

УДК 622.61

И. Т. Севрюков, доктор технических наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций, Москва

В. В. Ильин, кандидат технических наук, доцент, Пермский военный институт внутренних войск МВД РФ

В. В. Козлов, доктор технических наук, Пермский военный институт внутренних войск МВД РФ, Пермский институт экономики и финансов

А. Л. Погудин, Пермский военный институт внутренних войск МВД РФ

В. И. Ладанов, Пермский военный институт внутренних войск МВД РФ

ФОРМАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ХРАНЕНИЯ БОЕПРИПАСОВ

Задача оперативного управления безопасностью хранения боеприпасов заключается в своевременном выявлении опасностей и причин их возможного инициирования, осуществление управленческих решений, направленных на их устранение и предотвращение дальнейшего развития аварийной ситуации. Это задача управления безопасностью в условиях неопределенности. Неопределенности связаны, во-первых, с причинами инициирования боеприпасов (P'_j), во-вторых, – с неопределенностью перехода инициирования j -го боеприпаса в аварийную ситуацию (S_j), в-третьих, – с неопределенностью, к какой аварийной ситуации приведет инициирование j -го боеприпаса.

Рассмотрим рассредоточенную группу боеприпасов как многокомпонентную систему. В рамках методологии теории систем любой объект управления можно рассматривать как систему, под которой в наиболее общем случае понимают [1]:

$$W_{oy} = D \cdot V \cdot C \cdot G_{oy} \cdot T_{oy} \cdot U \cdot Z, \quad (1)$$

где W_{oy} – декартово произведение множеств; D – множество компонентов системы рассредоточенной группы боеприпасов ($d \in D$); V – множество внутренних и внешних возмущающих воздействий на РГБ ($v \in V$), при этом

$$V = \{v_T^{BH}, v_{6n}^{BH}, v_T, v_{6n}\}, \quad (2)$$

где v_T^{BH} – внутренние воздействия на технологическое оборудование; v_{6n}^{BH} – внутренние воздействия на систему боеприпасов; v_T – внешние воздействия на технологическое оборудование; v_{6n} – внешние воздействия на систему боеприпасов;

C – множество параметров состояния элементов D (системы РГБ) ($c \in C \cap C \subset D$), при этом: $C \supset X \cap C \supset B$, где X – показатели безопасности РГБ;

Z – параметры РГБ, определяющие ее состояние. В свою очередь, $Z = \{z_T, z_{6n} \mid z_T \in Z_T \cap z_{6n} \in Z_{6n}\}$, где z_T – элементы множества состояний технологи-

ческого оборудования Z_T ; z_{6n} – элементы множества состояний системы боеприпасов Z_{6n} ;

$G_{oy} = \{g_{oy} \mid g_{oy} \in D \cap g_{oy} \in V \cap g_{oy} \in C\}$ – множество отображений, осуществляемых на D, V, C ;

$T_{oy} = \{t_{oy}\} T_{oy} = \{t_{oy} \mid t_{oy} \in D \cap t_{oy} \in V \cap t_{oy} \in C\}$ – множество отношений над элементами D, V, C .

U – множество управляющих параметров ($u(t) \in U$), $U = \{u_T, u_{6n} \mid u_T \in U_T \cap u_{6n} \in U_{6n}\}$, где u_T – элементы множества управляющих воздействий на технологическое оборудование U_T ; u_{6n} – элементы множества управляющих воздействий на боеприпасы.

В результате управления безопасностью РГБ должно быть достигнуто такое функционирование объекта (рис. 1), при котором показатель безопасности X при воздействиях V будет максимально приближен к требуемому значению X_0 .

Подсистемы в составе объекта управления (РГБ) осуществляют следующие отображения:

$$G_{Z_{6n}} : v_{6n} \times v_{6n}^{BH} \times z_T \times u_{6n} \rightarrow Z_{6n},$$

$$G_{Z_T} : v_T \times v_T^{BH} \times z_{6n} \times u_T \rightarrow Z_T,$$

где z_T, z_{6n} – множества, определяющие взаимодействие системы боеприпасов и технологического оборудования.

Для того чтобы управлять системой боеприпасов, необходимо принимать и реализовывать соответствующие управленческие решения (P), которые определяются поступающими от системы информационными сигналами (Z) [2]:

$$P = F(Z). \quad (3)$$

На практике информационный сигнал (Z) о состоянии системы поступает дискретно через определенные промежутки времени или в виде вербального сообщения, получаемого за счет визуального осмотра, снятия показаний с контрольно-измерительных приборов или данных систем диагностирования.

Факторы риска возникновения аварийной ситуации при хранении боеприпасов имеют ряд особенно-

стей. Первая заключается в том, что отдельные аварийные ситуации в РГБ, соответствующие наихудшим возможным сценариям развития аварии, могут быть вызваны как внешними причинами, так и являться следствиями внутренних причин.

Второй отличительной особенностью является возможность многовариантности развития аварийной ситуации. Так, отдельные факторы риска могут иметь как дальнейшее развитие с более тяжелыми последствиями, так и непосредственно приводить

к тому или иному виду риска с меньшими экологическими и социальными последствиями.

Третьей особенностью является то, что часть причинно-следственных связей не считаются жесткими. Они могут иметь или не иметь место в зависимости от аварийных ситуаций. Для формализации причинно-следственных связей в процессе анализа и оценки риска в работе рассматриваются вероятностные модели оценки. Стратегия управления безопасностью хранения РГБ представлена на рис. 2.

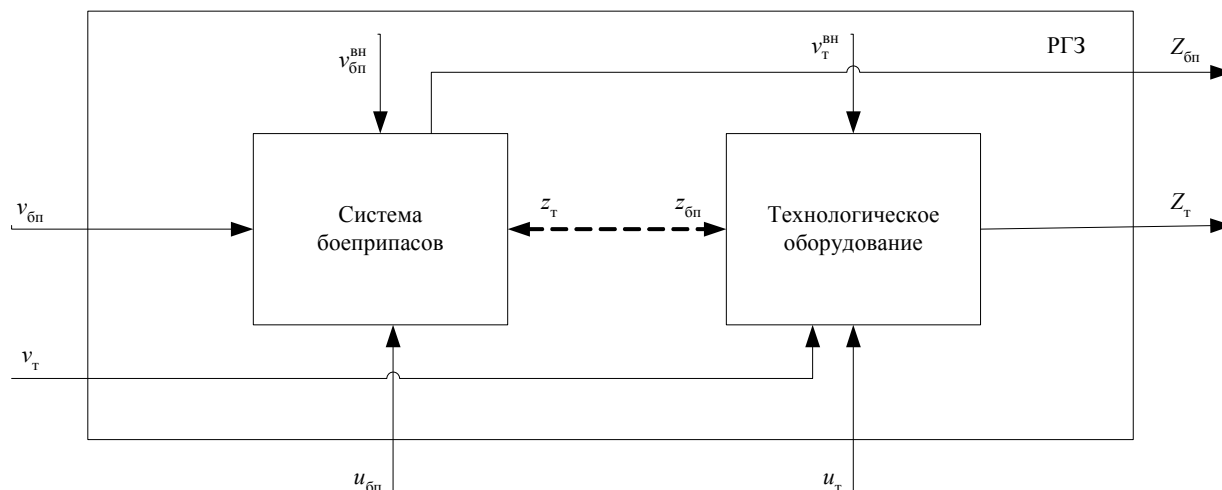


Рис. 1. Модель объекта управления (РГБ)

Оптимальное управление безопасностью РГБ прежде всего связано с обоснованием оптимального значения показателя риска аварии и должно включать следующие положения [3]:

- анализ опасных явлений РГБ и разработка математических моделей с последующим подтверждением их адекватности;
- выявление критичных процессов в общей схеме развития аварийной ситуации в РГБ;
- определение методов воздействия на систему РГБ и синтез алгоритмов управления с последующей проверкой эффективности влияния управления на развитие аварийной ситуации;
- процесс управления должен базироваться на мониторинге состояния системы и прогнозировании развития аварийной ситуации.

Задача оперативного управления безопасностью хранения РГБ должна решаться путем анализа всех возможных аварийных ситуаций и сценариев их развития. В соответствии с этим управление безопасностью РГБ заключается в реализации следующих основных стадий управления:

- управление по недопущению инициирующих воздействий на боеприпасы;
- управление по ликвидации причин воздействия на боеприпасы;
- предотвращение цепного процесса развития аварийной ситуации.

Формализованная постановка задачи оперативного управления безопасностью хранения РГБ, то есть предотвращения возникновения аварийных ситуаций

и их развития, приводящих к k -му виду риска, может быть сформулирована как задача минимизации ущербов k -го вида в результате аварийной ситуации при обеспечении приемлемого или допустимого значения различных видов рисков:

$$(\bar{u}^z)^* = \text{Arg min}(Y^{kz}(\bar{x}^z, \bar{d}^z, M, F_{ij}, Z^z) \in T.$$

Минимизация возможного ущерба от аварийной ситуации в общем случае достигается за счет принятия управляющих решений $(\bar{u}^z)^*$, обеспечивающих:

- поддержание в заданных диапазонах значений параметров условий хранения боеприпасов (\bar{x}^z) в z -м хранилище в соответствии с конструктивными особенностями боеприпасов (\bar{d}^z) и предотвращение их выхода за пределы установленных значений;
- уменьшение массы (M) опасных, диспергированных, горючих и легковоспламеняющихся веществ, поступивших в окружающее пространство путем оперативного принятия решений по управлению безопасностью [4];
- уменьшение количества поражающих факторов (n) масштабов их воздействий (F_{ij}) различного вида

и сценариев развития аварии. Обеспечивается организацией правильных действий в ЧС (эвакуация персонала, обеспечение средствами защиты), а также на этапе проектирования и реконструкции сооружений хранения;

– минимизация затрат (Z^z) на ликвидацию последствий ущерба в результате аварии. Достигается за счет оперативных управляющих решений.

Оптимизируемой переменной в задаче оптимального управления безопасностью хранения РГБ является вектор управляющих решений по управлению безопасностью на всех этапах возникновения и развития аварийной ситуации.

В целом оптимальное управление безопасностью РГБ подразумевает:

– анализ опасных явлений РГБ и составление математической модели с последующим подтвер-

ждением адекватности аналитических выражений модели путем проведения вычислительного эксперимента;

– выявление критичных процессов в общей схеме развития аварийной ситуации;

– определение методов воздействия на систему РГБ и синтез алгоритмов управления с последующей проверкой эффективности влияния управления на развитие аварийной ситуации;

– собственно процесс управления должен базироваться на мониторинге состояния системы и прогнозировании развития аварийной ситуации.

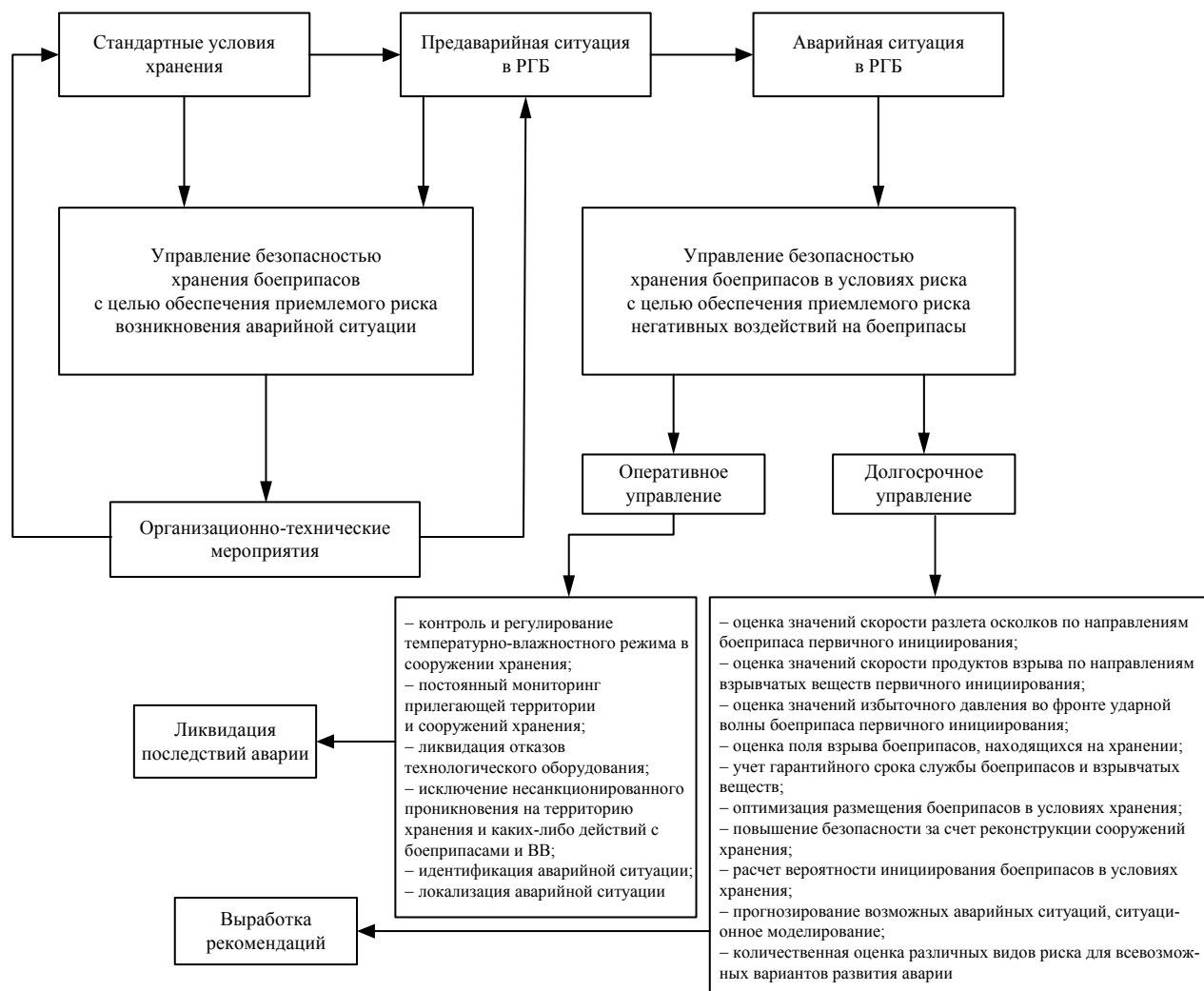


Рис. 2. Стратегия управления безопасностью хранения РГБ

Библиографические ссылки

1. Егоров А. Ф., Савицкая Т. В., Михайлова П. Г. Модели и методы решения задач оперативного управления безопасностью непрерывных химико-технологических систем // Моделирование систем. – 2005. – № 6. – С. 50–54.

2. Севрюков И. Т., Козлов В. В. Принципы сопоставления, выбора и совместимости поражающих факторов мно-

гофакторного поля поражения // Оборонная техника. – 2009. – № 7. – С. 41–45.

3. Памтуро В. И. Оптимальное управление безопасностью АЭС и вероятностный анализ риска // Доп. НАН Украина. – 2001. – № 5. – С. 185–191.

4. Акимов В. А., Лесных В. В., Радаев Н. Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. – Деловой экспресс, 2004. – 302 с.

Получено 05.11.2014