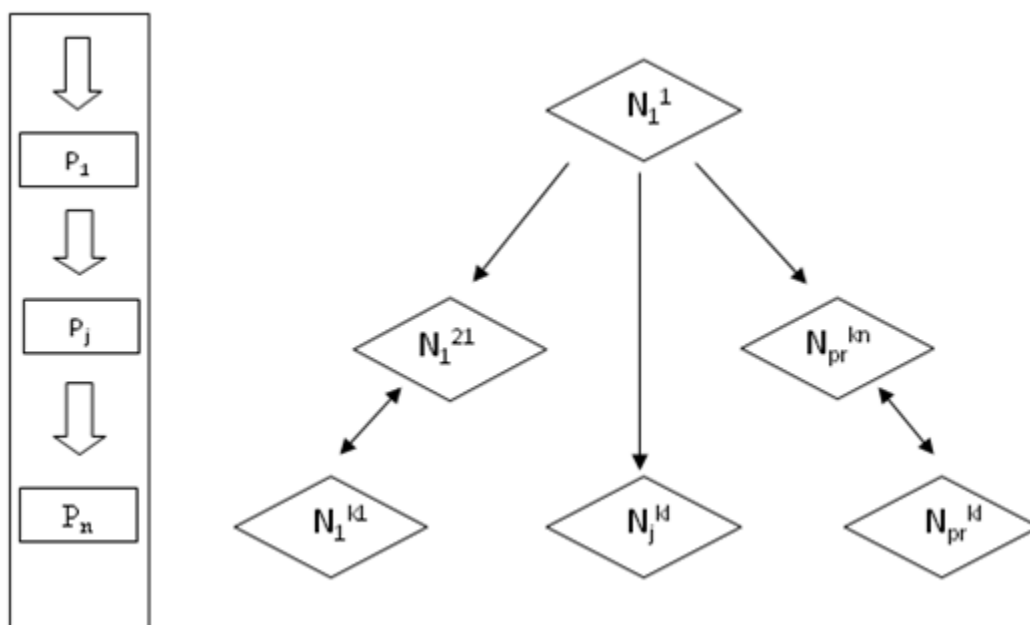
где  $\Pi$  – матрица управляемости Калмана для системы  $P$  [8, 9].

$$\Pi = [F^{n_K-1}B | \dots | FB | B] - n^K \times n^K \Pi_K. \quad (5)$$

Условие существования задачи оптимального управления (или условие достижимости) записывается в виде:

$$(\forall (\tau, x)) (\exists I\tau, p_k) [(\varphi(x(\tau), I\tau, \Pi_k), r(\varphi(x(\tau), I\tau, \Pi_k))) \in Y]. \quad (6)$$

Предполагая, что исходная задача управления полностью определена и модель  $P$  адекватна реальному объекту, данную информационную систему можно представить в виде иерархии регуляторов [10] (рис. 2.)



**Рис. 2.** Информационная система управления на пожаре в резервуарном парке

Стрелкой  $\rightarrow$  обозначены информационные связи, а стрелкой  $\Rightarrow$  – последовательность оперативно-тактических действий.

Для каждого регулятора уровня управления (лицо, принимающее решение каждого уровня) совокупность регуляторов уровня (начальник сектора, участка тушения) ему подчиненных и управляемых им подсистем является объектом управления, в аспекте теории управления одноуровневыми (традиционными) системами:  $P = \{P_1, \dots, P_j, \dots, P_n\}$  – объект управления, состоит из  $n$  взаимодействующих подсистем.

Под термином "регулятор" понимается система управления, включающая в себя блоки, характерные для адаптивного управления [11]. Каждый регулятор решает задачу управления на горизонте управления в дискретном времени. Таким образом СППР рекомендуется синтезировать как совокупность независимо решаемых на различных интервалах времени задач управления с различными видами связей между сотрудниками прибывающих подразделений дежурных смен. И тем самым предлагается построить иерархическую систему управления позволяющую распределить функции управления на различных этапах пожаротушения в резервуаре.

При построении моделей уровней управления и для перехода по ним предлагается рассматривать модель значительно меньшей размерности и формировать задачи управления на всех уровнях в форме, аналогичной исходной задаче управления. Приведённая структура системы управления позволит рационально формировать управленческое решение при использовании компьютерной системы поддержки принятия решений с различными видами связей между сотрудниками в подразделениях, между уровнями подчиненных подсистем при формировании модели управленческого решения при пожаротушении двустенного резервуара.

#### Литературы

1. *Акофф Р., Эмери Ф.* О целеустремленных системах. М.: Сов. радио, 1974. 271 с.
2. *Андон Ф.И., Яшунин А.Е., Резниченко В.А.* Логические модели интеллектуальных информационных систем. К.: Наук. думка, 1999. 398 с.
3. *Гончаров В.В.* В поисках совершенства управления: руководство для высшего управленческого персонала: в 2-х т. М.: МНИИПУ, 1997. Т. 1. 768 с.; т. 2. 736 с.
4. *Денисов А.Н.* Управление пожарными подразделениями (выезд и следование): монография. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. 87 с.
5. *Белозеров В.В., Глушко А.А., Кононенко Р.А.* Дифференциальная модель оценки выполнения оперативно-тактических задач противопожарной службы // Сб. матер. 13-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности" – СБ-2004. М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. С. 285-288.
6. *Мамиконов А.Г.* Принятие решений и информация. М.: Наука, 1983. 184 с.
7. *Григорьев А.Н., Громоушенко О.Л.* Влияние различных факторов обстановки пожара на возможности пожарных подразделений по тушению крупных пожаров // Пожаровзрывобезопасность. Т. 9. № 6. 2000. С. 4-7.
8. *Поспелов Д.А.* Ситуационное управление: Теория и практика. М.: Наука, 1986. 288 с.
9. *Мисриханов М.Ш.* Инвариантное управление многомерными системами. Алгебраический подход. М.: Наука, 2007.
10. *Воронов А.А.* Устойчивость, управляемость, наблюдаемость. М.: Наука, 1979. 336 с.
11. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений: учебник. М.: Логос, 2002. 392 с.