
БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОПИСАНИЯ И ДЕКОМПОЗИЦИИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ

О.А. Рыбин, доктор технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.Н. Нестругин, кандидат технических наук.

**Департамент надзорной деятельности и профилактической
работы МЧС России**

Представлен новый подход описания и декомпозиции объектов производственной инфраструктуры на основе стратификационного представления и графо-аналитического описания топологической структуры объектов защиты и для оценки уровня потенциальной опасности. Диагностика и прогнозирование уровня потенциальной опасности является актуальной задачей для деятельности Государственного пожарного надзора в обеспечении безопасности объектов защиты.

Ключевые слова: системный анализ, Государственная противопожарная служба, система управления, потенциальная опасность, объекты защиты

SYSTEM ANALYSIS OF THE DESCRIPTION AND DECOMPOSITION OF OBJECTS OF PROTECTION FOR THE ASSESSMENT OF LEVEL OF POTENTIAL DANGER

O.A. Rybin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.N. Nestrugin. Oversight and prevention department of EMERCOM of Russia

Presents a new approach for the description and decomposition of production infrastructure on the basis of the stratified representation and the graph of the analytical description of the topological structure of objects of protection and to assess the potential threat level. Diagnosis and prediction of level of potential hazards is an urgent task for the State fire supervision in ensuring the safety of protected objects.

Keywords: systems analysis, State fire service, control system, potential hazard, objects protection

Объекты защиты (ОЗ) являются критически важными элементами обеспечения целостности и безопасности жизнедеятельности общества, а физический износ ОЗ является серьезным фактором потенциальной опасности [1]. Однако методам оценки потенциальной опасности и ранжированию объектов ОЗ с учетом взаимного влияния с точки зрения уровня потенциальной опасности уделяется недостаточное внимание в практике органов Государственного пожарного надзора МЧС России [2, 3]. Одним из подходов описания и декомпозиции объектов защиты для оценки уровня потенциальной опасности является системный подход. Системный подход – комплексное изучение явления или процесса как единого целого, то есть в системе с учетом взаимного влияния и взаимной связи элементов этой системы.

В статье предложен подход, основанный на комплексном анализе ОЗ, представляющем из себя элемент общей инфраструктуры и находящимся в тесной взаимосвязи с остальными объектами защиты. Речь идёт о формировании структурной модели надзорного региона (района), позволяющей рассмотреть динамику его функционирования и осуществить привязку рисков потенциальной опасности к другим видам рисков для выявления наиболее уязвимых (значимых) объектов, которые и должны попасть в план проверок с целью проведения оперативных мероприятий по снижению уровня потенциальной опасности до приемлемого уровня.

Старение оборудования ОЗ является естественным процессом, проблемы возникают, когда эти процессы становятся неуправляемыми. Решение задачи обеспечения эффективного и безопасного использования ОЗ является ответственностью их владельца. В эпоху социализма, когда государство создавало и поддерживало сложную систему управления инфраструктурой, которая включала отраслевые научно-исследовательские и проектные институты, органы надзора, различные учреждения, технические службы на предприятиях, осуществлялось планирование, безопасное использование и своевременное обновление основных фондов. В процессе перехода от социализма к капитализму значительная часть основных фондов сменила владельца. Теперь ответственность за безопасное и эффективное управление ложится на собственника.

В условиях, когда средняя изношенность основных фондов достигает 70 % и продолжает нарастать, сложившаяся ситуация представляется исключительно опасной и требует безотлагательного вмешательства государства в вопросы управления инфраструктурой. Тем не менее в отношении к износу основных фондов чувствуется какая-то обреченность. Износ достиг небывалой величины, для обновления нужны большие инвестиции, которые накопятся только со временем. Например, износ российских магистральных электрических сетей, по оценкам экспертов, составляет 41 %, распределительных электросетей – 70 %. Износ муниципальных и сельских сетей в отдельных регионах превышает 90 %. В химической отрасли средний уровень износа порядка 60 %, а по отдельным видам оборудования – от 80 до 100 %. В металлургии в среднем износ превышает 60 %. Ресурсы, имеющиеся для технического перевооружения, технического обслуживания и ремонта (ТОиР) существенно ограничены. В этих условиях возникновение техногенных аварий (или даже катастроф) на первый взгляд представляется лишь делом времени [4].

Между тем в теории и практике управления уже выработаны концепции, подходы и методы, ориентированные на минимизацию рисков в условиях ограниченности ресурсов и изношенности объектов инфраструктуры. Для иллюстрации приведем так называемую философию Performance Focused Maintenance или техническое обслуживание, ориентированное на результативность деятельности и эффективность компании в целом. Этот подход возник на Западе и достаточно активно пропагандируется [5]. Чтобы сегодняшнее управляющее воздействие вырабатывалось, исходя из его влияния на достижение перспективных, стратегических целей, необходимо выделять ресурсы под те или иные работы ТОиР, необходимо отслеживать их вклад в достижение целей, концентрировать ресурсы на тех работах, от которых ожидается наибольший вклад в безопасность, надежность, производительность и качество.

Проведенный анализ существующих математических методов анализа рисков показал их недостатки, особенно при описании топологической структуры (ТС) ОЗ. Оценка рисков ОЗ проводится на основании оценки потенциальной опасности, расчеты которой осуществляются с учетом множества разнородных факторов, влияющих на безопасность объекта и по которым нельзя сделать вывод о комплексной количественной оценке уровня потенциальной опасности, а только об отдельных его элементах.

К применению предлагается следующий подход описания ОЗ для оценки уровня потенциальной опасности. Такое описание позволит ранжировать ОЗ по уровню потенциальной опасности и проводить превентивные мероприятия с целью предупреждения

инцидентов, аварий и катастроф. Концепция предлагаемого описания основывается на стратификационном представлении и системном описании ОЗ и заключается в том, что любая территория или сложный ОЗ (например, производственное предприятие) могут быть представлены состоящими из отдельных цехов, каждый цех – из установок, каждая установка – из отдельных узлов и элементов оборудования (рис. 1).

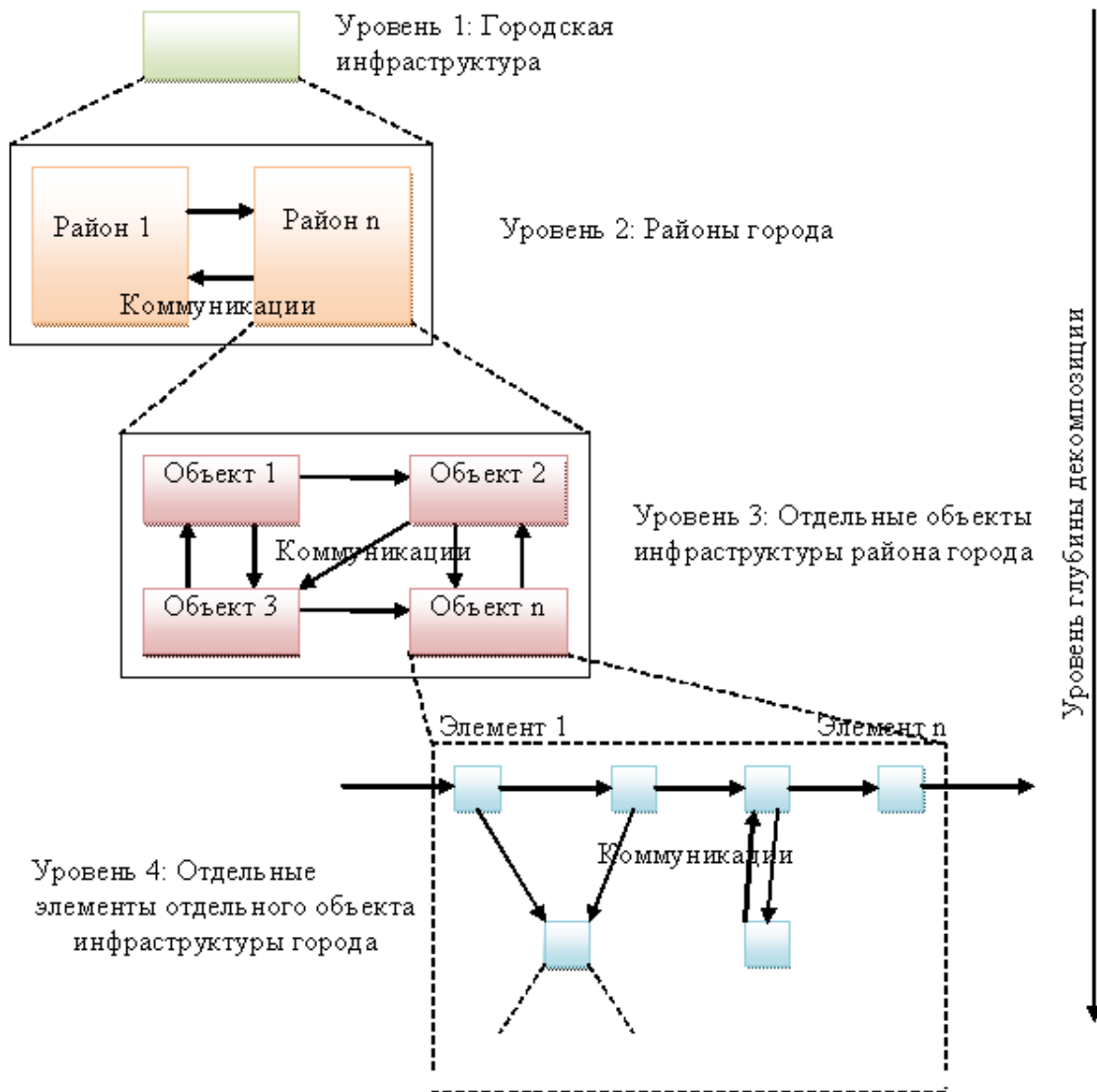


Рис. 1. Многоуровневое стратификационное описание декомпозиции объектов защиты

Каждый узел связан с другим узлом коммуникациями – трубопроводами, электрическими, технологическими и инженерными сетями и пр. Таким образом, можно каждую установку производственного объекта представить в виде цепочки последовательно и параллельно соединенных элементов оборудования. Такое описание позволяет перейти от аналитической модели описания к графовой (рис. 2), с возможностью дальнейшего анализа на основе теории графов.

Каждому элементу оборудования можно назначить индекс уровня потенциальной опасности (числовую величину). На основании этих числовых величин можно ранжировать элементы оборудования с точки зрения потенциальной опасности. Получив эти значения, аналогичным образом можно ранжировать установки и цеха как свертку индексов риска отдельных установок.

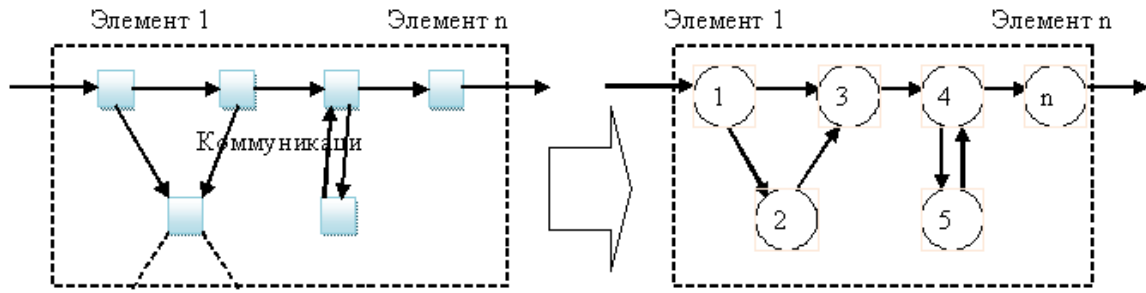


Рис. 2. Описание декомпозиции объектов защиты в виде связного графа

В свою очередь сам надзорный объект может находиться в городском районе, со своей собственной инфраструктурой, домами, больницами, детскими садами и пр. В этом смысле ОЗ является элементом инфраструктуры, который аналогичным образом, как и производственный объект, оказывает влияние на другие элементы (объекты) производственной инфраструктуры. Например, «бензо-заправочная станция» является объектом повышенной опасности и неизбежно будет влиять на соседние объекты производственной инфраструктуры.

Представим математическую модель стратифицированного описания ТС ОЗ. Отправным пунктом для стратифицированного описания системы $S: X \rightarrow Y$ служит предположение о том, что множество внешних воздействий X и множество откликов Y представимы в виде декартовых произведений, а именно считаются заданными два «семейства множеств: $X_i, 1 \leq i \leq n$ и $Y_i, 1 \leq i \leq n$, таких, что:

$$X = X_1 \times \dots \times X_n \text{ и } Y = Y_1 \times \dots \times Y_n. \quad (1)$$

Это предположение означает возможность разбиения откликов и входных воздействий на компоненты. Если множества X и Y представимы в виде (1), то каждая пара $(X_i, Y_i), 1 \leq i \leq n$, приписывается определенной страте. i стратегия системы S – это система, представленная как отображение S_i :

$$S_i : X_i \times W_i \rightarrow Y_i, \text{ если } i = n;$$

$$S_i : X_i \times E_i \times W_i \rightarrow Y_i, \text{ если } 1 < i < n;$$

$$S_i : X_i \times E_i \rightarrow Y_i, \text{ если } i = 1.$$

Семейство определенных таким образом систем $S_i, 1 \leq i \leq n$, называется стратификацией S , если существуют два семейства отображений $h_i: Y_i \rightarrow W_{i+1}, 1 \leq i \leq n$, и $c_i: Y_i \rightarrow E_{i-1}, 1 \leq i \leq n$, такие, что для каждого элемента x из X и $y = S(x)$:

$$y_n = S_n(x_n, h_{n-1}(y_{n-1}));$$

$$y_i = S_i(x_i, c_{i+1}(y_{i+1}), h_{i-1}(y_{i-1}));$$

$$y_1 = S_1(x_1, c_2(y_2)).$$

Разумеется, возникает вопрос – как достичь устойчивого состояния в иерархии, однако для анализа этого вопроса необходимо более подробное знание ТС ОЗ. Равенство (2) может выполняться не для всех возмущений из X , а лишь для тех, которые соответствуют «нормальным» условиям работы системы. Для проведения устойчивой или даже полной стратификации при ограничениях, наложенных на воздействия, может возникнуть необходимость объединения нескольких соседних страт в одну.

Утверждение: описание ТС ОЗ в виде набора страт обеспечивает такую детализацию, при которой состояние ее элементов будет зависеть только от информации, поступающей от элементов соседних уровней иерархии. Такое описание обеспечивает максимальную декомпозицию синтезируемой системы.

Докажем это утверждение. Стратификация подразумевает сокращение объема информации, идущей вверх по иерархии: для вышерасположенных страт многие воздействия, поступающие от нижних страт, несут сходную информацию. Такое «сокращение объема информации» по мере продвижения вверх по иерархической лестнице приводит к снижению объема анализируемой информации и временных затрат на формирование управляющих воздействий. Таким образом, отметив необходимость уменьшения объема информации от уровня к уровню, приходим естественным путем к горизонтальной декомпозиции страты на подсистемы. На каждой страте решающие элементы имеют дело в первую очередь с функционированием самих подсистем, пренебрегая, как правило, взаимодействием между ними. Напротив, решающие элементы более высокой страты в случае, когда подсистемы предшествующего уровня функционируют нормально, обрабатывают только информацию об их взаимосвязях и взаимодействиях. Эти рассуждения приводят к понятию иерархии ТС ОЗ.

Преимуществами такого универсального подхода к описанию и декомпозиции ОЗ являются:

1. Простой, наглядный и понятный способ описания и декомпозиции ОЗ.
2. Возможность перехода от аналитической модели описания к графовой, с возможностью дальнейшего анализа на основе теории графов, что позволяет перейти от графической модели к математической, в которой описание ведется по уравнениям, аналогичным законам Кирхгофа в электротехнике или уравнениям гидравлики.
3. Декомпозиция до необходимого уровня глубины, определяемая связностью графа (теорема Менгера).
4. Возможность проведения анализа как на верхнем уровне (обобщенной модели ОЗ в целом), так и на отдельных уровнях иерархии ОЗ (уровень цехов, установок, элементов и т.д.).
5. Возможность проведения как агрегированного анализа по суперпозиции всех физических факторов, явлений и взаимосвязей, характерных для аварий, так и независимого анализа по отдельным факторам (например, по слоям технологических, электрических или инженерных коммуникаций с использованием геоинформационных систем).
6. Возможность использования как единой универсальной модели описания и количественной оценки уровня потенциальной опасности на любом уровне иерархии ОЗ, так и любой из существующих математических моделей (не отвергая их).
7. Возможность автоматизированного представления модели ОЗ и анализа с использованием существующих программных средств.

До настоящего времени вопрос описания декомпозиции объектов производственной инфраструктуры остается недостаточно изученным. Существующие нормативные методики учитывают не все физические факторы, явления и взаимосвязи характерные для аварий на предприятиях различных отраслей. Не существует единой методики, позволяющей определять показатели уровня потенциальной опасности с учетом вероятности возникновения крупных аварий. Открытыми остаются вопросы практического использования количественных оценок показателей уровня потенциальной опасности.

Разработка методического аппарата количественной оценки опасностей и потенциальной опасности для населения в результате крупных производственных аварий на различных производственных объектах является весьма актуальной задачей и имеет важное практическое значение для органов исполнительной власти различного уровня.

С помощью этого инструмента можно в приемлемые сроки при сравнительно небольших затратах выделить те объекты, которые требуют повышенного внимания со стороны органов управления и контроля и установить очередность проведения комплекса мероприятий, направленных на повышение безопасности опасных предприятий и объектов города и повышение уровня защиты населения и окружающей среды [6, 7].

Таким образом, инфраструктура города может быть представлена в виде отдельных элементов (объектов), каждый объект в виде отдельных узлов и элементов производственной инфраструктуры. Каждый узел связан с другим узлом коммуникациями – трубопроводами, электрическими сетями, сетями водопровода и канализации, сетями связи, дорогами и пр. Такое представление может быть легко описано единой математической моделью, например, в виде связного графа. Представление ОЗ в ходе описания в виде иерархии страт и связного графа позволяет выделить в структуре ОЗ элементы, функционирующие по единому поведенческому алгоритму и осуществляющие информационное взаимодействие с элементами соседних иерархий; определить единую и универсальную математическую модель, посредством которой происходит описание и информационный обмен между элементами синтезируемой системы; обеспечить максимальную декомпозицию описания ОЗ до необходимого уровня.

Литература

1. Быков А.А., Кузьмин И.И., Проценко А.Н. Безопасность с глобальной и региональной точек зрения: концепция экологического паритета // Препринт. № 37. М.: ИБРАЭ РАН, 2012. 75 с.
2. Пасикун В.Н. Механизм страхования и оценка рисков опасных производственных объектов: дис. ... канд. экон. наук. М., 2008. С. 194.
3. Рябченко Н.Н. Управление деятельностью Государственного пожарного надзора МЧС России в области противопожарного страхования в субъекте Российской Федерации: дис. ... канд. тех. наук. СПб., 2005. С. 201.
4. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973. 332 с.
5. Performance-Focused Maintenance for Distribution Substations: Survey Guide with KPIs Algorithms for Living Predictive Maintenance. EPRI, Palo Alto, CA, 2013.
6. Моисеев Н.Н., Акимов В.А. О федеральной целевой программе «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2005 года» // Мир и безопасность. 2009. № 5.
7. Воробьев Ю.Л. Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций: монография. М. ФИД «Деловой экспресс», 2008. 248 с.