

# §1 СТРАТЕГИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В.Л. Шульц, В.В. Кульба, А.Б. Шелков, И.В. Чернов

## МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ СЦЕНАРНОГО ПОДХОДА

**Аннотация:** Работа посвящена анализу эффективности использования сценарного подхода при решении задач планирования и управления процессами предупреждения и ликвидации последствий техногенных аварий и катастроф. Рассмотрены основные особенности планирования и управления в условиях чрезвычайных ситуаций. Приведены результаты моделирования и сценарного анализа процессов ликвидации последствий техногенных аварий на объектах гражданского назначения.

**Ключевые слова:** безопасность, планирование, управление, сценарный анализ, техногенная катастрофа, чрезвычайная ситуация, имитационное моделирование, знаковые графы, станция метрополитена, наземное сооружение.

### Введение

В последние десятилетия в мире наблюдается устойчивая тенденция существенного роста материальных потерь в результате техногенных катастроф и стихийных бедствий, размер которых только в 2011 году достиг рекордного значения в истории, превысив 370 миллиардов долларов США<sup>1</sup>. Одной из основных причин такого положения помимо ускорившихся в наступившем столетии глобальных климатических изменений и все рельефнее проявляющегося синергетического характера многих техногенных катастроф, является недостаточная готовность систем управления предупреждением и ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций к быстрой, адекватной и эффективной реакции на подобные события.

Основные особенности процессов управления в условиях техногенных аварий и катастроф состоят в том, что чрезвычайная ситуация (ЧС) возникает и развивается неожиданно, внезапно. С момента ее возникновения перед системой организационного управления встают задачи, принципиально не свойственные стационарному режиму работы. При этом, что особенно важно, контрмеры (мероприятия по противодействию развитию ЧС и ликвидации ее последствий) должны приниматься незамедлительно и быть максимально эффективными. Одновременно с этим перед системой управления возникают принципиально новые задачи, усложняющиеся мощным потоком поступающей исходной информации, которую требуется изучить и оперативно проанализировать.

Анализ процессов управления в условиях ЧС позволил выделить ряд их особенностей по сравнению с режимом повседневной деятельности, наиболее типичные из них приведены в табл. 1<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Малинецкий Г.Г., Митин Н.А., Ахромеева Т.С. и др. Когнитивные центры как инструмент управления безопасностью сложных систем // Труды XX Международной конференции по проблемам управления безопасностью сложных систем. – М.: ИПУ РАН. 2012.

<sup>2</sup> Архипова Н.И., Кульба В.В. Управление в чрезвычайных ситуациях. – М.: РГГУ, 2008.

## Стратегия обеспечения национальной безопасности

Таблица 1  
Сравнительные характеристики процессов управления

Режим повседневной деятельности	Управление в условиях ЧС
Постоянный режим функционирования.	Различные режимы функционирования.
Жесткая структура и четкое распределение функций на длительный период.	Отсутствие жесткой структуры и четкого распределения функций на длительный период, гибкость, агрессивность.
Узкая функциональная направленность.	Широкая и частично непредсказуемая область действия.
Моноструктура.	Полиструктуры.
Регламентированные информационные потоки.	Зависимость информационных потоков от складывающейся ситуации.
Точная информация.	Недостоверная информация.
Избыточная информация.	Недостаточная информация.
Невысокий темп изменений.	Высокий темп изменений.
Предсказуемость ситуаций.	Непредсказуемость ситуации; ориентация на прошлый опыт, как правило, не имеет смысла.
Принцип единства полномочий и ответственности.	Сочетание принципов единоначалия и распределенных полномочий и ответственности.
Функциональный потенциал.	Организационный потенциал.
Преобладание в основном социально-экономических целей и критериев функционирования.	Цели – действенность, результативность в ликвидации причин ЧС и их последствий; критерии – минимизации времени достижения целей, минимум потерь (жертв) при ликвидации ЧС.

Управление процессами предупреждения и ликвидации последствий техногенных катастроф должно охватывать весь круг проблем, касающихся чрезвычайных ситуаций, наиболее важными из которых являются этапы прогнозирования, противоаварийного упреждающего планирования и оперативного управления ликвидацией причин и последствий ЧС в условиях высокой степени неопределенности.

В настоящей работе основное внимание уделено анализу эффективности применения методов сценарного анализа и моделирования в процессе решения задач планирования и оперативного управления комплексами мероприятий по предупреждению и ликвидации причин и последствий техногенных катастроф и чрезвычайных ситуаций.

### 1. Особенности планирования процессов предупреждения и ликвидации причин и последствий техногенных катастроф и чрезвычайных ситуаций.

В отличие от традиционных систем планирования и управления<sup>3</sup>, которые призваны рассматривать стратегические задачи в течение достаточно длительного периода, системы управления в условиях ЧС должны действовать в реальном масштабе времени. Стратегические задачи должны решаться на ограниченном интервале времени оперативно и непрерывно. На практике это также означает периодическую

<sup>3</sup> Архипова Н.И., Кульба В.В., Косяченко С.А., Чанхиева Ф.Ю., Шелков А.Б. Организационное управление. – М.: Изд-во РГГУ, 2007.

корректировку перечня ключевых стратегических задач и непрерывное слежение за появлением новых чрезвычайных событий. Кроме того, система управления в условиях ЧС должна быть идеологически ориентирована на необходимость, возможность и способность функционировать в экстремальных условиях и оперативно адаптироваться к изменению обстановки. Важнейшей задачей системы управления в рассматриваемых условиях является не только оперативное, но и долгосрочное превентивное планирование действий по предупреждению и ликвидации последствий ЧС.

Принципиальными особенностями процессов планирования и управления ликвидацией последствий техногенных катастроф и чрезвычайных ситуаций являются:

1. частичная предсказуемость серьезных проблем и возможностей их решения;
2. частичная предсказуемость мест возникновения и сценариев развития ЧС;
3. слабая предсказуемость масштаба и времени возникновения ЧС;
4. непредсказуемость ряда неблагоприятных событий и ситуаций, обусловленных возникновением и развитием ЧС, т.е. наличие стратегических неожиданностей.

Этими условиями диктуется необходимость преимущественного использования методов планирования и управления, основанных на предвидении проблем, ситуаций и событий, принятии гибких экстренных решений, ориентированных на внешнее окружение системы (природная среда, условия жизнеобеспечения населения и персонала предприятий и организаций, социально – политическая обстановка и т. д.). Такие методы могут быть эффективно реализованы в рамках единой современной концепции стратегического, тактического планирования и оперативного управления.

Как известно, под планированием понимается целенаправленный, организованный и непрерывный процесс выделения различных элементов и аспектов объекта управления, определения их состояния и взаимодействия в данное время, прогнозирования их развития на некоторый период в будущем, а также составления и программирования набора действий и ресурсов для достижения желаемых результатов. Планирование связано, с одной стороны, с предотвращением ошибочных действий, а с другой – с уменьшением числа неиспользованных возможностей, что критически

важно для повышения эффективности управления ликвидацией причин и последствий техногенных катастроф и чрезвычайных ситуаций. Таким образом, планирование находится во взаимосвязи с прогнозированием и реализацией планов, т.е. они должны рассматриваться не отдельно, а как взаимосвязанные части единого процесса управления риском.

Полный цикл планирования и управления риском возникновения техногенных катастроф и чрезвычайных ситуаций, а также ликвидацией их последствий включает:

- прогноз риска возникновения и тяжести последствий ЧС путем формирования сценариев развития ситуации;
- формирование целей и критериев управления риском;
- стратегическое (долгосрочное) планирование превентивных мероприятий;
- тактическое (текущее) планирование альтернативных ответных действий на возникающие угрозы ЧС;
- стратегическое и оперативное управление в условиях ЧС.

Сочетание анализа основ комплексного целевого управления с изучением практики функционирования систем управления риском позволило сформулировать ряд принципов построения систем планирования и управления по предупреждению и ликвидации причин и последствий ЧС.

К таким принципам относятся:

- ориентация на конкретно существующие организационную и функциональную структуры реализации формируемых планов;
- комплексность планов;
- альтернативность формирования планов и выделение базовых вариантов, ориентированных на наиболее вероятное, пессимистическое или оптимистическое развитие ситуаций (базовые варианты планов должны сопровождаться специфицированными по видам риска функциональными расширениями в виде приложений);
- рациональное сочетание процессов формирования планов «снизу» и «сверху» путем привлечения к разработке планов низовых структур (например, привлекаемых для составления адекватных паспортов риска потенциально опасных объектов и их последующего обобщения, формирования сценариев развития ЧС и ответных действий и т.д.);

## Стратегия обеспечения национальной безопасности

- ответственность (вплоть до уголовной) исполнителей и руководителей за корректность сценариев, планов и качество принимаемых управленческих решений и их реализации;
- сбалансированность планов (предполагается ресурсное обеспечение реализации планов: кадровое, материально – техническое, финансовое, информационное и т.д.);
- оптимальность (рациональность) (предполагается возможность выбора эффективного варианта сбалансированного плана);
- типизация содержания и процедур формирования сценариев, превентивных и оперативных планов по предупреждению и ликвидации последствий ЧС (под типизацией при этом понимается сведение всего многообразия сценариев, планов, управляющих и контролируемых воздействий к достаточно ограниченному множеству, эффективно покрывающему требования превентивного стратегического планирования и оперативного управления комплексами мероприятий);
- непрерывность и модифицируемость (процесс планирования должен быть скользящим, т.е. в каждый момент времени рассматривается реализованная часть планов и готовится основа для их принятия на будущий период);
- адаптивность, т.е. возможность оперативного целенаправленного изменения планов и их характеристик путем настройки;
- ориентация оперативных планов противодействия развитию ЧС на первоочередное использование местных и объектовых ресурсов, сил и средств;
- повышенное внимание к обучению, тренировке и подготовке населения поведению в условиях ЧС;
- превентивность стратегического и тактического планирования в условиях недостаточной исходной информации;
- синергизм, т.е. взаимное усиление планируемых мероприятий.

Риск возникновения и развития ЧС природного и техногенного типов прогнозируется на основе построения сценариев возникновения и развития таких ситуаций.

Процесс формирования сценариев развития техногенных катастроф и ЧС включает следующие основные этапы.

1. Возможное время развития ЧС и/или ее последствий на интервале  $[0, T]$  разбивается на дис-

кретные моменты времени  $t_i$  с шагом  $\tau_i$ . Период  $T$  характеризует время, в течение которого ликвидируется очаг поражения ЧС и останавливается ее дальнейшее развитие в зависимости от масштабов и нанесенного ущерба. Моменты соответствуют точкам контроля за развитием ЧС и вводу управляющих воздействий с целью улучшения обстановки и ситуации. Шаг сценария выбирается исходя из условия эффективного воздействия сил и средств, а также подготовки необходимых ресурсов на развитие ЧС в процессе противодействия.

2. Формирование начальной обстановки ( $t=0$ ) и условий, при которых наступает и развивается ЧС, а также оценка потерь (ущерба). На рассматриваемом этапе на основании исходной информации и данных разведки моделируется наступление ЧС и описываются возможные условия ее протекания в этой обстановке. Конкретизируются цели противодействия, оценивается их эффективность, ограничения на протекание и последствия ЧС, ресурсное обеспечение. Проводится пессимистическая предварительная оценка потерь (прежде всего человеческих) и материального ущерба от ЧС. Разрабатываются мероприятия по противодействию чрезвычайной ситуации в различных вариантах ее развития.
3. Организация и ввод в действие сил и средств ликвидации причин и последствий техногенных катастроф и ЧС для проведения спасательных и других неотложных работ в зависимости от их масштабов, характера и размера ущерба. Описываются процесс мобилизации и развертывания сил и средств, обеспечения материалами и питанием, оказания скорой медицинской помощи, в том числе подготовки к приему дополнительных оперативных подразделений, транспортных средств всех типов, пунктов развертывания стационаров для оказания помощи пострадавшим и т.д. Таким образом, на данном этапе кратко описываются все мероприятия, ресурсы, а также силы и средства, необходимые для эффективного противодействия ЧС.
4. Формирование текущей обстановки (в момент  $t_i$ ) и условий развития ЧС, а также корректировка оценок ожидаемого ущерба, т.е. на данном этапе описывается текущий комплекс работ аналогично п.2. На момент  $t_i$  в качестве исходной берутся данные о текущей обстановке и важнейшие показатели, полученные в момент времени  $t_{i-1}$ .

Далее описываются мероприятия с учетом новых условий, характерных для данного момента времени. Процесс описывается до полной ликвидации предполагаемой (наступившей) ЧС.

5. Проверка полноты и реальности полученного сценария и его коррекция для обеспечения максимальной адекватности реальному развитию ЧС. Сценарий проверяется экспертами (экспертная оценка) и реализуется в процессе обучения и тренировок по ликвидации последствий ЧС.
6. Формирование по заданному сценарию курса действий и оперативных планов противодействия чрезвычайной ситуации. На основе разработанного сценария определяется курс действий (граф целей и задач с логикой «И»), превентивные и оперативные планы действий по снижению риска и ущерба в виде множества различных форм документов и описаний (в момент  $t_i$ ) и распределения их по организационным структурам для исполнения. Таким образом, на основе сценария формируется генеральная цель операции, обеспечивающая для системы создание желаемой ситуации в будущем. Сформулированная генеральная цель разворачивается в иерархию цепей и задач, называемую курсом действий. Курс действий представляет собой граф целей и задач, образованный в результате принятия решений из полного альтернативного графа. Возможны два пути формирования генеральных целей с соответствующими иерархиями подцелей и задач и, следовательно, два пути формирования курса действий: из всех альтернативных сценариев выбирается наиболее вероятный и в соответствии с ним вырабатываются генеральная цель и курс действий; для каждого альтернативного сценария строится своя генеральная цель со своей иерархией подцелей и задач (вариантное планирование). Однако во всех случаях для каждого сценария рассматривается несколько альтернативных генеральных целей, и, значит, несколько альтернативных курсов действий.

Сформированный таким образом сценарий позволяет адекватно отразить процесс развития ЧС, разработать стратегии организации и реализации превентивных и оперативных мер противодействия ЧС, сформировать стратегические и тактические планы действий, провести качественный анализ последствий, а также прогнозировать данные о предполагаемых потерях и ущербе.

Рассмотрим задачи сценарного анализа техногенной безопасности типовых потенциально опасных объектов, решаемые в процессе планирования и подготовки управленческих решений по предупреждению и ликвидации причин и последствий возможных ЧС.

Здесь необходимо кратко напомнить основные принципы и подходы к формированию и исследованию моделей развития ситуации, служащих основой для разработки сценариев реализации управленческих решений<sup>4</sup>.

Процесс моделирования и синтеза альтернативных сценариев развития ситуации осуществляется с использованием аппарата функциональных знаковых графов. Математическая модель знаковых, взвешенных знаковых, функциональных знаковых оргграфов, т.е. ориентированных графов, является расширением классической графовой модели. Кроме оргграфа  $G(X, E)$ , где  $X$  – конечное множество вершин, а  $E$  – множество дуг графа, в модель включаются дополнительные компоненты. В частности, вводится множество параметров вершин  $V = \{v_i, i \leq N = \|X\|\}$ . В соответствие каждой вершине  $x_i$  ставится ее параметр  $v_i \in V$ . Вводится также функционал преобразования дуг  $F(V, E)$ , т.е. в соответствие каждой дуге ставится либо знак, либо вес, либо функция.

Содержательно параметрами вершин графа являются ключевые показатели, описывающие состояние и динамику развития ситуации (факторы), структура графа отражает причинно – следственные связи между ними. Совокупность значений параметров вершин графовой модели описывает конкретное состояние исследуемой ситуации в определенный момент времени. Изменение значений параметров вершин графа порождает импульс и интерпретируется как переход системы из одного состояния в другое. Управление развитием ситуации моделируется изменением структуры и подаваемыми импульсами в определенные вершины графа.

## 2. Сценарный анализ безопасности станции метрополитена в условиях чрезвычайной ситуации

Как известно, подземные сооружения метрополитенов являются объектами высокой потенциальной опасности, что определяется целым рядом факторов, важнейшими из которых являются:

<sup>4</sup> Модели и методы анализа и синтеза сценариев развития социально-экономических систем: в 2-х кн. / под ред. В.Л. Шульца и В.В. Кульбы. – М.: Наука, 2012.

## Стратегия обеспечения национальной безопасности

- большое количество обслуживаемых метрополитеном пассажиров;
- массовое пребывание (высокая концентрация) людей в поездах, станционных помещениях и на межстанционных переходах в часы пик;
- возможность паники и необходимость эвакуации большого количества пассажиров;
- значительная глубина заложения большинства туннелей и станционных сооружений;
- ограниченное количество наклонных тоннелей и вертикальных шахт, выходящих на поверхность;
- большая протяженность и ограниченная пропускная способность путей эвакуации;
- высокая сложность обеспечения беспрепятственной и безопасной эвакуации пассажиров из остановившихся в перегонных тоннелях поездов;
- наличие силовых устройств и электросетей, находящихся под высоким напряжением;
- высокая скорость задымления тоннелей и помещений станций, сложность ведения разведки и контроля очагов возгорания;
- необходимость прокладки рукавных линий на большие расстояния с учетом сложности планировки помещений и доступа к вагонам;
- влияние вентиляции на газообмен пожара;
- быстрое нарастание значений опасных факторов пожара до критических значений;
- угроза деформации и потери несущей способности конструктивных элементов станции и т.п.

Кроме того, станции метрополитена и их окружение являются сложными социально – техническими системами, характеризующимися значительным количеством силового, эскалаторного, контрольно – пропускного, вентиляционного, климатического, осветительного и иных видов технологического оборудования; наличием помещений различных категорий взрывопожарной и пожарной опасности, а также огнестойкости несущих конструкций; значительным количеством коммерческих предприятий различного предназначения (киосков, лотков, торговых и рекламных стендов), размещаемых в наземных и подземных вестибюлях, в переходах и на платформах станций метрополитена и т.п.

Рассмотрим комплекс сценарных моделей прогнозирования, планирования и управления предупреждением и ликвидацией причин и последствий техногенных катастроф и ЧС на объектах метрополитена. В качестве примера будем использовать гипотетическую чрезвычайную ситуацию, инициированную условным взрывом

на типичной станции метрополитена глубокого заложения, которых в Москве насчитывается более 70. Данный тип станций наиболее характерен для Центрального административного округа (ЦАО) г. Москвы, который и будем рассматривать в приведенном ниже модельном примере. При построении модели ограничим зоны риска исключительно пределами станции. Для обеспечения общности модели исключим также из рассмотрения представляющие наибольшую опасность с точки зрения последствий ЧС пиковые часы работы метрополитена, а также наиболее загруженные станции и пересадочные узлы с суммарной суточной нагрузкой, существенно превышающей 50 тысяч пассажиров (как известно, наиболее загруженные станции ежедневно обслуживают 100 – 150 тысяч человек). Будем считать, что количество людей на станции на момент возникновения ЧС соответствует ее среднестатистической загруженности и составляет порядка 800 человек.

Структурно разработанная имитационная модель состоит из трех частей:

1. модель безопасности станции и людей;
2. модель этапов работы окружного звена Московской городской системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (МГСЧС) ЦАО;
3. модель сил и средств, привлекаемых для ликвидации ЧС.

Модель в зависимости от целей сценарного исследования быть расширена за счет включения информации о маршруте следования к станции метро ближайшей пожарной части (ПЧ). В частности, может быть рассмотрена ситуация, связанная с трудностями выдвижения данной ПЧ в связи с загруженностью транспортных магистралей или по иным причинам. Кроме того, дополнительно могут быть использованы сведения о расположении лечебных учреждений со стационарами, в которые могут поступать пострадавшие, а также основные социально – значимые и потенциально опасные объекты, расположенные поблизости от рассматриваемой станции метро (если таковые имеются).

*Модель безопасности станции и людей* включает следующие аспекты безопасности:

1. безопасность людей;
2. безопасность условий пребывания;
3. механическая (травматическая) безопасность;
4. пожарная безопасность.

При необходимости количество аспектов безопасности может быть увеличено. Каждый из перечисленных аспектов безопасности включает несколько связанных факторов. Топология данной части модели представлена на рис. 1.

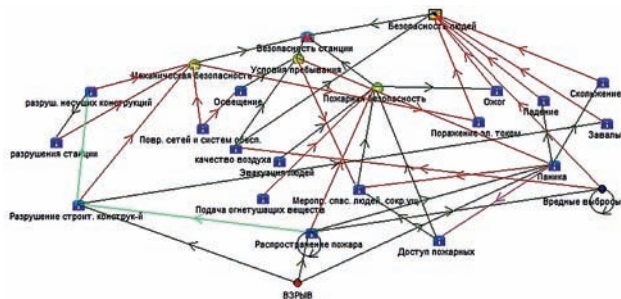


Рис. 1. Модель безопасности станции и людей

Модель этапов работы окружного звена МГСЧС ЦАО. Основными моделируемыми этапами работы окружного звена МГСЧС ЦАО при возникновении ЧС на станции метрополитена являются следующие.

*Первый этап* — принятие экстренных мер:

- оповещение людей об опасности;
- принятие экстренных мер по защите граждан, оказанию помощи пострадавшим и локализации аварии;
- прибытие оперативной группы (ОГ) МГСЧС ЦАО;
- организация разведки зоны ЧС;
- оповещение и сбор оперативного штаба ликвидации чрезвычайной ситуации (ЛЧС) и комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности (КЧСиПБ);
- уточнение задач силам МГСЧС постоянной готовности;
- приведение в готовность сил окружного звена МГСЧС.

*Второй этап* — оперативное планирование аварийно – спасательных и других неотложных работ (АСДНР):

- сбор информации для выработки решения КЧСиПБ;
- организация и планирование работ;
- организация взаимодействия между привлекаемыми силами и средствами.

*Третий этап* — ликвидация ЧС (проведение АСДНР):

- развертывание штаба ЛЧС, организация связи с действующими в районе ЧС и вышестоящими органами управления, включая комиссию по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности (КЧСиПБ) г. Москвы;
- сбор исполнителей и взаимодействующих органов управления, развернутых в районе ЧС, уточнение обстановки, состава сил, плана действий, доклад предложений по ликвидации ЧС;
- выработка предложений КЧСиПБ г. Москвы для принятия оперативных решений;
- обеспечение своевременности доведения задач до подчиненных и взаимодействующих органов управления;
- организация информационного обмена об обстановке, принимаемых мерах с взаимодействующими (соседними) органами управления (КЧСиПБ).

*Четвертый этап* — выполнение мероприятий по защите населения и реабилитации территории, подвергшейся воздействию поражающих факторов ЧС: полная дезактивация, дегазация и дезинфекция объектов; восстановление электро-, водо-, и газоснабжения, коммунальных сетей, линий связи, и т.п.

Кроме перечисленных мероприятий на первом этапе проводятся аварийно – спасательные и другие неотложные работы (АСДНР), которые включают:

- поиск пострадавших и их эвакуация из очага заражения;
- проведение частичной санитарной обработки пострадавших;
- доставка пострадавших на места погрузки на автотранспорт;
- оказание доврачебной медицинской помощи, эвакуационно – транспортная сортировка;
- доставка пострадавших в специальные медицинские учреждения;
- оказание квалифицированной медицинской помощи.

Модель этапов работы окружного звена МГСЧС ЦАО и АСДНР представлена на рис. 2. В структуре модели учитывается, что мероприятия отдельных этапов непосредственно связаны между собой.

## Стратегия обеспечения национальной безопасности

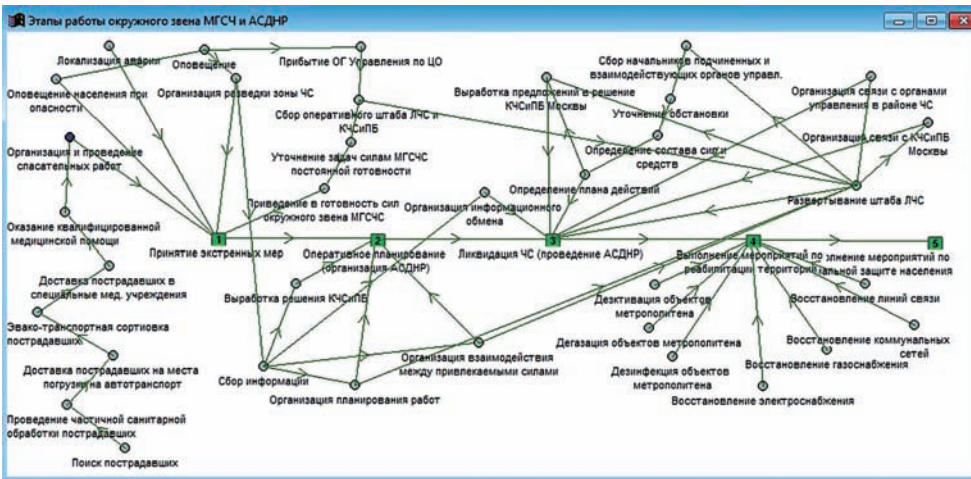


Рис.2. Модель этапов работы окружного звена МЧС ЧС ЦАО и АСДНР

Модель сил и средств, привлекаемых для ликвидации ЧС. Множество факторов модели строится на основе информации о фактическом наличии сил и средств ликвидации ЧС, нормативных данных о группировке сил МЧС ЧС через 10 минут после возникновения чрезвычайной ситуации и включает:

- службы метрополитена;
  - отряд по охране метрополитена;
  - оперативные группы ЦАО;
  - пожарные и специализированные пожарные части (ПЧ и СПЧ);
  - поисково – спасательный отряд;
  - подразделения и службы УВД ЦАО;
  - Мосэнерго;
  - Мосводоканал;
  - Мосгаз;
  - силы ЦЭМП (Центра экстренной медицинской помощи);
  - Москоллектор;
  - иные аварийно – спасательные формирования.
- Дополнительными факторами в модели являются следующие вершины:
- активация сил и средств;
  - время прибытия ПЧ и служб спасения;
  - количество человек на станции.
- Основные дуги в модели являются круговыми, что означает непрерывную активность сил и средств. Если необходимо, модель может быть расширена путем замены факторов новыми подструктурами (например, фактор ПЧ и СПЧ можно заменить моделью пожаротушения и т.п.).

*Объединенная модель ликвидации ЧС.* Топология единой ситуационной модели, представляющей собой объединение трех рассмотренных выше, представлена на рис. 3.

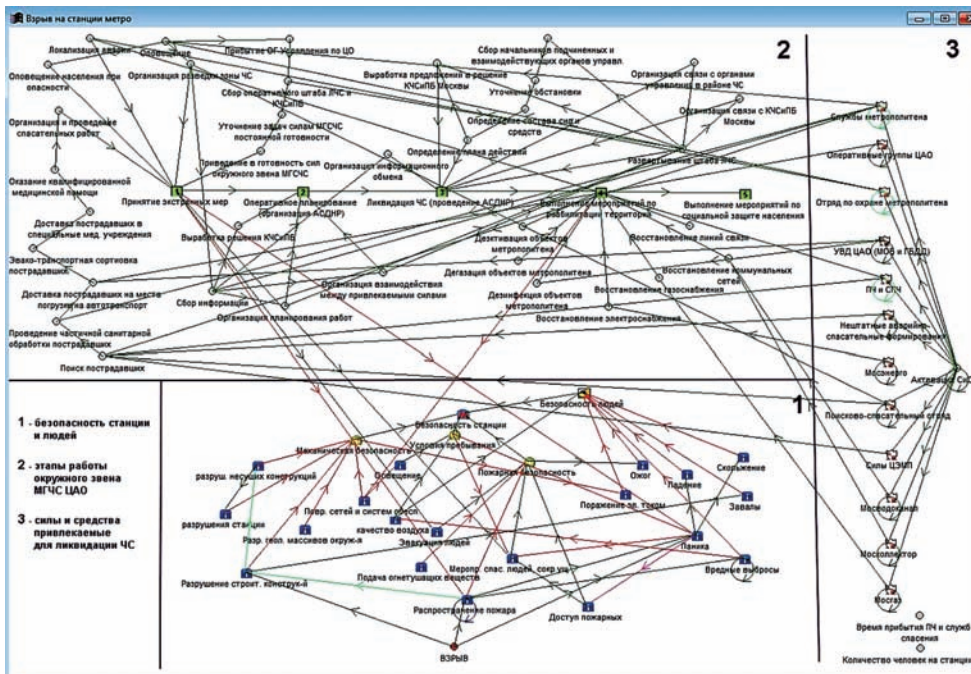


Рис. 3. Объединенная модель ликвидации ЧС



Рассмотрим базовые сценарии, полученные при моделировании развития чрезвычайной ситуации на объекте метрополитена.

*Сценарий 1: «Пожар, вызванный взрывом и последующее тушение».* На первом этапе тушение пожара производится силами работников метрополитена (действуют до 20 шага). В начале процесса моделирования безопасность станции и людей растет. После 20 шага все важные характеристики постепенно приобретают отрицательную динамику. Затем, начиная с 100 шага, действия пожарных частей и других сил и средств изменяют ситуацию в благоприятном направлении (рис. 4).

*Сценарий 2: «Распространение паники при ликвидации ЧС».* Рассматривается ситуация, при которой возникновение ЧС и возгорание вызывает панику среди пассажиров, находящихся на станции. Паника существенно препятствует работе пожарно – спасательных подразделений и поиску пострадавших. Данной ситуации соответствует следующая модификация исходной модели:

- увеличение веса обратной взаимосвязи «Паника» → «Доступ пожарных» в 10 раз;

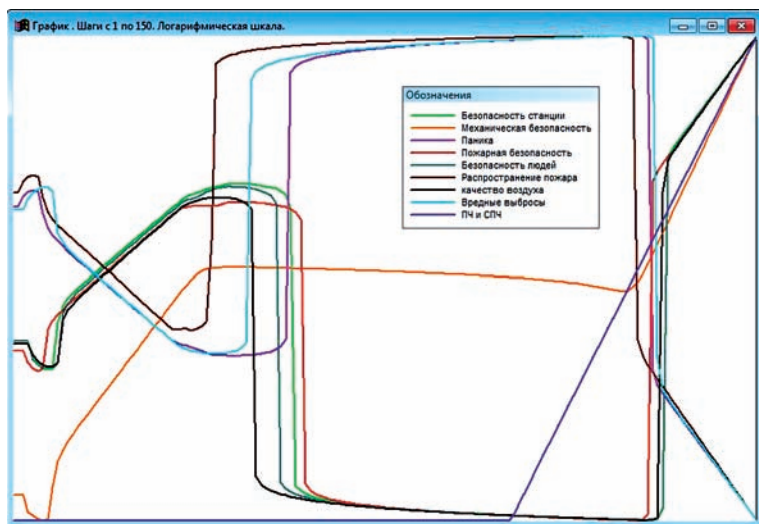


Рис. 4. Сценарий 1: «Пожар, вызванный взрывом и последующее тушение»

- добавление новой дуги «Доступ пожарных» → (+1) → «Распространение пожара»;
- увеличение веса обратной взаимосвязи «Паника» → «Поиск пострадавших» в два раза.
- Динамика изменения основных факторов отражена на рис.5.

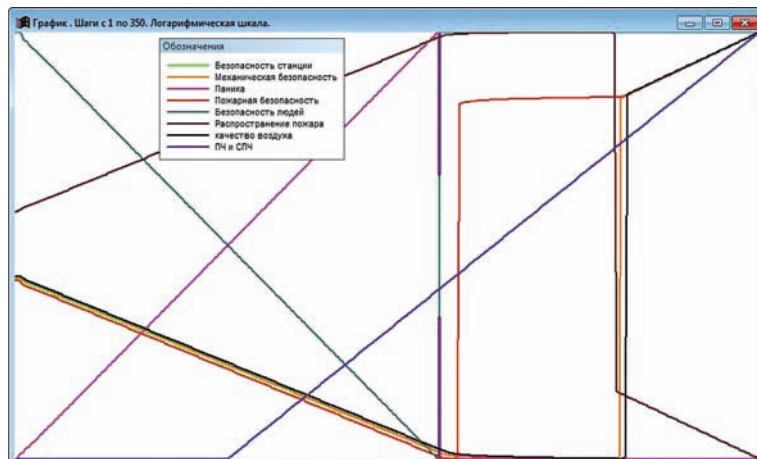


Рис. 5. Сценарий 2: «Распространение паники при ликвидации ЧС»

Изначально наблюдается снижение уровня безопасности людей, станционных сооружений и конструкций. Очаги возгорания не удается быстро локализовать и процесс распространения пожара продолжается. Существенными помехами предпринимаемым мерам

по тушению пожара являются присутствие на станции людей и не снижающаяся паника. Дальнейшее негативное развитие данной ситуации может привести к появлению жертв моделируемой техногенной катастрофы. С течением времени благодаря проводимым пожарно – спасательным мероприятиям фактор пожарной безопасности сначала стабилизируется, затем начинается его рост. Снижается также риск разрушения несущих конструкций станционных помещений одновременно со снижением интенсивности распространения пожара. Ускорение прибытия дополнительных ПЧ и СПЧ ускоряет рост уровня безопасности станции и результативности пожаротушения (в терминах разработанной модели), однако, что особенно важно,

данная оперативная ситуация складывается уже после появления первых жертв пожара.

*Сценарий 3: «Эффективность действий пожарно – спасательных служб по ликвидации ЧС».* В рамках данного сценария рассматривается вариант развития ситуации, в которой решительные и хорошо скоординированные действия спасателей способствуют снижению паники, что отражено в следующей модификации модели:

- добавлена отрицательная взаимосвязь «Эффективность деятельности ПЧ и СПЧ» → «Паника»;

## Стратегия обеспечения национальной безопасности

- добавлена нелинейная взаимосвязь «Паника» → «Эффективность деятельности ПЧ и СПЧ» (связь положительна, если наблюдается рост паники и отсутствует в противном случае)

Результаты моделирования представлены на рис.6. Как видно из приведенных на рисунке графических зависимостей, через короткое время после прибытия дополнительных ПЧ и СПЧ паника снижается. Это повышает эффективность пожаротушения и приводит к локализации очагов пожара и последующему росту уровня безопасности людей.

*Сценарий 4: «Моделирование потерь при работающих эскалаторах».* Целью данного сценария является анализ людских потерь среди пассажиров станции в результате возникновения ЧС. Основой для построения модели являются характеристики станции метро.

Проведем временное нормирование шагов моделирования следующим образом: 100 шагов = 10 мин, т.е. 1 шаг = 6 сек. Соответственно ПЧ и СПЧ придут на место ЧС по нормативам через 10 мин, т.е. через 100 шагов. Активность служб и отряда по охране метрополитена по спасению людей составляет 20 шагов = 2 мин. В период от 20 до 100 шагов (4,8 мин.) помощь в спасении собственными силами ограничена. Как и прежде, предполагается, что на станции метро находятся порядка 800 чел., что соответствует загруженности среднестатистической станции. Предположим, что эскалаторы на все время спасения не повреждены и являются единственным путем спасения. Скорость движения пассажиропотока на эскалаторе при работе на подъём составляет 3,0 тыс. чел./час. Таким образом, скорость эвакуации людей составляет 5 чел/сек. Следует также учесть, что скорость эвакуации падает при снижении уровня безопасности людей. Кроме того, эвакуация пострадавших осуществляется медленнее, чем здоровых людей (эвакуация каждого, пострадавшего занимает в два раза больше времени). В течение каждых 6 сек. (1 шаг) добавляется один пострадавший.

В соответствии с данными начальными условиями проведена следующая модификация модели:

- добавлены новые факторы:
  - количество человек на станции метро,
  - скорость эвакуации,
  - скорость поражения людей,
  - количество эвакуированных,
  - количество пораженных,
  - количество спасенных без поражений;
- добавлены новые взаимосвязи:
  - скорость эвакуации → (-1) → количество человек на станции,
  - скорость эвакуации → (+1) → количество эвакуированных,
  - скорость эвакуации → (+1) → количество спасенных без поражений,
  - скорость поражения → (+1) → количество пораженных,
  - скорость поражения → (-1) → количество спасенных без поражений,
  - скорость эвакуации → (5, если безопасность людей растёт или 2 в противном случае) → скорость эвакуации (круговая дуга),
  - скорость поражения → (+1) → скорость поражения (круговая дуга);
- условия активности факторов:
  - фактор «Скорость эвакуации» активен, если количество человек на станции больше нуля,
  - фактор «Скорость поражения» активен, если количество человек на станции больше нуля;
- начальные импульсы:
  - скорость эвакуации +1;
  - скорость поражения +1.

Результаты моделирования представлены на рис.7 (качественные результаты) и рис. 8 (количественные результаты).

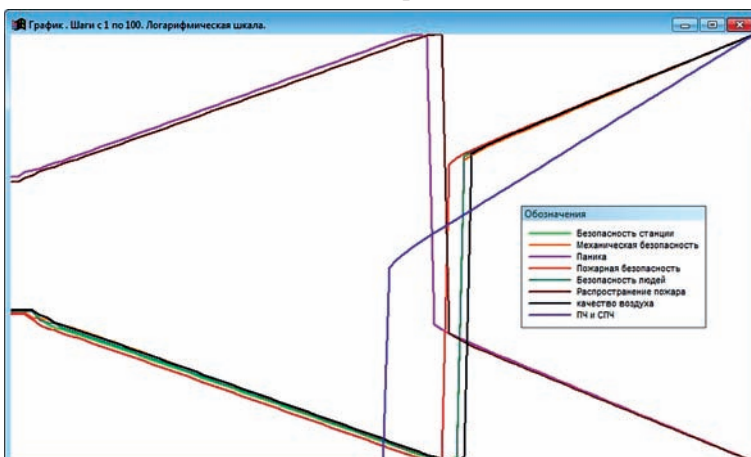


Рис.6. Сценарий 3: «Эффективность действий пожарно – спасательных служб по ликвидации ЧС»

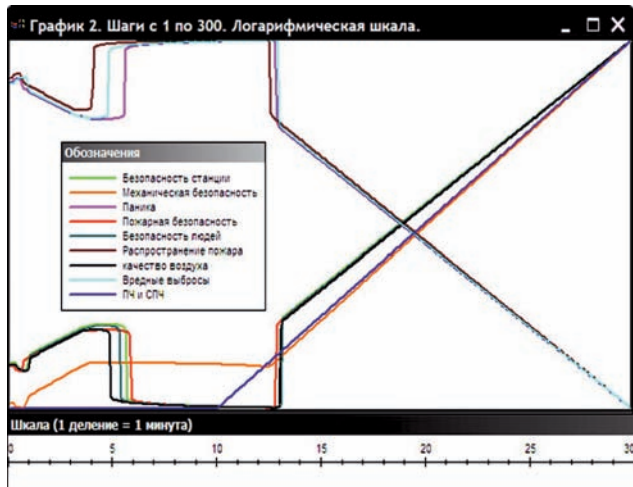


Рис. 7. Сценарий 4: «Моделирование потерь при работающих эскалаторах» (качественные результаты)

Результаты моделирования показали, что в итоге проведения работ по ликвидации ЧС из 800 эвакуированных человек 271 является пострадавшим (получившим повреждения), а 529 человек спасены без повреждений и вреда для здоровья.

Сценарий 5: «Моделирование потерь при неработающих эскалаторах». Модификация предыдущей модели: скорость эвакуации людей составляет 3 чел/сек, скорость эвакуации пострадавших – 2 чел/сек (указанные скорости эвакуации не могут быть отрицательными). Качественные и количественные результаты моделирования представлены на рис. 9 и 10 соответственно.

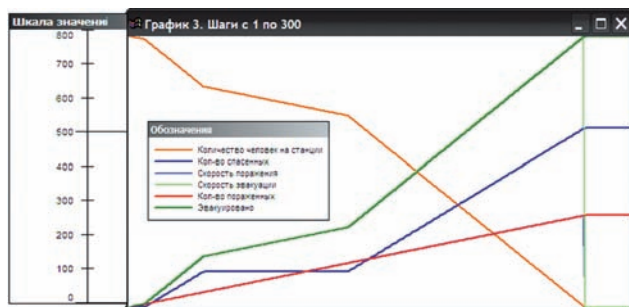


Рис. 8. Сценарий 4: «Моделирование потерь при работающих эскалаторах» (количественные результаты)

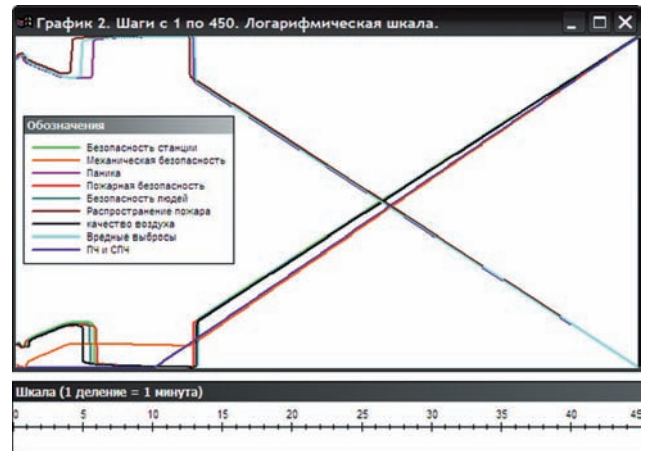


Рис. 9. Сценарий 5: «Моделирование потерь при неработающих эскалаторах» (качественные результаты)

В итоге проведения работ по ликвидации ЧС по результатам моделирования из 800 эвакуированных человек получили повреждения 447 человек, 353 человека спаслись без повреждений. Результаты оказались почти в два раза хуже. Кроме того, время эвакуации увеличилось на 12 мин.

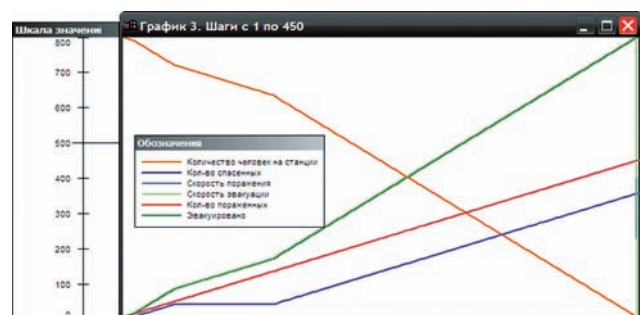


Рис. 10. Сценарий 5: «Моделирование потерь при неработающих эскалаторах» (количественные результаты)

### 3. Сценарный анализ безопасности наземных зданий и сооружений при возникновении чрезвычайных ситуаций

Любое здание и сооружение является сложной системой, и его безопасность включает в себя различные аспекты (механический, технологический, энергетический, пожарный и т.д.). Традиционно используемые методы моделирования подобных объектов основаны на наличии полной информации о них, их окружении, и внутренних параметрах и характеристиках, а также об их взаимовлияниях. Однако на практике собрать реальные данные необходимой степени полноты, точности и достоверности практически невозможно, особенно в условиях быстро меняющейся обстановки и развитии чрезвычайной ситуации.

Входной информацией при построении и исследовании модели объекта является совокупность анализируемых факторов безопасности здания, их характеристик и причинно – следственных связей между ними, а также имеющиеся количественные данные и их экспертные оценки. Таким образом, входной информацией является структура моделируемого объекта, его характеристики и варианты управленческих решений, направленных на повышение безопасности или ликвидацию чрезвычайной ситуации. Структура модели должна быть гибкой, т.е. иметь возможность быстрой актуализации в соответствии с изменяющейся обстановкой.

Для упрощения модели здесь не будут рассматриваться обладающие большим числом

существенных специфических особенностей объекты с высоким классом опасности (в соответствии с установленной МЧС РФ классификацией<sup>5</sup>). В силу этого в качестве основы для построения базовой модели безопасности здания принят технический регламент о безопасности зданий и сооружений<sup>6</sup>. Основное содержание данного регламента содержится в перечне требований, сгруппированных в соответствии с аспектами безопасности зданий и сооружений при реализации процессов проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса).

На основе анализа технического регламента выделены факторы модели здания, относящиеся к перечисленным аспектам безопасности, и определены взаимовлияния между этими факторами. Перечень используемых факторов приведен в табл. 2.

Определены также взаимосвязи (дуги) базовой модели безопасности зданий (сооружений). Основой для построения базовой имитационной модели эффективности пожаротушения служит «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»<sup>7</sup>. Основное содержание используемого для построения имитационной модели регламента содержится в перечне требований к пожарной безопасности, сгруппированных по аспектам пожаротушения.

Выделены следующие факторы базовой имитационной модели оценки эффективности пожаротушения, которые сведены в табл. 3.

<sup>5</sup> Приказ от МЧС РФ от 28 февраля 2003 г. N 105 «Об утверждении требований по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения. – <http://prc.su/prikaz/?them=164>.

<sup>6</sup> Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». – <http://base.consultant.ru/>.

<sup>7</sup> Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (раздел 5) – <http://base.consultant.ru/>.

Таблица 2  
Перечень факторов модели здания

№ НАИМЕНОВАНИЕ ФАКТОРА	№ НАИМЕНОВАНИЕ ФАКТОРА
1. Безопасность здания.	29. Качество воды.
2. Механическая безопасность.	30. Инсоляция и солнцезащита.
3. Доступность для инвалидов.	31. Естественное и искусственное освещение.
4. Энергетическая эффективность.	32. Защита от шума.
5. Безопасность воздействия на окружающую среду.	33. Микроклимат помещений.
6. Разрушение несущих конструкций.	34. Регулирование влажности.
7. Пожарная безопасность.	35. Уровень вибрации.
8. Природная и техногенная безопасность.	36. Напряженность электромагнитного поля.
9. Здоровые условия проживания (пребывания).	37. Ионизирующее излучение.
10. Безопасность для пользователей.	38. Скольжение.
11. Разрушения всего здания.	39. Падение.
12. Разрушение строительных конструкций.	40. Ожог.
13. Разрушение основания зданий.	41. Поражение электротоком.
14. Разрушение геологических массивов окружения	42. Взрыв.
15. Устойчивость во времени.	43. Защита при проектировании.
16. Ограничение распространения пожара.	44. Проектирование с учетом доступности.
17. Распространение пожара на соседние здания.	45. Наличие транспортной инфраструктуры для инвалидов.
18. Повреждение сетей и систем обеспечения.	46. Нерациональный расход электроэнергии.
19. Эвакуация людей.	47. Проектирование с учетом рационального расхода ресурсов.
20. Доступ пожарных в помещения.	48. Нештатный расход энергии.
21. Подача огнетушащих веществ.	49. Вредные выбросы.
22. Мероприятия по спасению людей и сокращению ущерба.	50. Шум.
23. Проектирование с защитой от техногенного риска.	51. Выбросы в атмосферу
24. Наводнение.	52. Очистные сооружения
25. Землетрясение.	53. Техническое обслуживание
26. Сель.	54. Мониторинг состояния
27. Проектирование с защитой от вредных воздействий.	55. Правила эксплуатации
28. Качество воздуха.	

**Стратегия обеспечения национальной безопасности**

Таблица 3

*Перечень факторов оценки эффективности пожаротушения*

<b>№ НАИМЕНОВАНИЕ ФАКТОРА</b>	<b>№ НАИМЕНОВАНИЕ ФАКТОРА</b>
1. Эффективность пожаротушения.	29. Мобильность.
2. Первичные средства пожаротушения.	30. Безопасность транспортировки.
3. Огнетушители.	31. Автоматические установки пожаротушения.
4. Тушение одним человеком.	32. Своевременность обнаружения пожара.
5. Безопасность человека при тушении.	33. Запуск автоматической установки пожаротушения.
6. Доступность огнетушителей.	34. Подача средств огнетушения.
7. Пожарные шкафы.	35. Задержка средств для эвакуации.
8. Укомплектованность.	36. Дистанционное управление.
9. Скорость и безопасность доступа.	37. Снижение скорости распространения пожара.
10. Помеха для путей эвакуации.	38. Средства индивидуальной защиты пожарных.
11. Горючесть материалов.	39. Защита от вредных факторов.
12. Удобство внешнего оформления информации.	40. Защита от травм.
13. Пожарные краны.	41. Климатическая защита.
14. Открытие одним чел.	42. Визуальное наблюдение.
15. Совместимость с пожарными рукавами.	43. Защита дыхания и зрения.
16. Мобильные средства пожаротушения.	44. Защита от теплового воздействия.
17. Пожарные автомобили.	45. Средства спасения граждан.
18. Доставка личного состава пожарных служб.	46. Безопасность эвакуации
19. Доставка средств огнетушения.	47. Самоспасение.
20. Доставка пожарного оборудования.	48. Надежность.
21. Доставка средств индивидуальной защиты.	49. Простота эксплуатации.
22. Доставка средств спасения.	50. Автоматические устройства пожарной сигнализации.
23. Доставка пожарного инструмента.	51. Электрическая и информационная совместимость.
24. Подача огнетушащих средств.	52. Функционирование при пожаре.
25. Проведение аварийно – спасательных работ	53. Выдача сигналов об эвакуации.
26. Обеспечение безопасности пожарной охраны.	54. Управление автоматическими установками пожаротушения.
27. Забор и подача воды.	55. Бесперебойное электропитание.
28. Пожарные мотопомпы.	56. Помехозащищенность.

При формировании сводной модели было проведено объединение двух базовых моделей в единую путем слияния их структур и проведения межструктурных связей. Конкретная ситуационная модель формируется на основе базовой путем добавления в нее взаимосвязей между факторами, которые соответствуют текущему состоянию здания и особенностям его пожаротушения. Например, если эксплуатация здания связана с вредными веществами, то при разрушении строительных конструкций вследствие разгерметизации помещений появляется возможность утечки вредных веществ. Предположим, что неограниченное распространение пожара влечет разрушение строительных конструкций здания; разрушение несущих конструкций происходит медленнее прочих строительных конструкций в два раза; разрушение

несущих конструкций влечет за собой разрушение здания и т.п. Данные модификации модели отражают содержание паспорта безопасности здания в части пожарной безопасности и особенностей применяемых сил и средств пожаротушения. Исходя из описанной специфики проектирования здания и условий его эксплуатации, проведена соответствующая модификация модели, которая выразилась в добавлении ряда новых дуг.

На следующем этапе формирования ситуационной модели в рассматриваемом примере было проведено временное нормирование срабатывания взаимосвязей (точное нормирование всех взаимосвязей проводится специалистами и экспертами в рассматриваемой предметной области).

Структура модифицированной модели приведена на рис.11.

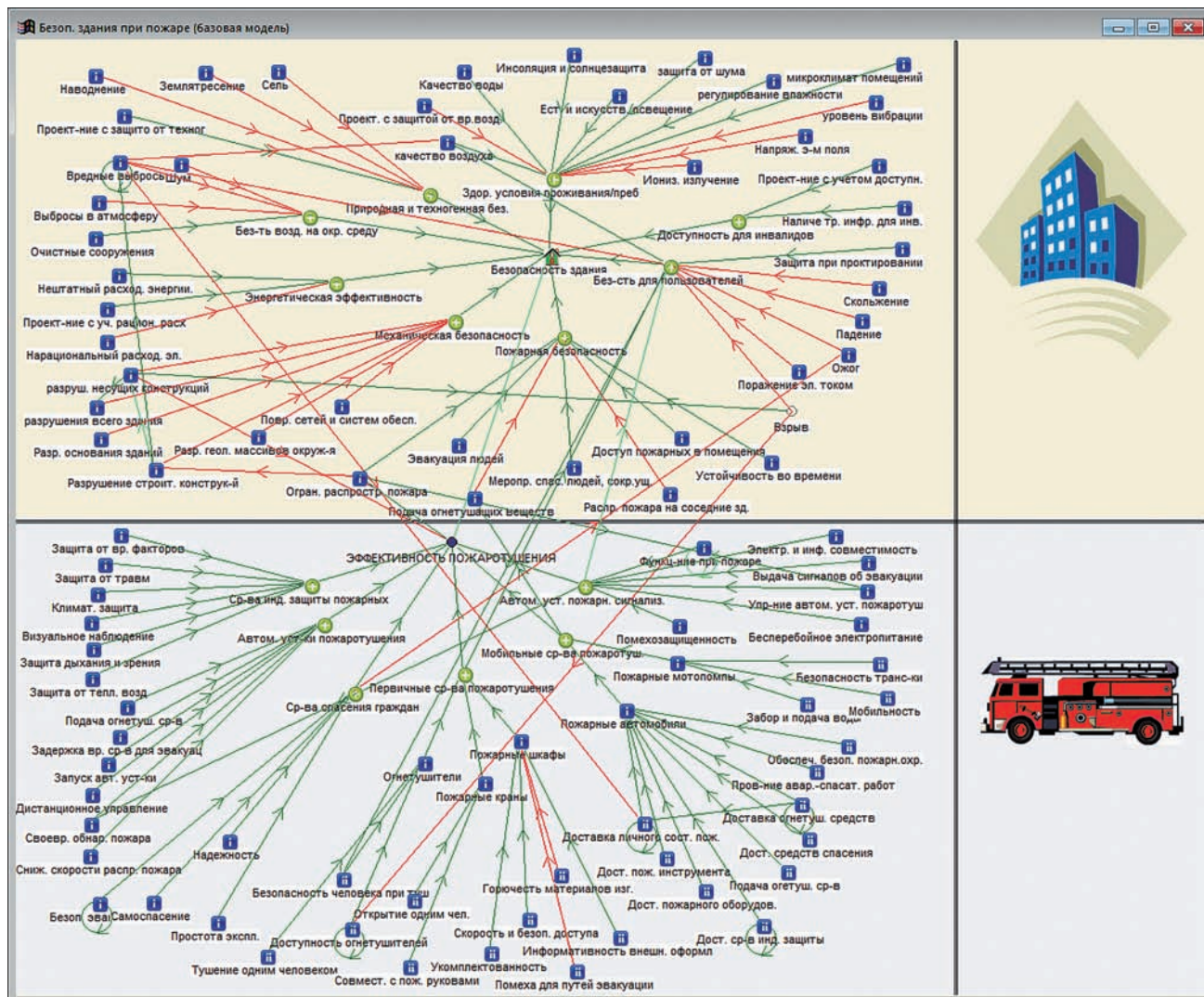


Рис. 11. Структура модифицированной модели безопасности здания

## Стратегия обеспечения национальной безопасности

Рассмотрим сценарий возникновения и процесса распространения пожара здания, а также его тушения. Для запуска процесса моделирования и последующего получения сценария пожаротушения были использованы следующие начальные импульсы:

- отрицательный импульс дан в фактор «Ограничение распространения пожара»;
- положительный импульс дан в фактор «Доступность огнетушителей»;
- положительный импульс дан в фактор «Доставка личного состава пожарной охраны»;
- положительный импульс дан в фактор «Доставка огнетушащих средств»;
- положительный импульс дан в фактор «Доставка средств индивидуальной защиты»;
- положительный импульс дан в фактор «Безопасная эвакуация».

На рис. 12 представлен *итоговый сценарий пожаротушения*, который содержит 8 этапов.

1. Первые одиннадцать минут (0-11 мин) резко падают показатели пожарной безопасности здания и одновременно снижается уровень его общей безопасности.

Наблюдается также снижение уровня безопасности для находящихся в здании людей. Эффективность пожаротушения снижается. Первичные средства пожаротушения не задействованы. Рост вредных выбросов в атмосферу ухудшает качество воздуха и условия пребывания в здании людей, что еще больше снижает их безопасность. В конце рассматриваемого периода появляется необходимость применения первичных средств тушения, что приводит к возрастанию общей эффективности пожаротушения, которая, тем не менее, пока положительно не влияет на безопасность здания и людей в нем.

2. Вторая стадия (11-14 мин.) характеризуется ростом масштабов применения первичных средств тушения, что положительно сказывается на эффективности пожаротушения и отражается в росте пожарной безопасности здания. Тем не менее, продолжается некоторый рост объема вредных выбросов в атмосферу, что негативно влияет на безопасность людей. Интегральные показатели безопасности здания также падают.

3. Третья стадия (14-20 мин.) характеризуется уменьшением интенсивности применения первичных средств пожаротушения, которое связано с длительным падением уровня

безопасности находящихся в здании людей, что негативно влияет на их активность при тушении. Тем не менее, рост интенсивности применения первичных средств пожаротушения на предыдущем этапе привел к снижению вредных выбросов в атмосферу, что позволило несколько стабилизировать тенденцию снижения показателей общей безопасности здания. Снижение активности при тушении пожара изменило наблюдавшуюся на предыдущем этапе динамику роста уровня пожарной безопасности здания на отрицательную, поскольку эффективность пожаротушения стала снижаться.

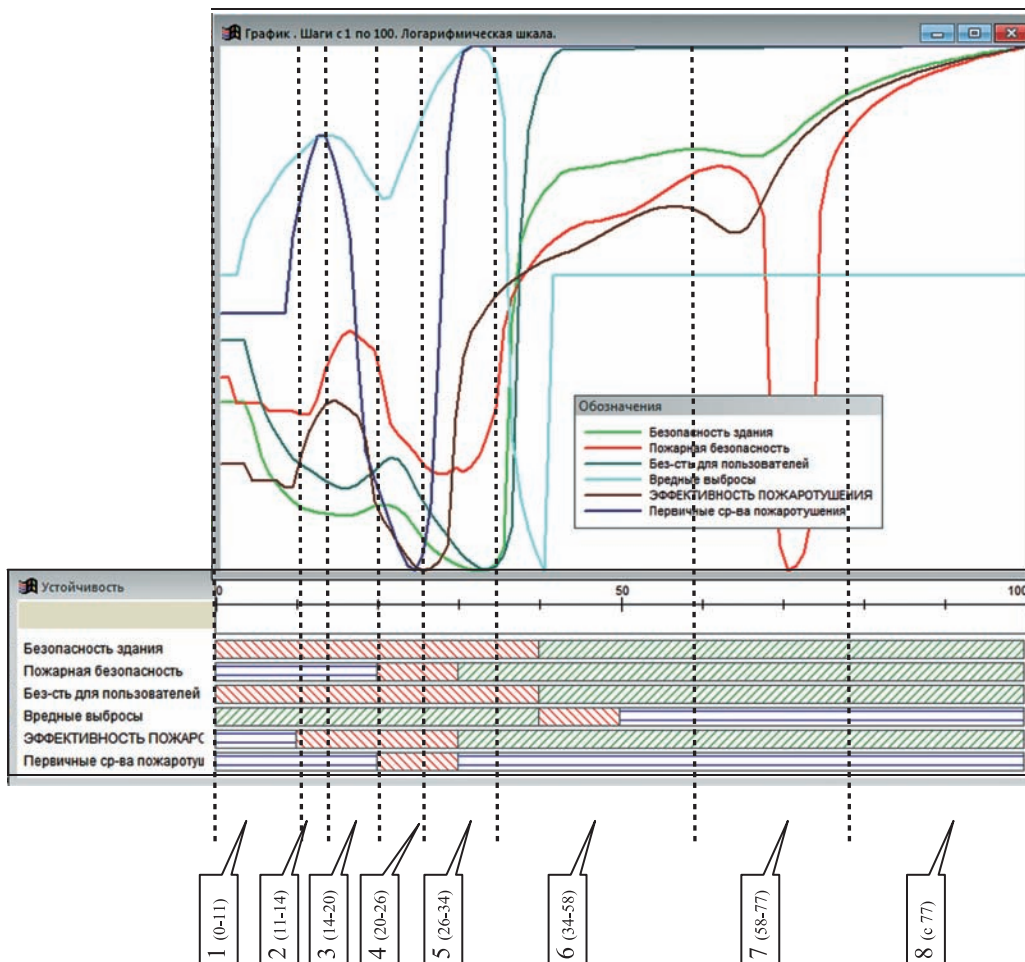


Рис. 12. Итоговый сценарий пожаротушения здания



4. Четвертая стадия (20-26 мин) характеризуется тем, что снижение вредных выбросов привело к временной стабилизации, а затем и к небольшому росту уровня безопасности находящихся в здании людей, что позволило остановить падение интенсивности применения первичных средств пожаротушения и привело к активизации сопротивления процессам распространения пожара. Тем не менее, предыдущая приостановка пожаротушения снова приводит к росту выброса вредных веществ. Начавшаяся на предыдущем этапе стабилизация фактора общей безопасности здания вновь имеет тенденцию к снижению.

5. На пятой стадии (26-34 мин.) продолжается рост интенсивности применения первичных средств пожаротушения, который достигает на этом этапе своего пика и в дальнейшем не изменяется. Это связано с тем, что данные средства перестают действовать в силу временных ограничений их живучести, заложенных в структуре модели. Тем не менее, наблюдавшийся всплеск активности обусловил рост интегральной эффективности пожаротушения. Вредные выбросы в атмосферу также стабилизируются, и в конце этапа намечается тенденция к их снижению. Также в конце этапа наблюдается сначала длительная стабилизация (3 мин.), а затем рост уровня пожарной безопасности здания. Факторы, характеризующие уровень безопасности людей и общей безопасности здания также прекратили свое снижение.

6. На шестой стадии (34-58) наблюдается рост эффективности пожаротушения, связанный с активными действиями прибывших пожарных подразделений. Наблюдается рост уровня общей безопасности людей и здания в целом. Выбросы вредных веществ по – прежнему стабильны. В момент активизации действий пожарных служб наблюдается резкий спад количества вредных выбросов.

7. Седьмая стадия (58-77 мин.) характеризуется продолжением положительных тенденций роста эффективности пожаротушения, уровня безопасности здания и находящихся в нем людей. Тем не менее, на данной стадии возможны кратковременные снижения показателей пожарной безопасности («зубец» на 70-72 мин.), которые существенно не влияют на эффективность пожаротушения и факторы безопасности здания.

8. Заключительная восьмая стадия (начиная с 77 мин.) характеризуется неуклонным повышением эффективности пожаротушения и ростом всех показателей безопасности здания. В дальнейшем характер рассматриваемого сценария не изменяется.

## Заключение

Разработанная методология сценарного анализа позволяет эффективно решать широкий спектр задач управления процессами предупреждения и ликвидации последствий техногенных катастроф и чрезвычайных ситуаций. Предложенные методы обеспечивают возможность комплексного многоаспектного исследования альтернативных вариантов развития чрезвычайной ситуации при заданных целевых и критериальных установках в условиях неопределенности.

Основным преимуществом предложенного подхода является возможность прогнозирования тенденций развития чрезвычайных ситуаций путем формирования альтернативных сценариев. Рассматриваемый подход позволяет делать выводы о наиболее вероятных и целесообразных направлениях развития динамических процессов, их устойчивости и других значимых характеристиках на основе информации о структурных особенностях исследуемой предметной области.

Практическое применение сценарного подхода позволяет проводить комплексный анализ текущей ситуации на заданном временном горизонте, формировать краткосрочные и долгосрочные прогнозы ее развития и планы противодействия возникающим угрозам, оценивать эффективность и согласованность множества распределенных во времени и пространстве стратегических и тактических управленческих решений по предупреждению и ликвидации причин и последствий чрезвычайных ситуаций.

Технология моделирования и сценарного анализа безопасности широкого круга потенциально опасных транспортных и инфраструктурных объектов, жилых и промышленных зданий и сооружений и т.п. включает:

- диагностический анализ и оценку обстановки (ситуации);
- разработку модели объекта, выбор критериев эффективности и оценку их относительной важности;
- генерацию возможных сценариев развития ситуации;
- оценку разработанных сценариев (в первую очередь управления процессами предупреждения и ликвидации последствий ЧС), а также выбор наилучшего из них по заданному критерию эффективности;

## Стратегия обеспечения национальной безопасности

- непрерывный анализ мониторинговой информации об обстановке и внесение соответствующих изменений в структуры моделей на основе полученных данных;
- оценку и выбор управляющих воздействий по ликвидации чрезвычайных ситуаций и повышению уровня безопасности;
- динамический анализ возможных последствий реализации управляющих воздействий;
- сбор данных о результатах реализации сценариев и их оценку.

Возможности разработанной методологии сценарного анализа и моделирования безусловно не ограничиваются приведенными в настоящей работе примерами – они гораздо шире.

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений развития предложенной методологии является типизация планирования и сценарного моделирования. Данное требующее отдельного рассмотрения направление предполагает выделение, анализ и паспортизацию типовых подклассов потенциально опасных объектов на основе утвержденной МЧС РФ классификации, включающей пять базовых классов, техногенные аварии на которых могут являться источниками возникновения федеральных (трансграничных), региональных, территориальных, местных и локальных чрезвычайных ситуаций соответственно.

Типизация (сведение всего многообразия планов, управляющих и контролирующих воздействий к достаточно ограниченному множеству) должна обеспечить возможность разработки и использования типовых механизмов и средств планирования и управления процессами предупреждения и ликвидации причин и последствий ЧС, а также значительную общность семантического и информационного содержания базовых (типовых) планов. Это, с одной стороны, обеспечит возможность использования при их составлении достаточно ограниченного множества информационных элементов, с другой – значительную инвариантность для органов управления различного уровня и ведомственной принадлежности, что должно упростить согласованную реализацию системы планов в различных режимах.

Развитие теоретических и прикладных исследований в рассматриваемой области обеспечит возможность решения широкого круга практических задач планирования и управления процессами предупреждения и ликвидации последствий ЧС на объектовом, муниципальном, региональном и федеральном уровнях.

### Библиография:

1. Федеральный закон Российской Федерации от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности». – <http://base.consultant.ru/>.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ “Технический регламент о безопасности зданий и сооружений”. – <http://base.consultant.ru/>.
3. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”. – <http://base.consultant.ru/>.
4. Модели и методы анализа и синтеза сценариев развития социально – экономических систем: в 2-х кн. / под ред. В.Л. Шульца, В.В. Кульбы. – М.: Наука 2012.
5. Архипова Н.И., Кульба В.В. Управление в чрезвычайных ситуациях. – М.: РГГУ, 2008.
6. Малинецкий Г.Г., Митин Н.А., Ахромеева Т.С. и др. Когнитивные центры как инструмент управления безопасностью сложных систем // Труды XX Международной конференции по проблемам управления безопасностью сложных систем. – М.: ИПУ РАН. 2012.
7. Малинецкий Г.Г., Кульба В.В., Махутов Н.А. и др. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика / Под ред. И.М. Макарова. – М.: Наука, 2000.
8. Косяченко С.А., Кузнецов Н.А., Кульба В.В., Шелков А.Б. Модели, методы и автоматизация управления в условиях чрезвычайных ситуаций (обзор). // Автоматика и Телемеханика, № 6, 1998.
9. Кульба В.В., Кононов Д.А., Косяченко С.А., Шубин А.Н. Методы формирования сценариев развития социально – экономических систем. – М.: СИНТЕГ, 2004.
10. Архипова Н.И., Кульба В.В., Косяченко С.А., Чанхиева Ф.Ю., Шелков А.Б. Организационное управление. – М.: Изд-во РГГУ, 2007.
11. Информационное обеспечение систем организационного управления (теоретические основы). В 3-х частях. / Под ред. Е.А. Микрина и В.В. Кульбы. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2011.

### References (transliteration):

1. Arkhipova N.I., Kul'ba V.V. Upravlenie v chrezvychaynykh situatsiyakh. – М.: RGGU, 2008.

2. Malinetskiy G.G., Mitin N.A., Akhromeeva T.S. i dr. Kognitivnye tsentry kak instrument upravleniya bezopasnost'yu slozhnykh sistem // Trudy XX Mezhdunarodnoy konferentsii po problemam upravleniya bezopasnost'yu slozhnykh sistem. – M.: IPU RAN. 2012.
3. Malinetskiy G.G., Kul'ba V.V., Makhutov N.A. i dr. Upravlenie riskom: Risk. Ustoychivoe razvitie. Sinergetika / Pod red. I.M. Makarova. – M.: Nauka, 2000.
4. Kosyachenko S.A., Kuznetsov N.A., Kul'ba V.V., Shelkov A.B. Modeli, metody i avtomatizatsiya upravleniya v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy (obzor). // Avtomatika i Telemekhanika, № 6, 1998.
5. Kul'ba V.V., Kononov D.A., Kosyachenko S.A., Shubin A.N. Metody formirovaniya stsensariiev razvitiya sotsial'no – ekonomicheskikh sistem. – M.: SINTEG, 2004.
6. Arkhipova N.I., Kul'ba V.V., Kosyachenko S.A., Chankhieva F.Yu., Shelkov A.B. Organizatsionnoe upravlenie. – M.: Izd-vo RGGU, 2007.