

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 519.81:614.8.084

СХЕМА ВЫРАБОТКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СИНТЕЗА СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

МАТВЕЕВ А.В.,

Представлены результаты решения задачи структурно-функционального синтеза системы обеспечения безопасности потенциально опасного объекта. Разработана структурная схема, отражающая содержание основных этапов выработки управленческих решений на разработку и функционирование системы обеспечения безопасности. Предложенный подход заключается в том, что в нем на конструктивном уровне через количественное оценивание формируется формализованный замысел и решения лица, принимающего решения и ответственного за обеспечение безопасности потенциально опасного объекта, на применения сил и средств в интересах обеспечения требуемого уровня безопасности потенциально опасного объекта.

Ключевые слова: структурно-функциональный синтез; модель; эффективность функционирования; система обеспечения безопасности; потенциально опасный объект; методология; угрозы; лицо, принимающее решения (ЛПР); управленческие решения; силы и средства; безопасность.

THE SCHEME OF MANAGEMENT SOLUTIONS PRODUCTION ON BASIC STRUCTURAL AND FUNCTIONAL SYNTHESIS OF SYSTEM OF SECURITY OF A POTENTIALLY DANGEROUS OBJECT

MATVEEV A. V.

The article presents results of the problem of structural and functional synthesis system of security of potentially dangerous object. The structural diagram showing the contents of the main stages of production management solutions for the development and operation of security system was received. The proposed approach is that it on the constructive level through quantitative evaluation formed a formal concept and solution of the decision maker and responsible for the security of a potentially dangerous object to use of forces and recourses in the interests of ensure required level of security of a potentially dangerous object.

Keywords: structural and functional synthesis, model, efficiency of functioning, security system, potentially dangerous object, methodology, threatening, decision maker, management solutions, forces and recourses, security.

В последнее десятилетие в России и во всем мире проявилась негативная тенденция увеличения потерь от стихийных бедствий, аварий и катастроф. В качестве одной из причин этого явления следует назвать направленность государственной политики обеспечения безопасности населения и объектов хозяйства в основном на ликвидацию последствий ЧС, а не на их профилактику. Необходимость экономии расходов государства потребовала переоценки представлений о сложившемся (как правило, стихийно) соотношении затрат на превентивные меры (по снижению рисков и смягчению последствий ЧС) и на ликвидацию последствий ЧС. Целесообразность проведения мер защиты должна быть обоснована с учетом экономических (в условиях жестких финансовых ограничений) и социальных факторов. Известно, что повышение уровня защищенности объектов на один порядок требует больших усилий в научно-технической сфере и существенных затрат, сопоставимых с 10–20 % стоимости проекта.

Понятие «безопасности объекта» в широком смысле слова довольно объемно и подразумевает обеспечение защиты от различных внешних угроз. В этом контексте можно рассматривать техногенную, экономическую, социальную, информационную, экологическую безопасность, а также другие виды безопасности объектов. Тем не менее, вопросы обеспечения безопасности стратегически важных объектов ядерного, оборонного, энергетического, нефтехимического и газового комплексов приобретают особую актуальность.

В условиях реальных угроз совершения террористических актов, возросшей аварийности хозяйственной деятельности и существенного увеличения в связи с этим числа потенциально опасных объектов (ПОО) возможности сложившейся системы обеспечения безопасности оказались недостаточными.

Существуют два полярных подхода к проблеме обеспечения безопасности ПОО – фрагментарный и комплексный [1].

Первый направлен на противодействие четко определенным угрозам в заданных

условиях. Достоинством такого подхода является высокая избирательность к конкретной угрозе. Существенным недостатком данного подхода является отсутствие единой защитной среды. Фрагментарные меры защиты обеспечивают эффективную защиту конкретных элементов структуры ПОО только от конкретной угрозы.

Второй подход получил широкое распространение вследствие недостатков, присущих фрагментарному. Он ориентирован на создание защитной среды, объединяющей в единый комплекс разнородные технические средства и меры противодействия всему спектру возможных угроз. Организация защитной среды позволяет гарантировать определенный уровень безопасности ПОО, что является несомненным достоинством комплексного подхода. К недостаткам этого подхода следует отнести сложность управления и высокие требования к действиям лиц, принимающих решения (ЛПР). При этом, безусловно, предпочтение отдается системному (комплексному) подходу.

Системный подход к защите ПОО базируется на следующих методологических принципах:

- конечной цели – абсолютного приоритета конечной (глобальной) цели;
- единства – совместного рассмотрения системы как целого и как совокупности частей (элементов);
- связности – рассмотрения любой части системы совместно с ее связями с окружением;
- модульного построения – выделения модулей в системе и рассмотрения ее как совокупности модулей;
- иерархии – введения иерархии частей (элементов) и их ранжирования;
- функциональности – совместного рассмотрения структуры и функции с приоритетом функции над структурой;
- децентрализации – сочетания в принимаемых решениях и управлении централизации и децентрализации;
- неопределенности – учета неопределенностей и случайностей в системе.

В настоящее время требуются разработки единого аппарата для оценивания уровня опасности всего спектра существующих

угроз ПОО и эффективности применяемой совокупности средств и мер защиты в составе комплексной системы обеспечения безопасности ПОО.

Любая сложная система (а рассматриваемая система, очевидно, таковой и является) в своем развитии от зарождения идеи по ее созданию до непосредственного применения проходит ряд этапов, которые составляют своего рода жизненный цикл сложной системы [2,3]. На протяжении этого цикла проводятся исследования, направленные на принятие рациональных решений. Исходя из особенностей цели и задач исследований, жизненный цикл сложной системы может быть представлен следующими основными этапами [2,3]:

- 1) выбор облика системы,
- 2) проектирование элементов системы,
- 3) изготовление элементов системы,
- 4) эксплуатация элементов в составе системы,
- 5) непосредственное применение элементов в составе системы.

Этапы представляют собой замкнутый цикл, в котором условия функционирования системы на этапе непосредственного применения являются исходными для этапа выбора облика системы. Неверное решение, принятое на этапе выбора облика системы, равносильно дальнейшему созданию нерациональной системы в целом [3]. Формирование облика системы позволяет определить пути решения проблем, для решения которых создается система [4]. В рамках данной статьи представлены результаты решения задачи структурно-функционального синтеза системы обеспечения безопасности. При реализации данного подхода предполагается рассмотрение процесса формирования модели СОБ в конфликтной среде (в условиях существования внешних угроз ПОО) в трех уровнях:

1. Абстрактный (методология теории)
2. Абстрактно-конкретный (методическое обеспечение теории).
3. Конкретный (алгоритмическое обеспечение теории).

Рассмотрим аспекты абстрактного уровня моделирования. Требуется ввести соответствующее определение облика системы.

Определение 1. *Обликом системы бу-*

дем называть ориентировочные, основополагающие характеристики системы и отношений между ее элементами, определяющие возможности системы и механизмы реализации этих возможностей [5,6].

Рассмотрим использование понятие облика системы применительно к системе обеспечения безопасности. С этой целью введем следующее определение.

Определение 2. *Система обеспечения безопасности (СОБ) – это множество элементов, средств, приспособленных и технически пригодных для защиты от негативных воздействий среды, находящихся в отношениях и связях друг с другом и образующих определённую целостность, единство [4,5].*

Будем характеризовать СОБ на каждый момент времени $t \in T$ вектором состояния x , компонентами которого являются:

- компоненты, отражающие расположение элементов СОБ и технических средств в пространстве;
- компоненты, отражающие состояния агрегатов и подсистем СОБ, зон воздействия внешней среды, влияния и т.п.

В процессе функционирования в момент времени $t \in T$ (T – допустимая длительность функционирования системы) вектор x принимает значение из множества допустимых значений X . Тогда процесс функционирования СОБ будет характеризоваться парой элементов из множеств T и X , которую определим следующим образом.

Определение 3. Множество $R = X \times T$ (декартово произведение множеств X и T) есть множество допустимых значений *пространственно-временных состояний* (ПВС) СОБ, зон воздействия, влияния и т.п. в процессе решения целевой задачи по обеспечению безопасности.

На множестве R в процессе синтеза СОБ формируется множество требуемых пространственно-временных состояний СОБ, которое определим следующим образом.

Определение 4. Множество требуемых пространственно-временных состояний (ПВС) СОБ, зон воздействия, влияния и т.п. при решении целевой задачи по обеспечению безопасности $Q \subset R$ называется *районом сосредоточения основных усилий* (PCOU) СОБ.

PCOU – первое из трех базовых понятий

предлагаемого подхода. Оно отражает сущность функционирования СОБ. Множество Q представляет собой модель действия СОБ в силу следующего. Объект существует в пространстве и времени. Движение, в свою очередь, есть изменение пространства и времени [7]. Поэтому декартово произведение множества требуемых ПВС определяет движение (изменение состояний агрегатов и подсистем СОБ, зон воздействия внешней среды, влияния и т.п.), которое зависит от соответствующих управляющих воздействий.

Так как обычно процесс функционирования характеризуется, в первую очередь способом, то определим его и сравним с РСОУ.

Определение 5. *Способ действий* – это порядок и приемы использования системы для решения целевых задач [5].

Сопоставляя определения РСОУ и способ действий можно увидеть в этих понятиях общую сущность, при этом характеристики РСОУ носят конструктивный характер и могут быть вычислимы.

На каждом элементе множества Q СОБ функционирует с определенной производительностью, определение которой следующее.

Определение 6. *Производительностью* СОБ называется величина (функция), характеризующая способность решения определенного количества целевых задач СОБ в единицу времени.

Производительность системы зависит от возможностей СОБ и механизмов реализации этих возможностей. Поэтому приведем соответствующие определения.

Определение 7. *Возможности* СОБ – это количественные и качественные показатели, характеризующие способность СОБ по выполнению определенных целевых задач за установленное время в конкретной обстановке. Количественно оцениваются вектором возможностей $v(r) \in V$, где V – ограниченное, замкнутое множество возможностей, $r \in Q$ – вектор требуемых ПВС СОБ.

Определение 8. *Эффективность функционирования* (ЭФ) СОБ есть степень реализации возможностей системы в процессе решения целевых задач по обеспечению

безопасности. Оценивается показателем I , характеризующим выполнение целевых задач с учетом затрат материальных средств, различных ресурсов и времени. ЭФ – второе базовое понятие предлагаемого подхода.

Определение 9. *Управление* СОБ – это целенаправленное воздействие разработчика, руководителя СОБ на систему с целью обеспечения требуемой ЭФ в различных условиях обстановки. Реализуется вектором управления $u(r) \in U$, где U – замкнутое, ограниченное множество управлений, $r \in Q$ – вектор требуемых ПВС СОБ.

Естественно предположить, что СОБ в каждой точке пространственной области Q функционирует в соответствии со своим целевым предназначением с определенной производительностью, характеризуемой функцией $\varphi(r)$. $\varphi(r)$ – плотность распределения производительности СОБ в пространстве. Если с каждой точкой определенной пространственной области связана некоторая скалярная или векторная величина, то говорят, что задано поле этой величины, соответственно, скалярное или векторное. Таким образом, предположим, что СОБ в процессе функционирования формирует некоторое поле эффективности $I(Q)$, где $Q \subset R$.

Зная свойства поля и проинтегрировав его потенциал поля эффективности $\varphi(r)$ по области Q можно получить результат действия СОБ по всей области Q (РСОУ). Поэтому применим понятие потенциала поля для определения свойств СОБ.

Определение 10. Функция $\Phi(u(r), v(r), r)$ – *потенциал поля эффективности* (ППЭ) моделируемой СОБ, где $u(r)$, $v(r)$ – вектора управления и возможностей СОБ, а $r \in Q$ – вектор требуемых ПВС СОБ. ППЭ – третье базовое понятие предлагаемого подхода.

Синтез СОБ основан на установлении разработчиком соответствия между моделью СОБ и способом ее функционирования в соответствии с целевым предназначением СОБ (рис.1).

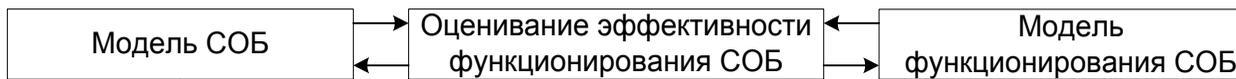


Рисунок 1 – Схема взаимодействия базовых элементов процесса синтеза СОБ

Руководствуясь принципом сохранения потенциальной эффективности [2] полученное условие замыкания мгновенной деятельности СОБ по всему множеству Q , представляющее собой формализованное уравнение синтеза:

$$\int_Q \varphi(r)dr = \int_Q \Phi(u(r),v(r),r)dr = I(Q), \quad (1)$$

Модель действия → Модель системы → Результат замыкания (показатель эффективности функционирования системы)

При таком подходе требуемая потенциальная ЭФ СОБ объединяет ПВС СОБ и технические возможности в единое целое, направленное на достижение целевых задач, а разработчик получает инструмент для синтеза СОБ с требуемыми свойствами.

Структура множества Q является носителем возможностей СОБ и механизмов их реализации. Предназначение системы определяется с помощью интеграла (1).

Формирование структуры СОБ и распределения функций между ее элементами задается множеством G :

1. $X_{q_i} \subset X_{q_j}$;
2. $X_{q_i} \cap X_{q_j} = 0$, если $i \neq j$;
3. $\bigcup_{i \in [1, N]} X_{q_i} = X_{q_j}$;
4. $\sum_{i=1}^N \int_T (\Phi_i(u_i(t), v_i(t)) \cdot X_{q_i}) dt = I, \dots$

где X_{q_i} – требуемые пространно-временные состояния i -го элемента СОБ;

N – количественный состав СОБ,

I – показатель эффективности функционирования СОБ.

Решение задачи синтеза СОБ при заданном множестве G в этом случае сведется к отысканию экстремума:

ЗАДАЧА С1: $\text{extr } I(U, V, u(r), v(r))$.

Решение задачи синтеза при нефиксированном множестве G и заданных U, V системы обеспечения безопасности сведется к отысканию экстремума:

ЗАДАЧА С2: $\text{extr } I(G)$.

Такой подход к синтезу СОБ позволил конструктивно определить, что должны содержать и давать разработчику методология, методы и технология моделирования СОБ.

Методология должна содержать условия, определяющие свойства множества требуемых пространственно-временных состояний системы Q .

Методы должны содержать условия, определяющие переход из одного состояния в требуемое состояние на множестве требуемых пространственно-временных состояний системы Q .

Технология должна содержать условия реализации переходов из одного состояния в требуемое состояние на множестве требуемых пространственно-временных состояний системы Q .

Для решения сформулированных задач, в первую очередь, необходимо установить факт существования интеграла (1). Для этого подынтегральная функция ППЭ должна быть ограничена и иметь конечное число точек разрыва на множестве Q . Практическое рассмотрение свойств потенциала поля эффективности позволило установить факт удовлетворения условиям ограниченности и кусочно-непрерывности на множестве определения [8].

Для синтеза одновременно модели и способов функционирования системы обеспечения безопасности необходимо рассмотреть постановку задачи, основанную на решении интегральных уравнений, установив при этом возможность формирования модели и способов функционирования СОБ ПОО, удовлетворяющих требуемому значению показателя эффективности функционирования СОБ. Для получения наилучших значений характеристик модели и способов функционирования системы обеспечения

безопасности на множестве возможных значений необходимо рассмотреть постановку задачи, основанную на решении вариационной задачи.

Рассмотрев основные положения теории одновременного синтеза модели системы обеспечения безопасности ПОО и способов ее функционирования, рассмотрим струк-

турную схему, отражающую содержание основных этапов выработки управленческих решений на разработку и функционирование системы (рис. 2).

Схема состоит из 5-ти этапов. На 1-ом этапе разрабатываются теоретические основы формирования системы обеспечения безопасности ПОО.

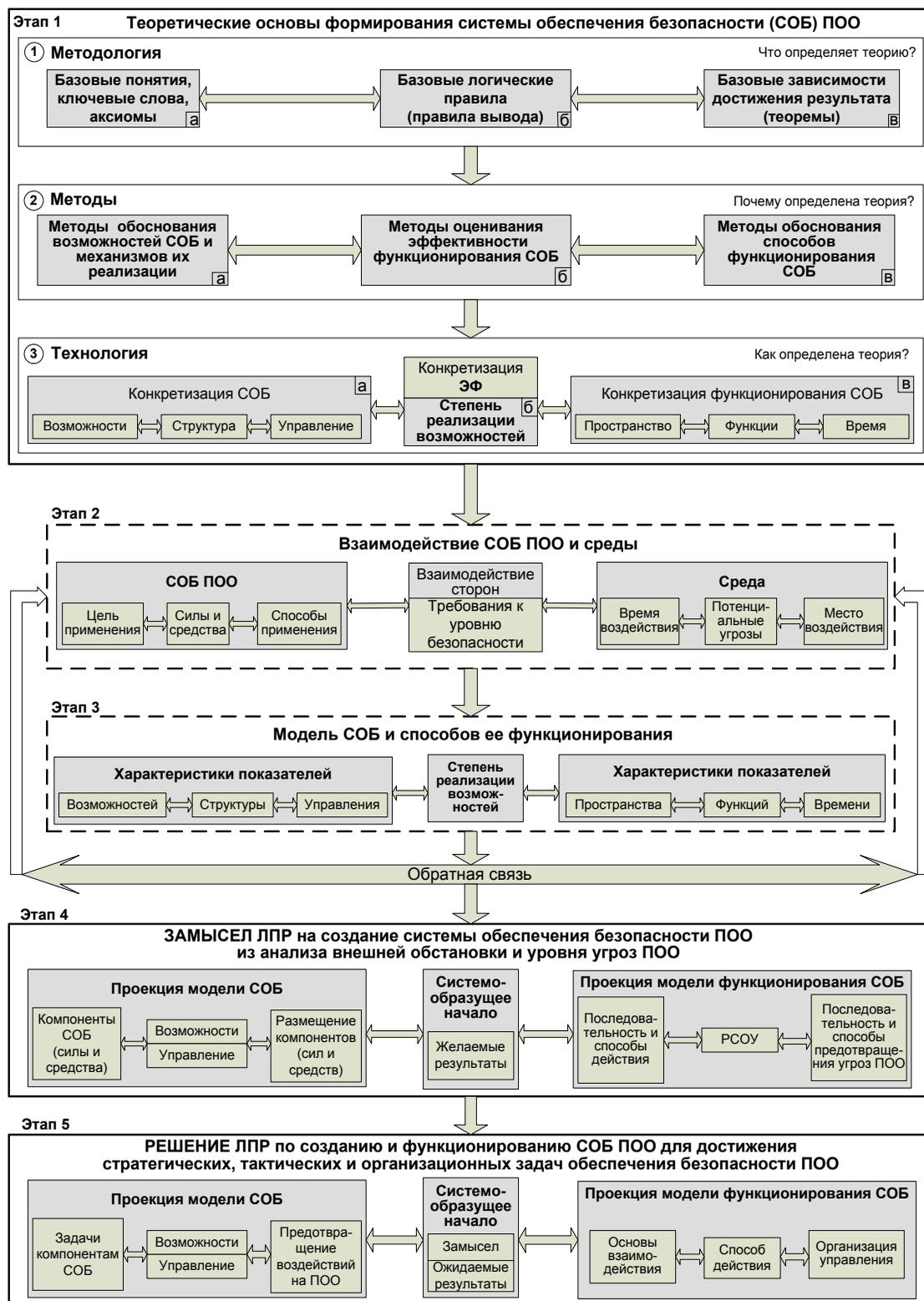


Рисунок 2 – Общая схема разработки и функционирования СОБ ПОО

На первом уровне этого этапа разворачивается содержание методологии решения проблемы, которая отражает:

1.а. Рассмотренные базовые понятия, ключевые слова и аксиомы теории разработки и функционирования СОБ ПОО и ее компонентов;

1.б. Базовые логические правила развёртывания содержания теории создания и функционирования СОБ ПОО, ее компонентов;

1.в. Базовые зависимости результата функционирования СОБ ПОО от количественных и качественных характеристик компонентов системы, а также уровня внешних угроз ПОО.

Эти три основополагающих элемента методологии объединяются в предлагаемом логико-алгебраическом методе прогнозирования развития ситуации, в которой находится потенциально опасный объект, позволяющем определить основные тенденции совершенствования существующей комплексной системы обеспечения безопасности ПОО.

В русле развития основных понятий теории, на 2-ом уровне 1-го этапа структурной схемы (рис. 2) представляются методические основы (методы) развёртывания содержания теории создания и функционирования СОБ, ее компонентов, ресурсов. Основными элементами методических основ являются:

2.а) Методы обоснования возможностей СОБ ПОО и механизмов их реализации;

2.б) Методы оценивания эффективности функционирования комплексной СОБ ПОО;

2.в) Методы обоснования функционирования СОБ ПОО, ее компонентов и подсистем.

Элемент а) методических основ дает нам инструмент для определения количественных и качественных характеристик СОБ ПОО, ее компонентов. На данном этапе формируются определенные характеристики возможностей СОБ их реализации (управлений) с учетом особенностей и возможных воздействий внешней среды, в которой формируются угрозы ПОО, сбалансированные уравнением синтеза (1).

Методы обоснования возможностей СОБ и механизмов их реализации основыва-

ется на аксиомах, базовых зависимостях достижения результатов, базовых логических правилах, естественно-научных и прочих законах предметной области.

Для обоснования применения СОБ, ее компонентов, распределения ресурсов, сил и средств, имеющих определенные возможности и механизмы их реализации в соответствующих условиях обстановки, необходимо располагать инструментом, позволяющим формировать такой процесс. Поэтому в элементе в) 2-го уровня 1-го этапа структурной схемы (рис. 2) представлены методы обоснования способов функционирования СОБ, обеспечивающие целенаправленную деятельность ЛПР на решение стоящих стратегических, технических и организационных задач.

Для приведения в соответствие методов обоснования возможностей СОБ, механизмов их реализации и методов обоснования функционирования СОБ, ее компонентов, сил и средств с целями и задачами комплексной СОБ в структурной схеме представлен элемент 2.б, содержащий в себе методы оценивания эффективности функционирования комплексной СОБ, ее компонентов, распределения ресурсов.

В рамках изложения основных понятий теории, на 3-ом уровне 1-го этапа схемы представляются основы технологии развёртывания содержания и функционирования системы обеспечения безопасности потенциально опасного объекта, ее компонентов и подсистем.

Под основными элементами технологии понимаются: закономерности, содержание и характер действий по функционированию СОБ, ее компонентов и подсистем; способы подготовки и ведения этих действий; способы и методы организации и поддержания взаимодействия и управления, требования к действиям; внешние воздействия среды, формирующей внешние угрозы потенциально опасному объекту.

Этот уровень схемы содержит три основных элемента:

3.а) Конкретизация системы обеспечения безопасности

([возможности] ↔ [структура] ↔ [управление]);

3.б) Конкретизация эффективности функционирования (степень реализации возможностей СОБ);

3.в) Конкретизация действий системы обеспечения безопасности

([Пространство]↔[функции]↔[время]).

Конкретизируется система обеспечения безопасности ПОО на основе приведения в соответствие возможностей СОБ и механизмов их реализации, то есть управления, через соответствующую структуру.

Формирование закономерностей взаимодействия с внешней средой производится на 2-ом этапе структурной схемы разработки и функционирования СОБ ПОО как результат потенциального противостояния двух сторон – системы обеспечения безопасности ПОО и внешней среды на основе прогноза времени и места реализации потенциальных угроз ПОО. Формализация данного противостояния будет проявляться в виде изменения потенциала поля эффективности СОБ в условиях воздействия внешней среды на общем с СОБ множестве пространственно-временных состояний [9].

В рамках разработанной методологии использования сил и средств необходимо, с одной стороны, своевременно идентифицировать весь спектр угроз ПОО, осуществлять прогноз времени и места воздействия, а с другой стороны, сформировать РСОО СОБ в соответствии с базовыми зависимостями достижения результата, удовлетворяющими требованиям к уровню безопасности ПОО.

На 3-ем этапе структурной схемы представлены оперативно-тактические основы использования системы обеспечения безопасности ПОО в интересах достижения своего целевого предназначения. Под этими основами понимается аналитическая модель системы обеспечения безопасности потенциально опасного объекта и ее функционирования, основанная на построении аналитических закономерностей формализованных показателей структуры, возможностей и управления СОБ, показателей пространства, функций и времени при функционировании СОБ (с учетом существующих внешних угроз), замкнутого показателем эффективности функционирования СОБ

ПОО (степенью реализации возможностей СОБ). В качестве показателя эффективности функционирования СОБ ПОО может выступать значение вероятности наступления ЧС на ПОО.

На 4-ом этапе структурной схемы представлены базовые элементы замысла действий ЛПР по созданию и функционированию СОБ ПОО из анализа внешней обстановки и уровня угроз ПОО: компоненты СОБ (силы и средства) и их структурное размещение на ПОО; последовательность и способы действия сил и средств СОБ; последовательность и способы предотвращения угроз ПОО.

Данные элементы замысла разрабатываются в соответствии с типизацией и видами используемых сил и средств. Базовые элементы замысла формируются на основе разработанной теории, представленной предыдущими тремя уровнями, заданным требуемым показателем эффективности функционирования СОБ ПОО и результатами синтеза одновременно модели СОБ и модели ее функционирования, удовлетворяющим требуемому показателю ЭФ, т.е. уравнению (1).

На 5-ом этапе структурной схемы представлены элементы решения на действия ЛПР по созданию и функционированию СОБ ПОО для достижения стратегических, тактических и организационных задач обеспечения безопасности потенциально опасного объекта. Базовые элементы решения формируются на основе разработанной теории, представленной первыми тремя уровнями и замысла действий ЛПР.

В целом, разработанная структурная схема излагаемого подхода позволяет проследить внутренние связи предлагаемой теории структурно-функционального синтеза СОБ ПОО, связь теории с прикладными задачами. Главное достоинство предложенного подхода заключается в том, что в нем на конструктивном уровне через количественное оценивание формируется формализованный замысел и решения ЛПР, ответственного за обеспечение безопасности ПОО, на применения сил и средств в интересах обеспечения требуемого уровня безопасности потенциально опасного объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ясенев В.Н. Информационная безопасность в экономических системах: Учебное пособие. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2006. – 253с.
2. Ильичев А.В., Волков В.Д., Грущанский В.А. Эффективность проектируемых элементов сложных систем. – М.: Высшая школа, 1982. – 280с.
3. Гуд Г.Х., Макол Р.Э. Системотехника. – М.: Сов. радио, 1962. – 384с.
4. Цвиркун А.Д. Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1982. – 200с.
5. Бурлов В.Г., Магулян Г.Г., Матвеев А.В. Общий подход к моделированию систем безопасности // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2011. – №5(133). – С. 73–77.
6. Матвеев А.В., Бурлов В.Г. Основы теории синтеза облика системы обеспечения безопасности и способов ее функционирования на потенциально опасных объектах // Проблемы управления рисками в техносфере. – Санкт-Петербург. – 2012. – № 3(23). – С. 6–13.
7. Ростовцев Ю.Г. Задачи знакового моделирования Ч.1, Методологические аспекты знакового моделирования. – СПб: ВИКА им. А.Ф.Можайского, 1996.
8. Матвеев А.В., Иванов М.В., Шевченко А.Б, Аналитическая модель системы управления пожарной безопасностью АЭС // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2010.– № 6(113). – С. 91–95.
9. Матвеев А.В., Бурлов В.Г., Зенина Е.А. Синтез модели и способов функционирования системы в условиях конфликта // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2012г. – № 3(150). – С. 72–79.