

УДК 351.861

О разработке модели мониторинга состояния системы комплексной безопасности закрытого административно-территориального образования

About the development of the monitoring model for the state of the parameters of the complex security system of the closed administrative-territorial education

*А.В. Рыбаков¹,
д-р. тех. наук, профессор,*

А.А. Назаров²,

Н.В. Мартинович²,

*А.А. Мельник²,
канд. тех. наук, доцент*

*¹ФГБВОУ ВО «Академия
гражданской защиты МЧС
России»*

*²ФГБОУ ВО Сибирская
пожарно-спасательная
академия ГПС МЧС России*

*A.V.Rybakov¹,
Holder of an Advanced
Doctorate (Doctor of Science)
in Engineering Sciences, Full
Professor,*

A.A.Nazarov²,

N.V. Martinovich²,

*A.A. Melnik²
Ph.D. of Engineering Sciences,
Docent*

*¹FSBMEE HE Civil Defence
Academy EMERCOM of Russia*

*²FSBEE HE Siberian Fire and
Rescue Academy EMERCOM of
Russia*

Аннотация:

В статье предложен возможный подход мониторинга системы комплексной безопасности территории закрытого административно-территориального образования, с учетом специфики его функционирования. Подход основан на методах теории нечетких множеств и реализует теоретико-возможностный подход для получения логической функции, значение которой будет описывать состояние объекта на основе автоматического перевода значений параметров мониторинга оборудования и объекта в соответствующие шкалы с выведением обобщенного показателя. По мнению авторов, программный комплекс, реализующий данный подход и интегрированный в общую систему комплексной безопасности, позволит заблаговременно и на более качественном уровне разработать меры по уменьшению риска чрезвычайной ситуации и смягчению их негативных последствий, построить прогноз возможных последствий в случае возникновения чрезвычайной ситуации техногенного характера на опасных производственных объектах и как следствие на территории большей части закрытого административно-территориального образования.

Ключевые слова: мониторинг, комплексная безопасность, риск, теория нечетких множеств, логические функции.

Abstract:

The article proposes a possible approach of monitoring the parameters of the integrated security system of the territory of the closed administrative-territorial entity, taking into account the specifics of its functioning, based on the methods of fuzzy set theory, in particular, implementing a theoretical-possibility approach for obtaining a logical function, the value of which will describe the state of the object on the basis of automatic translation of the values of the parameters of monitoring equipment and the object into the corresponding scales with the output of the generalized indicator. According to the authors, the software complex implementing this approach and integrated into the general system of integrated security will allow to develop in advance and at a better level measures to reduce the risk of an emergency and mitigate its negative consequences, to build a forecast of possible consequences in case of an emergency of a man-made nature at dangerous production facilities and as a result in the territory of most of the closed administrative and territorial entity.

Key words: monitoring, complex security, risk, fuzzy set theory, logical functions.

Для решения задач прогнозирования в области защиты населения и территорий от угроз природного и техногенного характера необходимо опираться на существующую нормативную базу. Стратегический прогноз рисков ЧС в Российской Федерации должен соответствовать требованиям Федерального закона от 28 июня 2017 года № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации»; Федеральному закону от 21 декабря 1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера»; Федеральному закону от 21 декабря 1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»; Федеральному закону от 21 июля 1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»; Федеральному закону от 10 января 2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»; Федеральному закону от 30 марта 1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и другим нормативным правовым актам, регулирующим безопасность жизнедеятельности населения.[1]

В соответствии с Федеральным законом «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [2]: прогнозирование – деятельность участников стратегического планирования по разработке научно обоснованных представлений о рисках социально-экономического развития, об угрозах национальной безопасности Российской Федерации, о направлениях, результатах и показателях социально-экономического развития Российской Федерации, субъектов Российской Федерации и муниципальных образований (ч. 5, ст. 3).

В настоящее время научно-методический инструментарий в области стратегического прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций совершенствуется и развивается. Это обусловлено новыми вызовами и угрозами, связанными как с климатическими изменениями, так и процессами глобализации и урбанизации, прогнозирование которых затруднено. Реализации угроз имеет значительные последствия, приводящие к катастрофическим по масштабам социально-экономическим ущербам.

Существующие на данный момент подходы к оценке состояния объектов и систем, обеспечивающих безопасность, схожи между собой тем, что рассматривают объект отдельно по каждому дестабилизирующему фактору. По этой причине, нет возможности в короткие сроки получать полную

картину о состоянии объекта в каждый отдельный момент времени, а также иметь прогноз возможных последствий и аварийных ситуаций (в т.ч. с визуальным моделированием) и выработкой управляющих воздействий. Кроме того, реализованные и применяемые в настоящий момент подходы и системы мониторинга в основном унифицированы для применения на территории Российской Федерации общего применения, и как правило не учитывают функционирования закрытых административно-территориальных образований.

Закрытое административно-территориальное образование (ЗАТО) — имеющее органы местного самоуправления административно-территориальное образование, в границах которого расположены промышленные предприятия по разработке, изготовлению, хранению и утилизации оружия массового поражения, переработке радиоактивных и других материалов, военные и иные объекты, для которых устанавливается особый режим безопасного функционирования и охраны государственной тайны, включающий специальные условия проживания граждан. Так для ЗАТО Железногорск такими предприятиями являются ФГУП «Горно-химический комбинат» и АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва расположенные на территории административно-территориального образования.

По нашему мнению, главным отличием ЗАТО от территории общего применения является наличие специального предприятия, объекта в границах территориального образования, в большинстве случаев являющимся опасным производственным объектом (ОПО) и связанным с общей инфраструктурой территории на которой он размещен. Как следствие, показатель комплексной безопасности, защищенности и безопасного функционирования территории ЗАТО, в первую очередь обусловлен безопасностью функционирования градообразующих ОПО расположенных на территории объекта. (рис.1)

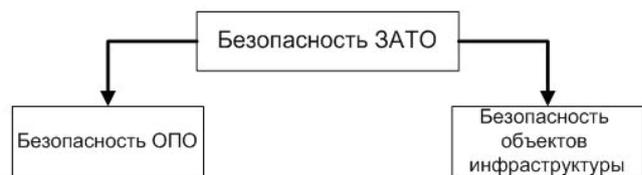


Рис. 1. Структура элементов безопасности ЗАТО

Обеспечение безопасности опасных производственных объектов (ОПО) от возникновения аварийных ситуаций, которые могут развиваться до чрезвычайных и влияющих в том числе на объекты

инфраструктуры, возможно за счет достоверного прогнозирования образования поражающих факторов различной природы. Прогноз неразрывно связан с качественным проведением мониторинга состояний и базовых параметров объекта.

Номенклатура применяемого технологического оборудования на опасных производственных объектах очень велика, поэтому необходим комплексный мониторинг нормального функционирования всех ключевых параметров для своевременного выявления потенциально опасных состояний. Процесс анализа и обработки данных комплексного мониторинга осложняется тем, что различное оборудование, в частности датчики, обеспечивающие показания работы отдельных узлов объекта мониторинга, имеют разные единицы измерения, параметры и точность. Это затрудняет своевременное выявление предаварийных ситуаций [3,9].

Как показывает анализ происшествий [4] на опасных производственных объектах, развитие аварийной ситуации может провоцировать не только выход за пределы нормальной работы одного параметра, а незначительные отклонения совокупности параметров работы оборудования [9]. Это обуславливает необходимость разработки комплексного показателя мониторинга состояния объектов, который позволяет учесть, как синергетический эффект взаимодействия двух или более параметров, так и влияния каждого на безопасное состояние объекта.

Под мониторингом состояний и базовых параметров ОПО понимается мониторинг состояний опасного вещества, систем жизнеобеспечения, состояний систем безопасности ОПО на основе сигналов датчиков, установленных на объекте [3].

Для разработки комплексного показателя возможно применение методов теории вероятности путем построения многомерной функции распределения. Такой подход имеет ряд существенных недостатков. Так для построения функции распределения нужен значительный объем статистических данных о возможных причинах аварий и показаниях отклонений датчиков от штатного режима функционирования. Зачастую статистические данные по параметрам технологического процесса при техногенных чрезвычайных ситуациях отсутствуют. Выборка существующих статистических данных незначительная и неоднородная, поэтому методы теории вероятностей становятся мало пригодными для нахождения коэффициента состояния ОПО.

По нашему мнению, для решения данной задачи, возможно использовать методы теории нечетких

множеств. Применения теоретико-возможностного подхода данной теории позволяет получить логическую функцию, значение которой будет описывать состояние объекта на основе автоматического перевода значений параметров мониторинга объекта в соответствующие шкалы с выведением обобщенного показателя (рис.2).

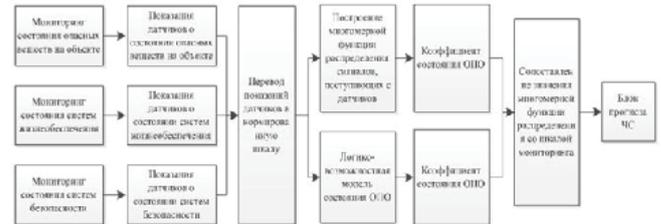


Рис. 2. Структура мониторинга состояния объекта

Для реализации указанного подхода, в первую очередь необходимо построить структурно-логическую модель комплексного мониторинга. На основе выделенной совокупности простых и сложных функциональных событий необходимо создать схему функциональной целостности системы комплексного мониторинга. Данная схема должна быть аналитически точным и строго формализованным отображением всей возможной информации о том, при каких условиях реализует (или не реализует) свои выходные функции каждый элемент рассматриваемой системы. Далее с помощью одной или нескольких выходных функций задается логический критерий функционирования исследуемой системы. Данный критерий определяет режим работы системы, математическую модель которого планируется построить для количественной оценки исследуемого свойства системы в целом. Сложные и многофункциональные системные объекты могут характеризоваться не одним, а несколькими логическими критериями, для каждого из которых должны строиться свои математические модели системы [5,7].

На следующем этапе осуществляется построение логической модели процесса функционирования исследуемой системы. Она представляет собой логическую функцию работоспособности системы [5]. Аргументами этой логической функции являются нечеткие лингвистические переменные [3], представляющие собой значения наблюдаемых параметров. В этой функции с помощью логических сумм, произведений, и дополнений (инверсий) событий, точно и однозначно определяется сложное случайное событие реализации системой заданного критерия ее функционирования, т.е. моделируемое

показатель безопасности исследуемой системы в целом. Результатом вычислений, проводимых по построенной логической функции, является коэффициент комплексного мониторинга [7,8].

Учитывая структуру объекта и размещения на нем датчиков возможно построить логическую функцию комплексного мониторинга, в общем виде которая может быть представлена следующим образом:

$$FM(D_1, D_2, K, D_n) = (D_1 \wedge D_2 \wedge K \wedge D_n) \vee (D_1 \wedge \bar{D}_2 \wedge K \wedge \bar{D}_n) \vee (\bar{D}_1 \wedge D_2 \wedge K \wedge \bar{D}_n) \vee K \vee (\bar{D}_1 \wedge \bar{D}_2 \wedge K \wedge D_n) \quad (1)$$

где D_1, D_2, K, D_n – значения наблюдаемых параметров, поступающие от установленных на объекте датчиков.

\wedge – операция конъюнкции, \vee – операция дизъюнкции, $\bar{}$ – операция отрицания.

Важным в построении функции является то, что ее аргументами являются значения наблюдаемых параметров, представленные значениями нечеткой лингвистической переменной.

Для построения лингвистической переменной выбраны следующие термы: Т1 – штатный уровень, Т2 – предельно допустимый уровень, Т3 – критический уровень. Универсальными множествами для построения этих термов являются шкалы измерения для каждого наблюдаемого показателя (концентрация, температура, уровень загазованности и т.д.), приведенные в нормативных документах [6,7].

Общий вид лингвистической переменной значения наблюдаемого параметра представлен на рисунке 3.



Рис. 3. Общий вид лингвистической переменной значения наблюдаемого параметра

Для построения лингвистических переменных по каждому исследуемому параметру необходимо использовать соответствующие характеристики датчиков. Такой подход позволяет исключить влияние экспертов и, соответственно, избежать ошибки в следствии влияния «человеческого фактора» при построении лингвистической переменной.

Представленный на рис. 3 общий вид лингвистической переменной служит нормированной шкалой, в соответствии с которой каждый подаваемый сигнал с датчика переводится в нечеткое значение. Подставляя полученные значения в функцию (1), возможно получить нечеткое значение показателя комплексного мониторинга.

Результатом перевод нечеткого значения в четкое, будет являться численный коэффициент комплексного мониторинга состояния исследуемого объекта. Сопоставляя полученное значение коэффициента со шкалой состояния объекта на основе данных комплексного мониторинга, возможно получить комплексную характеристику состояния, как ОПО, так и близлежащей селитебной территории, на основе которой необходимо разработать управляющие воздействия, обеспечивающие предупреждение ЧС. Так если полученный показатель превысит предельно допустимый уровень, то необходимо произвести оценку техногенной опасности (оценить поражающие факторы), произвести прогноз возможных последствий от воздействия поражающих факторов, а если критический уровень будет превышен, то необходимо выработать управляющие воздействия, как организационного, так и технического характера направленные на ликвидацию угрожающих факторов, снижение последствий возможной аварии.

Предложенный подход возможно реализовать в программном средстве и использовать в системе общего мониторинга параметров системы комплексной безопасности ЗАТО, учитывая территориальные особенности расположения и технологические особенности расположенного градообразующего производства. По нашему мнению, это позволит заблаговременно и на более качественном уровне разработать меры по уменьшению риска ЧС и смягчению их негативных последствий, построить прогноз возможных последствий в случае возникновения ЧС техногенного характера на ОПО и как следствие на территории большей части ЗАТО, а также разработать первоочередные мероприятия по обеспечению безопасности персонала и населения, проживающего в непосредственной близости от ОПО.

Литература

1. Материалы научно-практической конференции «Обеспечение безопасности жизнедеятельности населения и защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций» / Н. В. Лопухова. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2018. – 252 с. С.7-8
2. Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 № 172-ФЗ (с изм. от 31.12.17)
3. Рыбаков А.В., Арефьева Е.В. Модель комплексного мониторинга состояния объектов нефтехранения. Научно-производственный журнал «Нефтяное хозяйство» №9. – М.: ЗАО «Издательство "Нефтяное хозяйство"», 2015 г, С.116-120
4. Котляревский В.А., Шаталов А.А., Ханухов Х.М. Безопасность резервуаров и трубопроводов. – М.: Экономика и информатика, 2000.
5. Соложенцев Е.Д. Сценарное логико-вероятностное управление риском в бизнесе и технике. – СПб.: Издательский дом «Бизнес-пресса», 2004. – 432с.
6. ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования.
7. Тугушов К. В., Рыбаков А. В., Носков С. С., Арефьева Е.В., Лебедев А. Ю. О подходе к построению структуры комплексного мониторинга состояния основных производственных фондов критически важных объектов в Арктической зоне Российской Федерации // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2016. №3 (30).
8. Рыбаков А.В., Сорокин А.Д., Кочетков В.В., Арефьева Е.В. Комплексная оценка риска возникновения аварии на опасных производственных объектах на основе аппарата нечетких множеств и логико- вероятностного подхода. Проблемы анализа риска. 2018;15(1):18-25.
9. Рыбаков А.В., Очерedyко М.В., Рыбакова А.М. О разработке системы комплексного мониторинга за состоянием опасного производственного объекта// Вестник НЦБЖД. 2018. № 2 (36). С. 98-106.