

УДК 630\*432.0

**Г.Д. Главацкий, Ю.Т. Цай, В.М. Груманс**

Главацкий Григорий Демьянович родился в 1943 г., окончил в 1970 г. Красноярский сельскохозяйственный институт, доктор сельскохозяйственных наук, директор ВНИИПОМлесхоза, академик РАЕН и МАНЭБ. Имеет более 200 печатных работ по проблемам механизации сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства, охраны лесов от пожаров.



Цай Юрий Тимофеевич родился в 1946 г., окончил в 1968 г. Красноярский сельскохозяйственный институт, кандидат технических наук, профессор, заведующий отделом организации лесопожарных работ и экономических исследований ВНИИПОМлесхоза, академик МАНЭБ. Имеет 140 печатных работ в области механизации сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства, охраны труда и безопасности жизнедеятельности лесных пожарных.



Груманс Виктор Михайлович родился в 1951 г., окончил в 1974 г. Красноярский государственный университет, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела организации лесопожарных работ и экономических исследований ВНИИПОМлесхоза. Имеет около 100 печатных работ по проблеме охраны лесов от пожаров.

**ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МЕРОПРИЯТИЙ  
ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ  
ЛЕСНЫХ ПОЖАРНЫХ**

Составлена общая модель оптимизации мероприятий по безопасности лесных пожарных. Описаны критерии оптимального выбора средств защиты, режимов труда, отдыха, питания людей на тушении лесных пожаров.

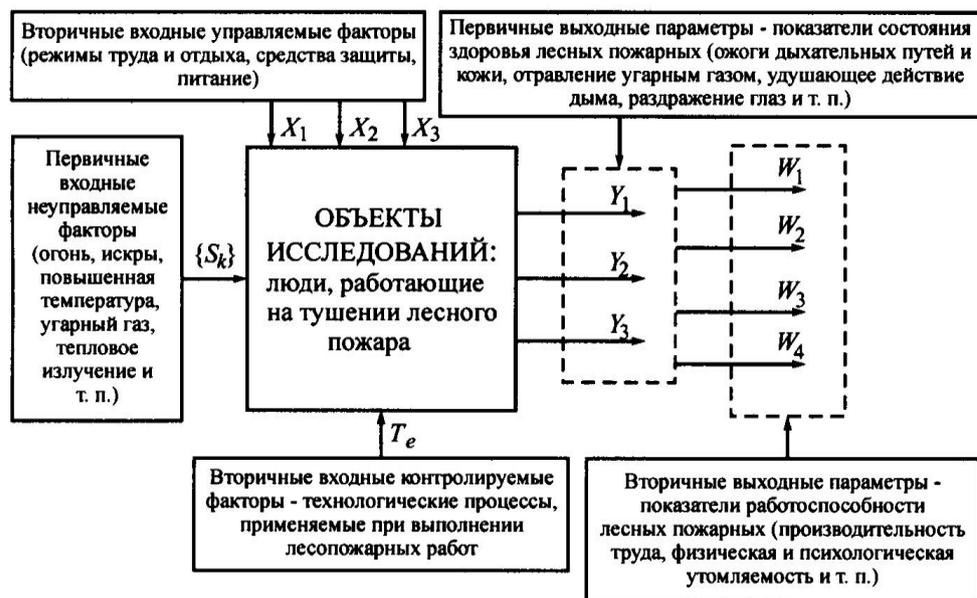
*Ключевые слова:* мероприятия, безопасность, лесные пожарные, критерии, оптимальность, средства защиты, режимы труда и отдыха, питание.

Основной задачей мероприятий по охране труда и технике безопасности людей, занятых на тушении лесных пожаров, является снижение отрицательного влияния неблагоприятных факторов лесного пожара и окружающей среды (тепловое излучение, прямой контакт с огнем и горящими частицами, высокая температура, задымленность и загазованность, воздействие кровососущих насекомых и т. д.) [2]. Эти факторы являются неуправляемыми (неконтролируемыми) и имеют случайный характер, обозначим их как  $\{S_k\}$ . К контролируемым факторам относятся технологические процессы, применяемые при выполнении лесопожарных работ и обозначаемые

$\{T_e\}$ . Для нейтрализации неблагоприятных факторов или снижения их отрицательного воздействия на физическое и психологическое состояние лесных пожарных должны проводиться мероприятия, заключающиеся в обеспечении пожарных средствами защиты, оптимизации режимов труда и отдыха, суточного рациона питания. Система этих мероприятий обозначается  $\{X_i\}$ . При этом  $X_i$  являются управляемыми факторами, и их выбор – важная задача при организации работ на лесном пожаре. В общем случае факторы  $X_i$  представляются как набором дискретных величин, принимающих различные значения, так и функциями от времени (например при формализации режимов труда и отдыха).

При отсутствии мероприятий по охране труда и обеспечению безопасности жизнедеятельности лесных пожарных возможны ожоги дыхательных путей и кожи, отравление угарным газом, удушающее действие дыма, раздражение глаз и т. п. (совокупность этих последствий обозначим  $\{Y_m\}$ ). В результате ухудшается общее самочувствие людей, наступает физическое и психологическое утомление, снижаются работоспособность и производительность труда. Модель объекта исследований представлена на рисунке. Задача оптимизации комплекса мероприятий по охране труда лесных пожарных решается методом системного анализа [4].

2



Модель объекта исследований

Учет влияния используемых средств защиты на состояние здоровья вследствие влияния  $S_k$  неблагоприятных факторов при выполнении  $T_i$  технологий лесопожарных работ определяется вероятностью его ухудшения, которая выражается долей соответствующих случаев при проведении серии

наблюдений. В качестве критерия оптимальности при выборе средств защиты целесообразно использовать среднюю производительность ( $W_1$ ) в процессе тушения лесного пожара:

$$W_1(X_1) = \Phi(X_1, S_k, T_l),$$

где  $X_1 = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  – набор различных типов средств защиты.

В свою очередь,  $x_i$  представляет различные варианты (марки) средств защиты данного типа. Например, для защиты органов дыхания могут применяться противогазы, воздушные фильтры, маски и т. п. В общем виде статистическая зависимость показателей ухудшения состояния лесных пожарных по  $j$ -му виду отрицательного воздействия может быть представлена следующим образом:

$$Y_j = F_j(X_1, S_j, T_k).$$

Для получения указанных зависимостей помимо экспериментальных данных используется метод экспертных оценок, при котором устанавливается степень снижения работоспособности или ее полная потеря и рассчитывается доля снижения производительности труда [1].

В целях учета влияния организации производственного процесса на работоспособность пожарных введем функцию  $X_2(t)$ , задающую режим труда и отдыха при тушении лесного пожара. Эта функция принимает значение 1, если лесной пожарный выполняет в этот момент технологическую операцию, и равна 0 в период отдыха, т. е.

$$X_2(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } t_{2k-1} \leq t < t_{2k} \\ 0 & \text{при } t_{2k} \leq t < t_{2k+1}, k = 1, 2, 3, \dots \end{cases}$$

Задавая различные варианты функции  $X_2(t)$ , получаем функционал производительности  $J_2(X_2(t))$  при выполнении основных операций по тушению лесных пожаров. Для получения значений данного функционала проводятся экспериментальные исследования при различных вариантах режимов труда и отдыха, т. е. при разных реализациях функции  $X_2(t)$ . В качестве критерия оптимальности принимается средняя производительность ( $W_2$ ) на тушении пожара:

$$W_2(X_2) = \int_0^T J_2(X_2(t)) dt / T,$$

где  $T$  – продолжительность тушения пожара.

При оптимизации режима питания на основе экспериментальных данных устанавливается статистическая зависимость производительности труда ( $W_3$ ) от времени приема пищи ( $t_i$ ), калорийности суточного рациона ( $K_j$ ), состава продуктов ( $N_k$ ). Эта зависимость в общем виде выражается функционалом

$$W_3(X_3) = J_3(X_3, S_k, T_e), \text{ где } X_3 = (t_i, K_j, N_k).$$

Проведенными исследованиями установлено, что оптимальные решения по каждому виду рассмотренных мероприятий, которые выражаются совокупностью параметров  $\{X_{ij}\}$ , не зависят друг от друга, поэтому в качест-

ве общего критерия оптимальности системы целесообразно использовать выражение

$$W(X_i) = W_1(X_1) \cap W(X_2) \cap W(X_3).$$

Это означает, что общая задача оптимизации сводится к последовательному решению частных задач оптимизации по отдельным управляемым параметрам [3]. Например, сначала выбираются средства защиты, затем устанавливается порядок и рационы питания лесных пожарных, затем определяются оптимальные режимы труда и отдыха при тушении пожаров.

Каждая из этих задач имеет самостоятельное значение, позволяет установить оптимальные управляемые параметры. Композиция рассмотренных моделей определяет комплекс мероприятий по охране труда и безопасности жизнедеятельности лесных пожарных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бешелев, С.Д.* Математико-статистические методы экспертных оценок [Текст] / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1974. – 159 с.
2. *Главацкий, Г.Д.* Охрана труда и безопасность лесных пожарных [Текст] / Г.Д. Главацкий, Ю.Т. Цай, Л.А. Липина. – Красноярск, 2001. – 158 с.
3. *Кузнецов, А.В.* Высшая математика: математическое моделирование [Текст] / А.В. Кузнецов, В.А. Сакович, Н.И. Холод. – Мн.: Высш. шк., 1994. – 324 с.
4. *Таха, Х.* Введение в исследование операций [Текст]: в 2 кн. / Х. Таха. – М.: Мир, 1985. – Кн. 1. – 479 с.; кн. 2. – 496 с.

2\*

ФГУ ВНИИПОМлесхоз

Поступила 27.04.05

*G.D. Glavatsky, Yu.T. Tsay, V.M. Grumans*  
**Optimization of Labor Protection and Safety Measures System  
for Forest Fire Fighters**

The general model for optimization of safety measures system for forest fire fighters is developed. The criteria for optimal selection of protection means, labor and rest conditions, meals in forest fire extinguishing are described.

---