

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра транспорта

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Е.С. Воеводин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

## **МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

**Совершенствование методики оценки уязвимости  
объектов транспортной инфраструктуры**

23.04.01 «Технология транспортных процессов»

«Оценка соответствия и экспертиза безопасности на транспорте»

Научный руководитель

д.т.н., профессор И.М. Блянкинштейн

Выпускник

А.Б. Пурис

Рецензент

директор ЦПК СТК СФУ В.Ф. Лесун

Красноярск 2020

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Совершенствование методики оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры» содержит 84 страницы текстового документа, 26 использованных источника.

**ТРАНСПОРТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОБЪЕКТ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ, ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ, МОДЕЛЬ НАРУШИТЕЛЯ, УЩЕРБ, РИСК, МЕРЫ ЗАЩИЩЕННОСТИ, ЧАСТОТА БЕЗУБЫТОЧНОСТИ.**

Объект исследования – Николаевский автомобильный мост в городе Красноярске.

Предмет исследования – оценка уязвимости объектов транспортной инфраструктуры (далее - ОТИ) от актов незаконного вмешательства (далее - АНВ).

Цель диссертационной работы – выработать предложения по усовершенствованию методики оценки уязвимости ОТИ.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть структуру обеспечения транспортной безопасности;
- выделить факторы (критерии) оценки уязвимости ОТИ от АНВ;
- провести анализ методов оценки уязвимости ОТИ от АНВ в других странах;
- разработать предложения для более эффективной оценки уязвимости;
- выполнить оценку уязвимости исследуемого автомобильного моста с применением дополнительных параметров оценки.

В результате проведения сравнительного анализа методов оценки уязвимости ОТИ от АНВ в России и экономически развитых странах (США, ЕС) установлено, что в России оценка уязвимости заключается в экспертной оценке вероятности своевременного обнаружения нарушителей и прибытия сил охраны к критическому элементу объекта, а в США эта система построена на основе оценки и управления рисками, которая является более эффективной.

Использование предложенной методики совершенствует существующую методику путем введения дополнительного параметра оценки уязвимости - экономической оценке рисков обеспечения защищенности ОТИ.

Предложенный дополнительный параметр дает более точную характеристику оценки уязвимости объекта, и позволяет более эффективно организовать работу по защите транспортных объектов от АНВ.

Основные материалы работы докладывались на Международной научно-практической конференции «Перспектив Свободный».

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Структура системы обеспечения транспортной безопасности .....	8
1.1 Субъекты обеспечения безопасности на транспорте и объекты защиты....	8
1.2 Обязанности субъектов транспортной деятельности.....	10
1.3 Федеральный государственный контроль в области транспортной безопасности.....	10
1.4 Этапы обеспечения транспортной безопасности.....	14
1.5 Пути совершенствования критериев категорирования.....	17
1.6 Порядок оценки уязвимости ОТИ.....	18
1.7 Угрозы безопасности на транспорте .....	20
1.8 Вероятные угрозы акта незаконного вмешательства (АНВ) в деятельность транспортного комплекса .....	20
2 Методы оценки защищенности (безопасности) ОТИ от АНВ .....	28
2.1 Критерии оценки уязвимости ОТИ дорожного хозяйства .....	28
2.2 Алгоритм обеспечения защищенности ОТИ ДХ в России.....	30
2.3 Алгоритм оценки защищенности ОТИ ДХ в США.....	38
3 Мосты как основной объект транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства .....	57
3.1 Типизация мостов .....	57
3.2 Исходные данные по объекту исследования.....	61
3.3 Сценарии реализации АНВ на мосту .....	61
4 Оценка ущерба и интегрального риска. Допустимый риск от АНВ на мостах	63
4.1 Исходные предпосылки для оценки ущерба и интегрального риска .....	63
4.2 Реализация процедуры риск-менеджмента безопасности для обеспечения защищенности моста от АНВ .....	65
4.3 Оценка прямых и косвенных затрат (ущербов) и интегрального риска для моста .....	68
4.4 Оценка влияния разных факторов на уровень уязвимости и защищенности моста. Обоснование мер по повышению его защищенности от АНВ.....	75
Заключение .....	80
Список использованных источников .....	82

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из главных приоритетов государства в области обеспечения национальной безопасности является борьба с растущими террористическими угрозами. Антитеррористическая борьба предполагает, прежде всего, активизацию деятельности государства по защите инфраструктуры и населения страны от террористических проявлений. Эти актуальные для нашей страны задачи могут быть решены только при надежном обеспечении транспортной безопасности, так как транспортная инфраструктура является наиболее уязвимой со стороны террористических угроз. Это объясняется такими специфическими особенностями транспортных отраслей, как большая протяженность транспортных магистралей, громадное количество опасных объектов транспортной инфраструктуры, обслуживание большого потока пассажиров и грузов, в том числе опасных, различные формы собственности объектов инфраструктуры. Эти особенности транспортной системы создают сложные проблемы при организации защиты объектов транспортной инфраструктуры.

Актуальность вопроса обеспечения транспортной безопасности очевидна, поскольку речь идет, в первую очередь, о десятках и сотнях человеческих жизней и сохранности объектов особой важности. Незаконное вторжение на территорию транспортного узла, угроза террористической атаки реальны там, где объект уязвим в силу ненадлежащего уровня охраны или ее отсутствия.

Непрерывное развитие транспорта является гарантией единства экономического пространства, свободного перемещения услуг и товаров, свободы экономической деятельности и конкуренции, обеспечения национальной безопасности России, а также улучшения условий и уровня жизни населения.

Автомобильный транспорт, наряду с другими инфраструктурными отраслями, обеспечивает базовые условия жизнедеятельности, являясь важным инструментом достижения социальных, экономических и внешнеполитических целей, поэтому транспортная безопасность – это обязательное условие безопасного и конкурентоспособного присутствия российских перевозчиков на мировом рынке перевозок пассажиров и грузов.

Задача обеспечения транспортной безопасности должна стоять не только перед государством, но и перед субъектами транспортной инфраструктуры (владельцами).

Транспортная безопасность – это состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры (далее ОТИ) и транспортных средств от актов незаконного вмешательства (далее – АНВ).

АНВ – противоправное действие (бездействие), в том числе террористический акт, угрожающее безопасной деятельности транспортного комплекса, повлекшее за собой причинение вреда жизни и здоровью людей, материальный ущерб либо создавшее угрозу наступления таких последствий.

Обеспечение безопасности на транспорте предполагает комплекс мер, направленных на максимальное снижение показателей по правонарушениям в данной области, различных несчастных случаев, происшествий техногенного характера, предельно возможное уменьшение ущерба, нанесенного в результате умышленных действий или бездействий.

Обеспечение транспортной безопасности – реализация определяемой государством системы правовых, экономических, организационных и иных мер в сфере транспортного комплекса, соответствующих угрозам совершения актов незаконного вмешательства.

На решение вопроса повышения комплексной безопасности и устойчивости транспортной системы направлены положения Федерального закона от 09.02.2007 № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» (далее – Закон 16-ФЗ) и множество подзаконных нормативных правовых актов федерального уровня.

Целями обеспечения транспортной безопасности являются устойчивое и безопасное функционирование транспортного комплекса, защита интересов личности, общества и государства в сфере транспортного комплекса от АНВ.

Наличие терактов на всех видах транспорта свидетельствует о том, что система транспортной безопасности не обеспечивается в полной мере и требует более эффективного проведения работ по оценке уязвимости ОТИ.

Цель диссертационной работы – выработать предложения по усовершенствованию методики оценки уязвимости ОТИ.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть структуру обеспечения транспортной безопасности;
- выделить факторы (критерии) оценки уязвимости ОТИ от АНВ;
- провести анализ методов оценки уязвимости ОТИ от АНВ в других странах;
- разработать предложения для более эффективной оценки уязвимости;
- выполнить оценку уязвимости исследуемого автомобильного моста с применением дополнительных параметров оценки.

Научная новизна работы заключается в сравнительно-сопоставимом анализе методов оценки уязвимости и внесении предложения о включении дополнительного параметра в методику оценки уязвимости ОТИ от АНВ.

## **1 Структура системы обеспечения транспортной безопасности**

Террористическая активность на транспорте в последние годы возросла и стала составляющей глобальной террористической угрозы, при этом увеличилось не только количество террористических проявлений на транспорте, но произошли и определенные изменения в их качестве. В связи с этим одной из важнейших целей транспортной стратегии Российской Федерации является повышение комплексной безопасности и устойчивости транспортной системы.

В настоящее время выстроена единая государственная система мер по обеспечению транспортной безопасности для всего транспортного комплекса. Министерством транспорта России совместно с заинтересованными федеральными органами разработаны мероприятия нормотворческого и организационно-практического характера, которые направлены на обеспечение транспортной безопасности и защиту объектов транспорта от актов незаконного вмешательства.

Основными задачами обеспечения транспортной безопасности являются:

- нормативное правовое регулирование в области обеспечения транспортной безопасности;
- определение угроз совершения актов незаконного вмешательства;
- оценка уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств;
- категорирование объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств;
- разработка и реализация требований по обеспечению транспортной безопасности;
- подготовка и аттестация сил обеспечения транспортной безопасности;
- осуществление федерального государственного контроля (надзора) в области обеспечения транспортной безопасности;
- информационное, материально-техническое и научно-техническое обеспечение транспортной безопасности;
- сертификация технических средств обеспечения транспортной безопасности.

### **1.1 Субъекты обеспечения безопасности на транспорте и объекты защиты**

Система управления обеспечением транспортной безопасности включает в себя субъекты и объекты управления, и организацию взаимодействия между ними.

Субъектами обеспечения безопасности на транспорте являются:

- органы государственной власти и органы местного самоуправления

государства;

- субъекты транспортной деятельности;
- потребители транспортных услуг;
- международные органы и организации, функционирующие в транспортной сфере.

Объектами защиты в области безопасности на транспорте являются:

- потребители транспортных услуг;
- транспортные объекты;
- субъекты транспортной деятельности;
- груз, багаж;
- третьи лица, которым может быть причинен вред и (или) ущерб при транспортной деятельности.

Интересом и целью субъектов управления обеспечением транспортной безопасности в соответствии с принципом конечной ответственности государства за транспортную безопасность является достижение ее установленного уровня, предотвращение (минимизация) ущерба всех видов, соответственно, для хозяйствующих субъектов – их экономический успех, для потребителей транспортных услуг – качественные транспортные услуги.

Государственное управление в данной сфере во всех своих решениях должно гармонизировать перечисленные интересы на максимально достижимом в конкретных случаях уровне.

Основными видами управленческих воздействий в адрес объектов управления являются:

- выработка и установление норм, правил и требований по обеспечению транспортной безопасности;
- контроль, надзор за их исполнением;
- санкции в случае неисполнения;
- определение общеэкономических условий деятельности хозяйствующих субъектов;
- договорные условия с хозяйствующими субъектами в рамках государственно-частного партнерства;
- в необходимых случаях бюджетное финансирование мероприятий транспортной безопасности хозяйствующих субъектов и нижестоящих бюджетов разных типов.

В соответствии с данными видами управленческих воздействий должны быть сформированы полномочия органов государственной власти и местного самоуправления, построена их субординация по вертикали и координация по горизонтали.

Управление должно быть:

- рефлексивно и адаптивно к текущим и прогнозируемым угрозам транспортной безопасности (надзор, контроль, мониторинг, оценка угроз);
- обеспечено ресурсно (кадры, научно-техническое развитие, информатизация, материально-техническое обеспечение, собственные средства

хозяйствующих субъектов и средства бюджетов, нормативно-правовая база);

- подготовлено к возможным кризисным ситуациям (планы, учения, тренинги, неприкосновенный запас определенных ресурсов);
- целенаправленным, устанавливая цели управления в формате «уровень транспортной безопасности – сроки достижения»;
- спланированным на основе прогнозных оценок угроз, международных условий и иных развивающихся процессов;
- ориентированным на достижение уровня транспортной безопасности не ниже лучших мировых показателей;
- комплексным и скоординированным в отношении всех субъектов и объектов управления и управленческих воздействий;
- динамичным (временные органы: комиссии, штабы и т.п.);
- прозрачным, легитимным, основанным на общедоступной законодательной и иной нормативно-правовой базе;
- координирующим, обеспечивая координацию через специально уполномоченный федеральный орган исполнительной власти.

## **1.2 Обязанности субъектов транспортной деятельности**

Субъект транспортной деятельности обязан:

- разрабатывать и осуществлять меры по обеспечению безопасности на транспорте;
- разрабатывать и предоставлять уполномоченным органам (организациям) планы готовности;
- незамедлительно сообщать уполномоченным органам государственной власти о возникающих угрозах;
- принимать меры по установлению причин и обстоятельств, возникающих на транспортных объектах кризисных ситуаций;
- иметь необходимые лицензии, разрешения, свидетельства и сертификаты;
- иметь и содержать в исправном состоянии в соответствии с требованиями безопасности на транспорте транспортные объекты;
- обеспечивать проведение мероприятий по оценке уязвимости и категорированию транспортных объектов;
- обеспечивать подготовку специалистов и персонала в области безопасности на транспорте.

## **1.3 Федеральный государственный контроль в области транспортной безопасности**

Структуру и конкретные полномочия органов федеральной исполнительной власти определяет Правительство Российской Федерации.

В состав органов управления обеспечением транспортной безопасности

входят:

- Минтранс России;
- Департамент транспортной безопасности и специальных программ;
- управления транспортной безопасности в подведомственных Минтрансу России федеральных агентствах и службе;
- Федеральная служба по надзору в сфере транспорта (ФСНТ) (далее – Ространснадзор);
- Федеральное агентство авиационного транспорта (далее – Росавиация);
- Федеральное агентство железнодорожного транспорта (далее – Росжелдор);
- Федеральное агентство морского и речного транспорта (далее – Росморречфлот);
- дорожное Федеральное агентство (далее – Росавтодор);
- специализированные организации в области обеспечения транспортной безопасности и субъекты транспортной инфраструктуры;
- контрольно-надзорные функции исполняет Ространснадзор.

Структура системы обеспечения транспортной безопасности в Российской Федерации представлена на рисунке 1.1.

Росавтодор – компетентный орган в области обеспечения транспортной безопасности в сфере автомобильного транспорта. В составе Росавтодора создано Управление транспортной безопасности. Проведена работа по укомплектованию подразделений транспортной безопасности во всех территориальных управлениях Росавтодора.

К компетенции Росавтодора как компетентного органа в области обеспечения транспортной безопасности относятся пять функций:

- утверждение результатов оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств;
- утверждение планов обеспечения транспортной безопасности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств;
- аккредитация специализированных организаций в области обеспечения транспортной безопасности на железнодорожном транспорте;
- категорирование объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств;
- ведение реестра категорированных объектов.

Минтрансом России совместно с ФСБ, МВД и МЧС России, а также другими федеральными органами исполнительной власти, субъектами Российской Федерации и организациями транспортного комплекса разработана и реализуется Комплексная программа обеспечения безопасности на транспорте.

Комплексная программа обеспечения безопасности населения на транспорте (далее – Программа) определяет принципы создания комплексной системы, порядок реализации Программы, ее ресурсное обеспечение,

ответственных исполнителей, результативность и эффективность использования ресурсов, выделяемых на ее реализацию.

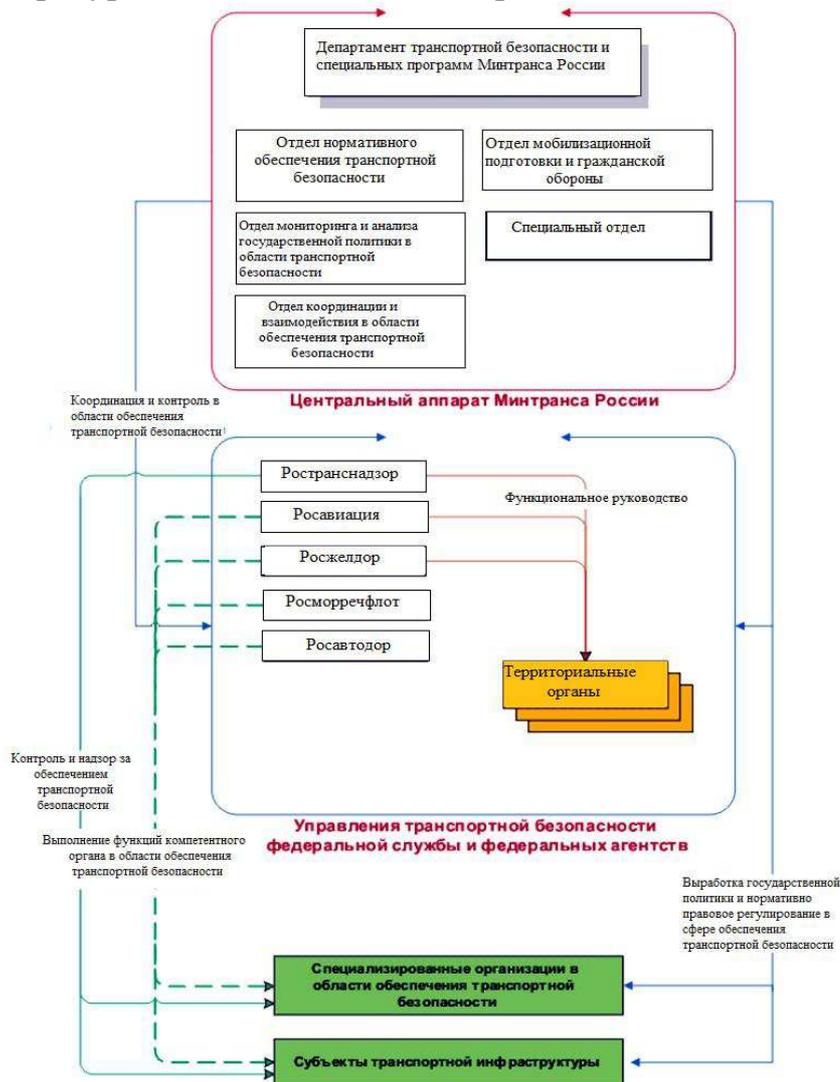


Рисунок 1.1 – Структура системы обеспечения транспортной безопасности в РФ

Программа представляет собой комплекс мероприятий, направленных на реализацию задач, которые обеспечивают формирование, развертывание, функционирование и развитие комплексной системы. Программа реализуется в рамках приоритетного направления деятельности Правительства Российской Федерации по обеспечению национальной безопасности.

Программа формируется по приоритетным направлениям, определенным с учетом необходимости максимально эффективного распределения и использования финансовых ресурсов для достижения поставленной цели.

Реализация Программы предусматривает координацию действий и объединение сил и средств федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и субъектов транспортной инфраструктуры.

Основными составными элементами комплексной программы являются:

- единый комплекс мероприятий по обеспечению безопасности населения на транспорте, а также по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на транспорте, в том числе осуществляемых в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- система федерального, регионального и муниципального законодательства, нормативных правовых документов и ведомственных актов, интегрированная с международными нормами права в области обеспечения транспортной безопасности;

- многоуровневое информационное пространство, в том числе взаимосвязанные автоматизированные информационные и аналитические системы, обеспечивающие проведение уполномоченными Правительством Российской Федерации федеральными органами исполнительной власти мероприятий по обеспечению безопасности населения на транспорте. Информационные и аналитические системы, в том числе автоматизированные, строятся по территориально-распределенному принципу с единым центром управления базами данных в области обеспечения транспортной безопасности;

- система профессиональной подготовки, обучения и аттестации специалистов и должностных лиц в области обеспечения транспортной безопасности, а также персонала, принимающего участие в обеспечении безопасности населения на транспорте;

- система информирования и оповещения населения на транспорте;

- система мониторинга и государственного контроля (надзора) обеспечения безопасности населения на транспорте.

Основные элементы комплексной программы представлены на рисунке 1.2.

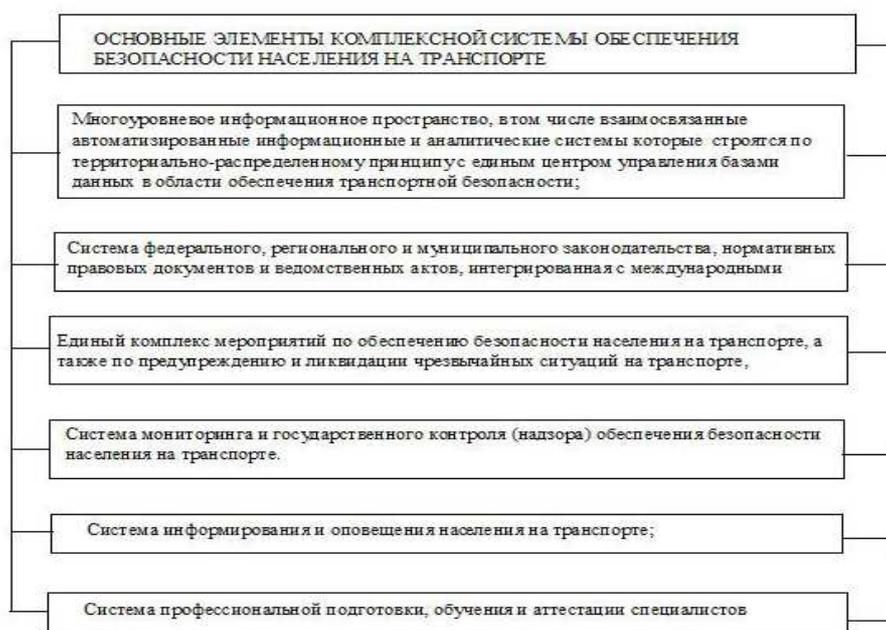


Рисунок 1.2 – Основные элементы комплексной программы

## 1.4 Этапы обеспечения транспортной безопасности

Обеспечение транспортной безопасности объектов транспортной инфраструктуры состоит из четырех этапов, показанных на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Этапы обеспечения транспортной безопасности

Категорирование объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств – первый этап обеспечения транспортной безопасности.

Категорирование ОТИ – отнесение их к определенным категориям с учетом степени угрозы совершения акта незаконного вмешательства и его возможных последствий.

Согласно Закону 16-ФЗ субъекты транспортной инфраструктуры обязаны предоставлять в компетентные органы в области обеспечения транспортной безопасности полную и достоверную информацию для проведения категорирования ОТИ.

В зависимости от вида транспорта, соответствующие документы подаются в Федеральные агентства Министерства транспорта Российской Федерации: Росавтодор, Росжелдор, Росморречфлот, Росавиацию.

В ходе категорирования происходит отнесение объекта транспортной инфраструктуры или транспортного средства к одной из категорий. Для ОТИ устанавливается не более 5 (пяти) категорий. Самая высокая – первая, остальные сортируются в порядке убывания.

Чем выше присвоенная объекту транспортной инфраструктуры или транспортному средству категория, тем более высокие требования предъявляются к обеспечению его транспортной безопасности.

Существуют несколько критериев категорирования объектов и транспортных средств:

- степень угрозы совершения акта незаконного вмешательства определяется на основании статистики о совершенных и предотвращенных АНВ на территории РФ в отношении категорируемых ОТИ за период последних 12-ти месяцев до момента категорирования;

- возможные последствия совершения акта незаконного вмешательства на основании количества жертв и пострадавших;

- возможные последствия совершения акта незаконного вмешательства на основании материального ущерба.

Согласно Приказу Министерства транспорта Р.Ф. от 21.02.2011 № 62 «О Порядке установления количества категорий и критериев категорирования объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств компетентными органами в области обеспечения транспортной безопасности» (далее – приказ Минтранса № 62), установлены категории и количественные показатели критериев категорирования объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств автомобильного транспорта и объектов транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства, и объектов транспортной инфраструктуры городского наземного электрического транспорта.

Значение категорий в зависимости от количественных показателей статистических данных (сведений) о совершенных и предотвращенных актах незаконного вмешательства (далее – АНВ) на территории Российской Федерации (за исключением заведомо ложных сообщений об угрозе совершения и/или совершении акта незаконного вмешательства), в том числе в отношении категорируемых объектов транспортной инфраструктуры и объектов транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства за период последних 12 месяцев до момента категорирования, показано в таблице 1.1.

Значение категорий в зависимости от количественных показателей о возможных погибших или получивших вред здоровью людей, объектам транспортной инфраструктуры и транспортным средствам автомобильного транспорта и объектам транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства показано в таблице 1.2

Таблица 1.1 – Значение категорий в зависимости от количественных показателей статистических данных (сведений) о совершенных и предотвращенных АНВ

Значение категории ОТИ	Количество совершенных и/или предотвращенных АНВ на территории Российской Федерации, в том числе в отношении категорируемых объектов транспортной инфраструктуры
Первая	Шесть и более совершенных и/или предотвращенных АНВ в отношении категорируемого ОТИ и/или аналогичных объектов транспортной инфраструктуры на территории субъекта Российской Федерации, в котором находится ОТИ
Вторая	От трех до пяти совершенных и/или предотвращенных АНВ в отношении категорируемого ОТИ и/или аналогичных объектов транспортной инфраструктуры на территории субъекта Российской Федерации, в котором находится ОТИ
Третья	Не более двух совершенных и/или предотвращенных АНВ в отношении категорируемого ОТИ и/или аналогичных объектов транспортной инфраструктуры на территории субъекта Российской Федерации, в котором находится ОТИ

Окончание таблицы 1.1

Значение категории ОТИ	Количество совершенных и/или предотвращенных АНВ на территории Российской Федерации, в том числе в отношении категорируемых объектов транспортной инфраструктуры
Четвертая	Не зафиксировано ни одного совершенного и/или предотвращенного АНВ в отношении категорируемого ОТИ и/или аналогичных объектов транспортной инфраструктуры на территории субъекта Российской Федерации, в котором находится ОТИ

Таблица 1.2 – Значение категорий в зависимости от количественных показателей о возможных погибших или получивших вред здоровью людей

Категория ОТИ и ТС	Первая		Вторая		Третья		Четвертая
	ОТИ	ТС	ОТИ	ТС	ОТИ	ТС	ОТИ
Возможное количество погибших или получивших вред здоровью, чел. (автомобильный транспорт)	Более 50	Более 23	От 30 до 50	От 10 до 23	От 10 до 30	До 10	До 10
Возможное количество погибших или получивших вред здоровью, чел. (дорожное хозяйство)	Более 50		От 30 до 50		От 10 до 30		До 10

Значение категорий в зависимости от количественных показателей о возможном материальном ущербе и ущербе окружающей природной среде объектам транспортной инфраструктуры и транспортным средствам автомобильного транспорта и объектам транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства показано в таблице 1.3

Таблица 1.3 – Значение категорий в зависимости от количественных показателей о возможном материальном ущербе и ущербе окружающей природной среде

Категория ОТИ и ТС	Первая		Вторая		Третья		Четвертая
	ОТИ	ТС	ОТИ	ТС	ОТИ	ТС	ОТИ
Возможный материальный ущерб и ущерб окружающей природной среде, руб. (Автомобильный транспорт)	более 100 млн.	более 50 млн.	от 60 млн. до 100 млн.	от 18 млн. до 50 млн.	от 20 млн. до 60 млн.	до 18 млн.	до 20 млн.
Возможный материальный ущерб и ущерб окружающей природной среде, руб. (Дорожное хозяйство)	более 1 млрд.		от 500 млн. до 1 млрд.		от 100 млн. до 500 млн.		до 100 млн.

По результатам категорирования ОТИ присваивается категория, соответствующая наивысшему количественному показателю любого из критериев категорирования.

В случае изменения наивысшего количественного показателя критериев категорирования меняется значение категории, присвоенной ОТИ.

По каждому критерию установлено 4 категории ОТИ. Итого – 12 категорий ОТИ.

Приказом Минтранса России от 8.02.2011 № 42 «Об утверждении Требований по обеспечению транспортной безопасности, учитывающих уровни безопасности для различных категорий ОТИ и ТС АТ и ДХ» к субъектам ОТИ дорожного хозяйства (далее – ОТИ ДХ) утверждено более 350 требований, касающихся обеспечения транспортной безопасности. В них учитываются уровни безопасности для всех 12 категорий ОТИ ДХ, которые должны быть выполнены и отражены в планах по обеспечению транспортной безопасности ОТИ утвержденной категории.

### **1.5 Пути совершенствования критериев категорирования**

Указанные выше критерии, методы отнесения ОТИ к определенному типу по уровню безопасности нуждаются в доработке. Необходимо нормативно установить период времени, когда следует осуществлять категорирование ОТИ по критерию (показателю) «Количество совершенных и/или предотвращенных АНВ», а также пересмотреть диапазоны значений этого и других показателей для установленных категорий ОТИ. Приведенные в таблицах значения показателей для присвоения ОТИ 1-й, 2-й, 3-й категорий могут быть достигнуты только в период осуществления активных военных действий или активизации деятельности террористических организаций. В противном случае при повторном категорировании ОТИ по данному критерию (через несколько лет) все объекты попадут в 4-ю категорию, т.е. теряется смысл процесса категорирования по данному показателю.

Для объектов, относимых к 4-й категории по данному и всем другим используемым критериям необходимо установить минимальные значения допустимого уровня материального и/или экологического ущерба при совершении АНВ, ниже которого ОТИ не подлежат категорированию и защите. Это позволит значительно сократить затраты на реализацию планов мероприятий по обеспечению защищенности ОТИ от АНВ.

Целесообразно дополнительно включить в число критериев категорирования ОТИ показатель живучести с учетом его конструкционных особенностей, используемых материалов.

В качестве основного критерия при категорировании ОТИ по условиям обеспечения безопасности от АНВ следует использовать уровень допустимого риска безопасности ОТИ от АНВ.

Как указано выше, выбор критериев категорирования ОТИ является

первым этапом процедуры оценки защищенности (безопасности) объекта от АНВ.

## **1.6 Порядок оценки уязвимости ОТИ**

В соответствии с Законом 16-ФЗ для ОТИ должна быть выполнена оценка уязвимости и разработан план обеспечения транспортной безопасности.

Оценка уязвимости ОТИ производится с целью определения уровня их защищенности от всевозможных угроз несанкционированного вторжения или террористической атаки.

Порядок проведения оценки уязвимости ОТИ разработан согласно приказу Минтранса России от 12.04.2010 № 87.

Оценка уязвимости ОТИ проводится в соответствии с методикой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06.10.2016 № 1318-ст, которая включает в себя строго регламентированные взаимозависимые разделы и выполняется для различных категорий ОТИ.

К выполнению оценки уязвимости допущены только должным образом аккредитованные специализированные организации.

Практическое внедрение положений и норм предусматривает поэтапную реализацию комплекса мер, в ряду которых – оценка уязвимости ОТИ, разработка плана обеспечения их охраны и оснащение их комплексными системами безопасности.

В ходе проведения оценки уязвимости осуществляются следующие мероприятия:

- изучение технических и технологических характеристик ОТИ, а также организации их эксплуатации. Результатом является описание технических и технологических характеристик ОТИ, определение границ зоны безопасности и перечня критических элементов ОТИ;

- изучение системы принятых на ОТИ мер по защите от АНВ. Результатом является описание системы принятых субъектом транспортной инфраструктуры мер на ОТИ по защите от АНВ, а также оценка ее соответствия требованиям по обеспечению транспортной безопасности ОТИ;

- изучение способов реализации потенциальных угроз совершения АНВ в деятельность ОТИ с использованием совокупности сведений о численности, оснащенности, подготовленности, осведомленности, а также действий потенциальных нарушителей, преследуемых целей при совершении АНВ в деятельность ОТИ. Результатом является описание способов реализации потенциальных угроз совершения АНВ в деятельность ОТИ применительно к модели нарушителя;

- определение рекомендаций субъекту транспортной инфраструктуры в отношении мер, которые необходимо дополнительно включить в систему мер по обеспечению транспортной безопасности ОТИ. Результатом является

описание дополнительных мер, которые необходимо принять субъекту транспортной инфраструктуры на ОТИ в соответствии с требованиями по обеспечению транспортной безопасности.

После процедуры оценки уязвимости составляется отчет, который утверждается в управлении транспортной безопасности того или иного транспортного ведомства. Затем предприятие в соответствии с приказом Минтранса России от 11.02.2010 № 34 разрабатывает план обеспечения дорожно - транспортной безопасности ОТИ (далее – ПОТБ) и приступает к его реализации.

ПОТБ включает в себя следующее:

- общие сведения об ОТИ;
- техническая и технологическая характеристика ОТИ;
- критические элементы ОТИ;
- пропускной и внутриобъектовый режим.

Методика проведения оценки уязвимости ОТИ предназначена для выявления множества критических элементов, в отношении которых возможно совершение АНВ, чтобы добиться полного или частичного прекращения его функционирования и/или возникновения чрезвычайной ситуации.

Основные этапы выявления критических элементов ОТИ:

- на первом этапе необходимо проанализировать нежелательные возможные последствия для ОТИ (полное или частичное прекращение его функционирования и/или возникновение чрезвычайных ситуаций). На этом уровне определяют события, которые следует рассмотреть, и границы исследования;

- на втором этапе выявляют возможные причины нежелательных последствий;

- на третьем этапе анализируются нежелательные события (отказы, неисправности), связанные с техническими и технологическими процессами на аналогичных объектах в прошлом, а также последствия, вызванные нежелательными событиями;

- на четвертом этапе должны быть определены режимы работы ОТИ;

- на пятом этапе определяются системы (и их компоненты);

- на шестом этапе определяют перечень неисправностей систем, которые могут вызвать нежелательные последствия;

- для выявления критических элементов на седьмом этапе определяются все места на ОТИ, где могут быть инициированы соответствующие неисправности;

- после сбора подробной информации по неисправностям систем и расположению оборудования на последнем этапе процесса с помощью методики анализируются места для свершения АНВ. В результате количественной и качественной оценки критериев определяются критические элементы ОТИ.

## **1.7 Угрозы безопасности на транспорте**

Угрозами безопасности на транспорте признаются угрозы техногенного, природного и социального характера.

К угрозам техногенного характера относятся:

- высокая степень износа технических средств;
- моральная устарелость технических средств транспорта;
- конструктивно-производственные недостатки технических средств транспорта.

К угрозам природного характера относятся:

- неблагоприятные климатические и погодные условия;
- воздействия внешних непрогнозируемых факторов;
- стихийные бедствия и катастрофы.

К угрозам социального характера относятся:

- недостаточная профессиональная подготовка персонала;
- незаконное вмешательство в деятельность транспортного комплекса;
- негативное влияние «человеческого фактора».

## **1.8 Вероятные угрозы акта незаконного вмешательства (АНВ) в деятельность транспортного комплекса**

Согласно приказу Министерства транспорта РФ, ФСБ России, МВД России № 52/112/134 от 5 марта 2010 года «Об утверждении перечня потенциальных угроз, совершения актов незаконного вмешательства в деятельность объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств» определен следующий перечень потенциальных угроз АНВ.

Перечень наиболее вероятных угроз АНВ для ОТИ:

- угроза захвата – возможность захвата объектов транспортной инфраструктуры, установления над ними контроля силой или угрозой применения силы, или путем любой другой формы запугивания;
- угроза взрыва – возможность разрушения ОТИ или нанесения им и/или их грузу, здоровью персонала, пассажирам и другим лицам повреждений путем взрыва (обстрела);
- угроза размещения или попытки размещения на ОТИ взрывных устройств (взрывчатых веществ) – возможность размещения или совершения действий в целях размещения каким бы то ни было способом на ОТИ взрывных устройств (взрывчатых веществ), которые могут разрушить ОТИ, нанести им и/или их грузу повреждения;
- угроза поражения опасными веществами – возможность загрязнения или их критических элементов опасными химическими, радиоактивными или биологическими агентами, угрожающими жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;

- угроза захвата критического элемента ОТИ – возможность захвата критического элемента ОТИ, установления над ним контроля силой или угрозой применения силы, или путем любой другой формы запугивания;

- угроза взрыва критического элемента ОТИ – возможность разрушения критического элемента ОТИ или нанесения ему повреждения путем взрыва (обстрела), создающего угрозу функционированию ОТИ, жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;

- угроза размещения или попытки размещения на критическом элементе ОТИ взрывных устройств (взрывчатых веществ);

- возможность размещения или совершения действий в целях размещения каким бы то ни было способом на критическом элементе ОТИ и/или ТС взрывных устройств (взрывчатых веществ), которые могут разрушить критический элемент ОТИ или нанести ему повреждения, угрожающие безопасному функционированию ОТИ, жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;

- угроза блокирования – возможность создания препятствия, делающего невозможным движение ТС или ограничивающего функционирование ОТИ, угрожающего жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;

- угроза хищения – возможность совершения хищения элементов ОТИ, которое может привести их в негодное для эксплуатации состояние, угрожающее жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц.

При разработке проектных угроз и наиболее вероятных сценариев реализации каждого из видов угроз используется модель нарушителя, отдельные показатели которой имеют вероятностный характер и входят с определенными весовыми коэффициентами. Весовые коэффициенты рассчитываются на основании анализа статистических данных по имевшим место АНВ и экспертных заключений. В используемой модели нарушителя в качестве весовых коэффициентов, определяющих вклад того или иного отдельного показателя в характеристику модели нарушителя, применяются условные балльные значения:

- 1 балл – «Необязательно», проставлялся в случае вывода о том, что данное условие совершения АНВ или характеристика нарушителя не являются определяющими факторами для достижения нарушителем цели или могут отсутствовать;

- 2 балла – «Вероятно», проставлялись в случае вывода о том, что данное условие совершения АНВ или характеристика нарушителя могут стать определяющими факторами для достижения нарушителем цели или могут присутствовать в более чем 30% случаев реализации угрозы;

- 3 балла – «Скорее всего», проставлялись в случае вывода о том, что данное условие совершения АНВ или характеристика нарушителя является одним из определяющих факторов для достижения нарушителем цели или могут присутствовать в более чем 60% случаев реализации угрозы;

- 4 балла – «Почти в каждом случае», проставлялись в случае вывода о том, что данное условие совершения АНВ или характеристика нарушителя является основным определяющим фактором для достижения нарушителем цели или могут присутствовать в более чем 90% случаев реализации угрозы.

Совокупность условных балльных значений модели нарушителя отражают вероятность того, что АНВ при реализации той или иной угрозы будет совершен нарушителем с определенным набором характеристик.

Основными факторами уязвимости ОТИ, которые могут быть существенными для совершения АНВ данного вида угрозы, являются следующие:

- наличие многочисленных путей доступа на объект;
- возможность скрытого пересечения границ зон безопасности ОТИ;
- наличие значительного количества обслуживающего персонала;
- наличие значительного количества пассажиров;
- отсутствие мер эффективного оперативного контроля за выполнением мер транспортной безопасности;
- низкий уровень тревожности (бдительности) сотрудников сил транспортной безопасности.

Характеристика нарушителя при реализации угрозы захвата по степени значимости и вероятности проявления показателей представлена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Характеристика нарушителя при реализации угрозы захвата

Характеристика нарушителя		Степень значимости и вероятность проявления показателей	
Тип нарушителя	Внутренний	Одиночный	1
		Групповой	1
	Внешний	Одиночный	2
		Групповой	3
	Комбинированный		1
Тактика действий	Открытое нападение	4	
	Скрытое проникновение	2	
	Обманное проникновение	2	
Осведомленность	О целях и мотивах совершения АНВ	1	
	Высокий уровень осведомленности об ОТИ	3	
Оснащенность	Наличие специальной техники	2	
	Наличие стрелкового вооружения и/или СВУ	4	
	Наличие тяжелого оружия, оружия массового поражения	2	
Подготовленность	Владение техническими средствами и оружием	3	
	Подготовленное физическое состояние	3	
	Устойчивое психологическое состояние	3	

Основными факторами уязвимости ОТИ, которые могут быть существенными для совершения АНВ данного вида угрозы, являются следующие:

- наличие на ОТИ потенциально опасного уязвимого элемента, известного нарушителям;
- отсутствие или недостаточная функциональность технических средств и систем транспортной безопасности в части предупреждения дистанционного поражения;
- характеристики имеющихся технических систем и средств досмотра ОТИ не позволяют в автоматическом режиме выявить и идентифицировать взрывчатые, а также иные вещества, которые могут быть использованы при совершении АНВ;
- отсутствие мер эффективного оперативного контроля за выполнением мер транспортной безопасности;
- отсутствие в зонах уязвимости средств охранного видеонаблюдения и освещения ОТИ;
- возможность доступа нарушителей к планам ОТИ.

Характеристика нарушителя при реализации угрозы взрыва по степени значимости и вероятности проявления показателей представлена в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Характеристика нарушителя при реализации угрозы взрыва

Характеристика нарушителя		Степень значимости и вероятность проявления показателей	
Тип нарушителя	Внутренний	Одиночный	2
		Групповой	1
	Внешний	Одиночный	3
		Групповой	4
	Комбинированный		2
Тактика действий	Открытое нападение	3	
	Скрытое проникновение	3	
	Обманное проникновение	1	
Осведомленность	О целях и мотивах совершения АНВ	3	
	Высокий уровень осведомленности об ОТИ	2	
Оснащенность	Наличие вспомогательных технических средств	2	
	Наличие специальной техники	2	
	Наличие стрелкового вооружения и/или СВУ	4	
Подготовленность	Наличие тяжелого оружия, оружия массового поражения	2	
	Подготовленное физическое состояние	2	
	Устойчивое психологическое состояние	2	

Основными факторами уязвимости ОТИ, которые могут быть существенными для совершения АНВ данного вида угрозы, являются следующие:

- наличие на ОТИ потенциально опасного уязвимого элемента, известного нарушителям;
- наличие многочисленных путей доступа на ОТИ или ТС;
- возможность скрытого пересечения границ зон безопасности ОТИ;
- наличие значительного количества обслуживающего персонала;
- наличие значительного количества пассажиров;
- система охранного видеонаблюдения не позволяет распознать действия при совершении АНВ и идентифицировать нарушителя в режиме реального времени;
- низкий уровень тревожности (бдительности) сотрудников сил транспортной безопасности;
- характеристики имеющихся технических систем и средств досмотра ОТИ не позволяют в автоматическом режиме выявить и идентифицировать взрывчатые, а также иные вещества, которые могут быть использованы при совершении АНВ;
- отсутствие в зонах уязвимости ОТИ средств охранного видеонаблюдения (СОВН) и освещения;
- невозможность организации масштабных зон ограниченного доступа;
- возможность доступа нарушителей к планам ОТИ.

Характеристика нарушителя по степени значимости и вероятности проявления показателей при реализации угрозы размещения или попытки размещения взрывного устройства представлена в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Характеристика нарушителя при реализации угрозы размещения или попытки размещения взрывного устройства

Характеристика нарушителя		Степень значимости и вероятность проявления показателей	
Тип нарушителя	Внутренний	Одиночный	2
		Групповой	1
	Внешний	Одиночный	3
		Групповой	2
	Комбинированный	2	
Тактика действий	Открытое нападение		1
	Скрытое проникновение		4
	Обманное проникновение		3
Осведомленность	О целях и мотивах совершения АНВ		3
	Высокий уровень осведомленности об ОТИ		1

Окончание таблицы 1.6

Характеристика нарушителя		Степень значимости и вероятность проявления показателей
Оснащенность	Наличие вспомогательных технических средств	1
	Наличие специальной техники	1
	Наличие стрелкового вооружения и/или СВУ	4
	Наличие тяжелого оружия, оружия массового поражения	1
Подготовленность	Владение техническими средствами и оружием	3
	Подготовленное физическое состояние	2
	Устойчивое психологическое состояние	2

Основными факторами уязвимости ОТИ, которые могут быть существенными для совершения АНВ данного вида угрозы, являются следующие:

- наличие многочисленных путей доступа на ОТИ;
- возможность скрытого пересечения границ зон безопасности ОТИ;
- возможность доступа нарушителей к планам ОТИ;
- наличие на ОТИ или ТС потенциально опасного уязвимого элемента, известного нарушителям;
- характеристики имеющихся технических систем и средств досмотра ОТИ не позволяют в автоматическом режиме выявить и идентифицировать взрывчатые, а также иные вещества, которые могут быть использованы при совершении АНВ;
- невозможность организации масштабных зон ограниченного доступа;
- наличие значительного количества обслуживающего персонала;
- наличие значительного количества пассажиров;
- низкий уровень тревожности (бдительности) сотрудников сил транспортной безопасности, и т.д.

Таким образом, определяется характеристика нарушителя при реализации всех видов угроз в зависимости от степени значимости и вероятности проявления показателей нарушителя.

Согласно характеристике нарушителя при реализации рассмотренных потенциальных угроз АНВ строится диаграмма по экспертным оценкам степени значимости и вероятности проявления показателей. Показатель угрозы в баллах приведен на диаграмме – рисунок 1.4.

Результатом реализации угроз может быть:

- значительные человеческие жертвы среди персонала;
- ущерб от повреждения ОТИ и автотранспорта;
- остановка автомобильных перевозок на ОТИ.

Согласно перечню наиболее вероятных угроз АНВ и проведенной характеристики нарушителя, определяется тип нарушителя.

По данным характеристики нарушителя при реализации потенциальных угроз строится диаграмма типа нарушителя для наиболее вероятных угроз, показана на рисунке 1.5.

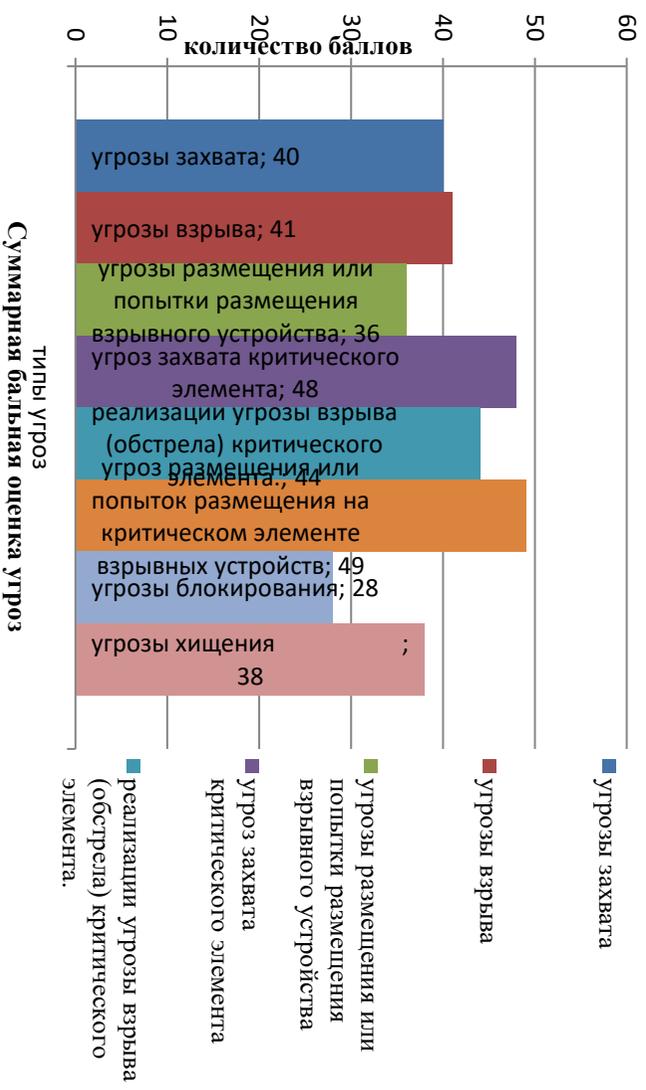


Рисунок 1.4 – Диаграмма показателя угрозы в баллах

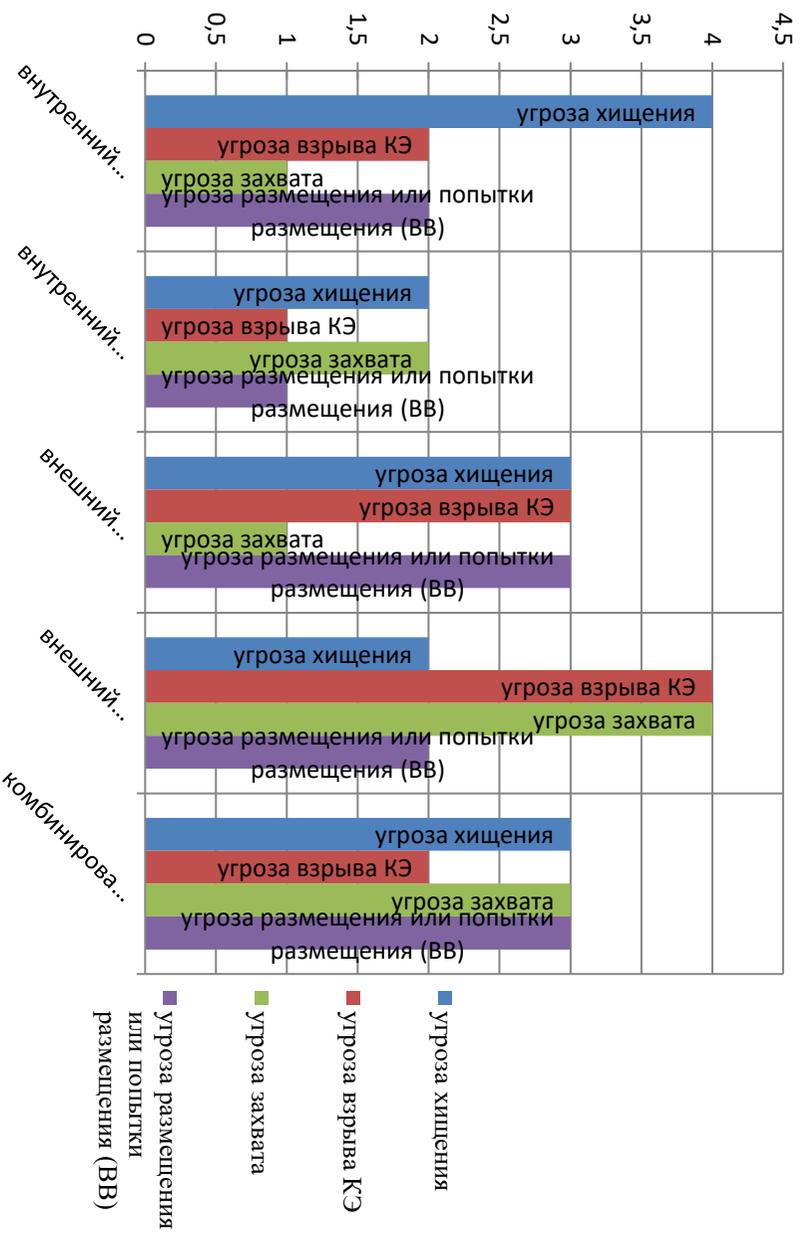


Рисунок 1.5 - Диаграмма типа нарушителя для наиболее вероятных угроз

Оценка уязвимости объекта является ключевым моментом построения системы его защиты, поскольку без корректной оценки эффективности системы обеспечения транспортной безопасности (далее – СОТБ) невозможно сформировать рациональную защиту опасных объектов транспортной инфраструктуры и обосновать необходимый перечень требований по обеспечению их безопасности.

СОТБ – это организационная структура, осуществляющая комплекс мер по обеспечению безопасности объекта или группы объектов транспортной инфраструктуры в соответствии с их категорией, требованиями по безопасности и профилем защиты, определенными на основе категориального подхода. Этот комплекс составляют нормативно-правовые, организационные, экономические, технические, аппаратно-программные и иные меры, в совокупности составляющие профиль защиты объекта.

Принимается во внимание, что каждый тип объектов имеет свою специфику, определяемую его составом, структурой и особенностями функционирования. Предполагается, что на каждый тип объектов может воздействовать определенный спектр угроз, реализуемых различными способами.

В процессе проведения оценки уязвимости определяются способы достижения нарушителями наиболее опасных для функционирования ОТИ целей, и рассчитывается вероятность пресечения АНВ нарушителей действиями сил охраны и федеральных органов исполнительной власти [2].

При рассмотрении структуры обеспечения транспортной безопасности:

- выделены основные факторы (критерии) уязвимости ОТИ от АНВ;
- определены параметры оценки уязвимости, которые определяются экспертным путем с использованием характеристики модели нарушителя, показатели которой имеют вероятностный характер и входят с определенными весовыми коэффициентами. По выставленным экспертами баллам, характеризующим модель нарушителя при определенном виде угрозы, определяется вероятность достижения нарушителем цели. Весовые коэффициенты рассчитываются на основании анализа статистических данных по имевшим место АНВ и экспертных заключений;
- установлено, что методика оценки уязвимости, осуществляемая только экспертным путем, требует усовершенствования с добавлением дополнительных параметров оценки.

## 2 Методы оценки защищенности (безопасности) ОТИ от АНВ

### 2.1 Критерии оценки уязвимости ОТИ дорожного хозяйства

Согласно Директиве ЕС 2008/114 [7] значения показателей защищенности ОТИ дорожного хозяйства (далее – ДХ) оцениваются с помощью соответствующих критериев для объектов энергетики (электроэнергия, нефть, газ) и транспорта (дорожный, железнодорожный, воздушный, речной, морской) в зависимости от вида инфраструктурного объекта. Процесс выбора объектов европейской критической инфраструктуры (далее – ЕКИ) каждой страной – участницей ЕС проведен в 2008 - 2011 годы. Количество объектов ЕКИ и предварительная оценка их «критичности» каждым государством устанавливались самостоятельно в зависимости от различных факторов в результате реализации следующего алгоритма (4 шага) действий по обнаружению ЕКИ:

- каждое государство самостоятельно выбирает критерии оценки критичности объектов инфраструктуры для разных секторов энергетики и транспорта;

- каждое государство по выбранным критериям разрабатывает методику оценки и устанавливает «потенциал критичности» объекта. Для инфраструктуры, имеющей существенное значение, должны учитываться наличие альтернатив и длительность выбытия из эксплуатации;

- каждое государство для потенциальных объектов ЕКИ рассматривает два предыдущих шага для их отдельных элементов (частей) и устанавливает их критичность, наличие альтернатив и длительность выбытия из эксплуатации;

- каждое государство распространяет секториальные критерии на остальные потенциальные объекты ЕКИ. Критерии учитывают тяжесть последствий, а для особо важных объектов – наличие альтернатив и длительность выбытия из эксплуатации.

Выбор объектов ЕКИ осуществляется на основании анализа и оценки рисков. Для каждого из объектов должен быть разработан План обеспечения безопасности. Каждое государство самостоятельно выбирает уровень допустимого риска. Временные рамки для выполнения этой работы законодательно не установлены.

Разработка методов оценки критичности объектов ЕКИ, реализации методологии риск - менеджмента для объектов транспортной инфраструктуры, например, в Германии и некоторых других странах – членах ЕС, осуществляется в рамках проектов:

- SKRIBT – защита критической инфраструктуры, мостов и тоннелей на дорогах (с 2007 г.); SKRIBT + (с 2012 г.);

- AISIS – автоматизированные системы получения информации и защита критической инфраструктуры в случае катастроф (с 2008 г.);

- RETISS (Real Time Security Management System) – защита объектов инфраструктуры в реальном времени (с 2008 г.);
- SeRoN (Security of Road Transport Networks) – защита объектов на транспортной сети Европы (с 2007 по 2013 гг.);
- SECMAN (Security Risk Management Processes for Road Infrastructures) – риск-менеджмент безопасности дорожной инфраструктуры в Европе (с 2012 г).

Основной критерий – уровень допустимого риска, который определяется как произведение вероятности события (ЧС) на величину возможного вреда здоровью, окружающей среде, имуществу от разных видов опасностей при разных сценариях развития ЧС (видах подрыва, совершения ДТП, аварии). Схема алгоритма оценки защищенности ОТИ (мосты, тоннели) в странах ЕС показана на рисунке 2.1.

Моделируется характер разрушений (потери живучести) в результате террористического акта, и обосновываются меры инженерной защиты по снижению риска на объектах ЕКИ до допустимого уровня на основании анализа «затраты - выгода».

В России процедура категорирования осуществляется для ОТИ ДХ (мосты, тоннели), которые имеют большое значение по возможным последствиям нарушения их функционирования в случае совершения террористических или криминальных актов, но не относятся к особо опасным.

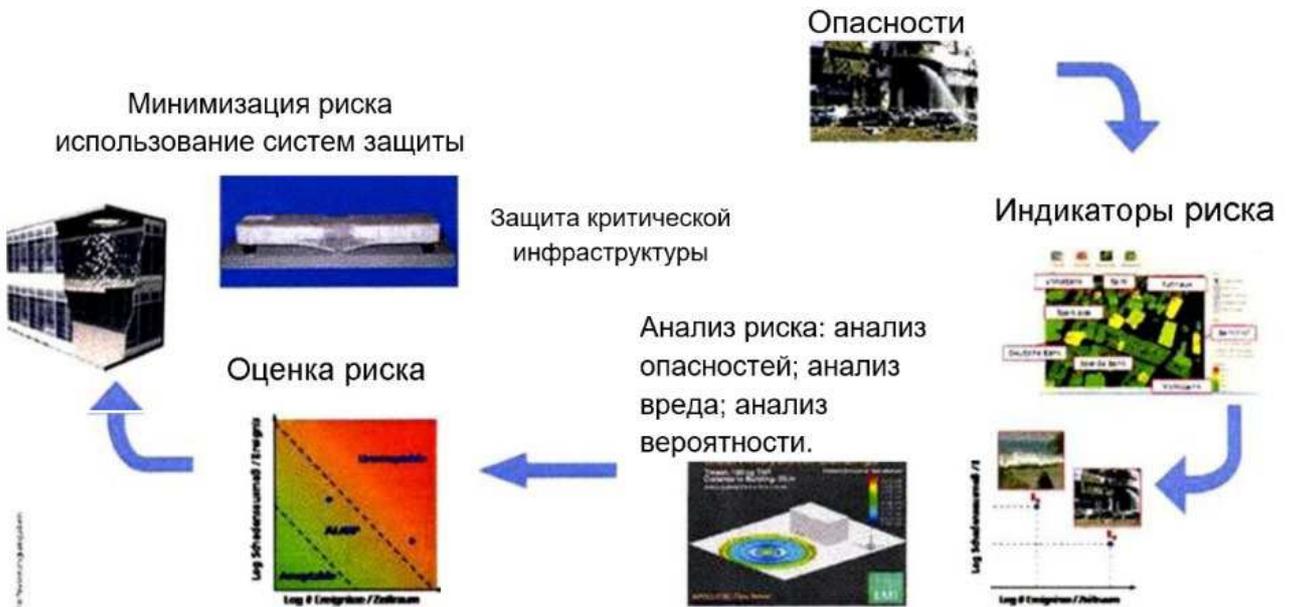


Рисунок 2.1 – Схема алгоритма оценки защищенности ОТИ (мосты, тоннели) в странах ЕС

## 2.2 Алгоритм обеспечения защищенности ОТИ ДХ в России

Перечень работ, связанных с обеспечением защищенности ОТИ от АНВ в России определен Распоряжением Правительства РФ от 05.11.2009 № 1653-р «Об утверждении перечня работ, непосредственно связанных с обеспечением транспортной безопасности».

Категорирование ОТИ являются начальным этапом в обеспечении защищенности ОТИ от АНВ.

Алгоритм оценки защищенности ОТИ ДХ предусматривает: изучение территории, на которой расположен ОТИ; типизацию ОТИ; определение критических элементов ОТИ, в отношении которых могут быть осуществлены АНВ; определение типов нарушителей и создаваемых ими угроз; определение, анализ и ранжирование возможных угроз ОТИ; формирование модели нарушителя ОТИ; формирование модели нарушителя применительно к рассматриваемому ОТИ в соответствии с определенными угрозами и/или целями нарушителей – исходные данные для оценки уязвимости ОТИ; оценку эффективности существующей системы безопасности ОТИ (оценку степени уязвимости).

В процессе проведения оценки уязвимости определяются способы достижения нарушителями наиболее опасных для функционирования ОТИ целей, и на основании экспертных оценок рассчитывается вероятность пресечения несанкционированных действий нарушителей действиями сил охраны и/или федеральных органов.

В таблице 2.1 приведен перечень факторов, способствующих и облегчающих нарушителю реализацию АНВ на ОТИ ДХ.

Таблица 2.1 – Перечень факторов, способствующих и облегчающих нарушителю реализацию АНВ на ОТИ ДХ

№ фактора	Содержание фактора
1	Недостатки нормативных правовых документов по обеспечению безопасности (ОБТ) (положение о службе безопасности ОТИ и ТС, должностные инструкции по ОБТ и т.п.)
2	Недостаточная степень укомплектованности служб системы ОБТ ОТИ/ТС
3	Недостаточная степень квалификации персонала ОТИ и ТС и системы его ОБТ
4	Наличие сотрудников ОТИ и ТС и системы его ОБТ, по тем или иным причинам склонных и способных к противоправным действиям
5	Низкий уровень производственной дисциплины персонала ОТИ/ТС и СОБТ
6	Особенности характеристик ОТИ и ТС (район расположения, топологии, состав конструктивных элементов и т.п.)
7	Особенности технологических процессов, реализуемых на ОТИ и ТС, наличие на нем легко воспламеняющихся и взрывоопасных материалов
8	Особенности климатических и природных условий, рельефа в районе расположения ОТИ и ТС и т.п.

## Окончание таблицы 2.1

№ фактора	Содержание фактора
9	Наличие граничной инфраструктуры (в частности, автомобильных и железных дорог)
10	Большая величина грузопотока и пассажиропотока на ОТИ и ТС
11	Недостатки инженерно-технических средств системы ОБТ ОТИ и ТС
12	Наличие уязвимых мест и путей проникновения нарушителей на территорию ОТИ
13	Наличие на ОТИ и ТС потенциально опасного уязвимого элемента, известного нарушителям
14	Недостатки системы информационной безопасности ОТИ и ТС
15	Ненадлежащее состояние периметра контролируемой зоны ОТИ и ТС

Наличие факторов 1, 3, 12, 13, 14, 15 определяется по результатам учений и тренировок персонала системы ОБТ ОТИ и ТС, а также по результатам анализа имевших место АНВ в его деятельность.

Наличие факторов 2, 9, 10 представляет собой детерминированную информацию для данного ОТИ и ТС.

Наличие фактора 4 применительно к текущей обстановке (экономической, социальной, политической, криминальной) определяется по результатам анализа характеристик персонала ОТИ и ТС и системы его ОБТ соответствующими компетентными органами.

Наличие факторов 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15 облегчающих нарушителю реализацию АНВ, оценивается экспертами (специалистами по ОБТ) применительно к особенностям каждого характерного для ОТИ и ТС АНВ.

Наличие фактора 11 оценивается специалистами по инженерно-техническим средствам системы ОБТ как на основе инженерных расчетов, так и по результатам учений и тренировок персонала с применением этих средств, в виде, например, характеристик их технической надежности (вероятности безотказной работы на заданном интервале времени, времени наработки на отказ и т.п.); функциональных характеристик (вероятности обнаружения нарушителя при попадании его в зону действия систем охранной сигнализации, вероятности обнаружения запрещенных предметов рентгенотелевизионными интроскопами, металлоискателями, аппаратурой для обнаружения взрывчатых веществ и т.п.).

Приведенные факторы должны уточняться по отношению к каждому конкретному ОТИ в зависимости от его специфических характеристик (района расположения и топологии, выполняемых задач и технологических процессов), видов характерных для него АНВ, прогнозируемых алгоритмов реализации АНВ и технических средств, используемых при этом нарушителем, и т.п.

В методике [6] для предварительной оценки важности (значимости, привлекательности) мостов для совершения АНВ используются критерии оценки их текущего состояния, значения которых определяются экспертно.

В таблице 2.2 показаны критерии оценки текущего состояния мостов для

оценки уязвимости при совершении АНВ.

Таблица 2.2 – Критерии оценки текущего состояния мостов для оценки уязвимости при совершении АНВ

Наименование критерия (весомость)	Оценочные измерители	Источник информации
Избыточность $K_u$ (0,05)	Наличие альтернативных маршрутов объезда	
	Протяженность альтернативных маршрутов объезда	
	Количество и вместимость альтернативных видов транспорта	
Надежность $K_n$ (0,45)	Надежность конструкции	Конструкция, экспертные оценки
	Расчетная нагрузка	Расчетная нагрузка
	Тип конструкции	Тип конструкции, основная конструкция, пролеты
	Разрушение критических элементов	Критическая проверка функций, экспертные инженерные оценки
	Рейтинги компонентов моста	Рейтинг состояния, эксплуатационный и инвентаризационный рейтинги
	Надежность материалов моста	Используемые материалы
Устойчивость $K_y$ (0,05)	Факторы, отражающие реагирование на инцидент (время в пути экстренных служб, количество и состав групп реагирования в часовой досягаемости, наличие групп устранения последствий аварий с опасными грузами, наличие больниц, медпунктов)	
	Факторы, влияющие на время ремонта (длина моста, высота моста, водная преграда)	Конструкционная длина, максимальная длина пролета, минимальный вертикальный зазор, тип объектов под мостом, минимальные вертикальные навигационные зазоры
Безопасность $K_b$ (0,45)	Контроль доступа (ограждение, замки, идентификационные системы и т.д.)	
	Мониторинг и обнаружение (камеры, датчики и т.д.)	

Уровень текущего состояния моста на предмет его «непривлекательности» для АНВ оценивается по формуле

$$P = P_u \cdot K_u + P_n \cdot K_n + P_y \cdot K_y + P_b \cdot K_b, \quad (2.1)$$

где  $P_u$ ,  $P_n$ ,  $P_y$ ,  $P_b$  – относительные значения показателей избыточности, надежности, устойчивости и безопасности, балл (от 0 до 1), устанавливаются экспертами на основании парного сравнения с аналогичными показателями для идеального варианта, у которого значения всех показателей равны 1. Чем выше

значение  $P$ , тем меньше «привлекательность моста» для осуществления АНВ.

При этом надежность моста может оцениваться с использованием методики, изложенной в ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету» [2]. Строительные конструкции и основания следует рассчитывать по методу предельных состояний. Основа метода – прогнозирование возможности безотказной работы конструкций и оснований с учетом изменчивости свойств материалов, грунтов, нагрузок и воздействий, геометрических характеристик конструкций, условий их работы, а также степени ответственности (и народнохозяйственной значимости) проектируемых объектов, определяемой материальным и социальным ущербом при нарушении их работоспособности. Предельные состояния подразделяются на две группы:

- первая группа включает в себя предельные состояния, которые ведут к полной непригодности к эксплуатации конструкций, оснований (зданий или сооружений в целом), или полной (частичной) потере несущей способности зданий и сооружений в целом;
- вторая группа включает в себя предельные состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию конструкций (оснований) или уменьшающие долговечность сооружений по сравнению с предусматриваемым сроком службы.

Предельные состояния, по которым требуется выполнять расчеты, определяются стандартами на проектирование, но эти стандарты не предусматривают учет особенностей разрушения мостов в результате террористических актов.

В процессе проведения оценки уязвимости определяются способы достижения нарушителями наиболее опасных для функционирования ОТИ целей, и рассчитывается вероятность пресечения АНВ нарушителей действиями сил охраны и/или федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ). Формируемая модель нарушителя является исходными данными для оценки уязвимости ОТИ и оценки эффективности КИТСО ОТИ.

Основными исходными данными для проведения оценки риска на всех этапах оценки уязвимости ОТИ в методике [6] являются статистика, экспертные заключения, а инструментами – опросы, обзоры, иерархическое моделирование, матрица тяжести. Из рассмотрения исключены методы математического, имитационного моделирования, оценки уровня разрушений с помощью метода конечных элементов, тяжести последствий с использованием имитационных моделей поведения пользователей, т.е. те инженерные методы, которые широко используются за рубежом для оценки уязвимости ОТИ и в нашей стране при оценке рисков защищенности критически важных объектов (КВО) энергетики, других отраслей.

В России накоплен уникальный практический опыт в области разработки физических и агентурных методов пресечения угроз на опасных производственных объектах. В методике [6] он реализован в полном объеме.

В России оценка уязвимости ОТИ проводится специализированными организациями. Перед проведением работ по оценке уязвимости формируется рабочая группа, состоящая из необходимых специалистов, имеющих соответствующую категорию допуска к информации об объекте. Из числа представителей аккредитованной специализированной организации назначается руководитель рабочей группы. В рабочую группу могут включаться сотрудники и/или эксперты ОТИ, специалисты по обеспечению транспортной безопасности, сотрудники подразделений безопасности ОТИ, другие эксперты и консультанты. Число участников рабочей группы, а также необходимость привлечения экспертов и консультантов определяются масштабом ОТИ и необходимостью анализа соответствующих вопросов безопасности ОТИ. Количество членов рабочей группы не может быть менее 3 (трех) человек.

Количественная оценка выполнения требований по обеспечению защищенности (безопасности) ОТИ осуществляется по четырехбалльной системе:

- 1 балл – «необязательно», проставляется в случае, если данная характеристика полностью не соответствует требованиям по обеспечению безопасности;

- 2 балла – «вероятно», проставляется в случае, если данная характеристика выполняется более чем на 30% от предъявляемых требований по обеспечению безопасности;

- 3 балла – «скорее всего», проставляется в случае, если данная характеристика выполняется более чем на 60% от предъявляемых требований по обеспечению безопасности;

- 4 балла – «почти в каждом случае», проставляется в случае, если данная характеристика выполняется более чем на 90% от предъявляемых требований по обеспечению безопасности.

При определении оценки (степени) соответствия системы, принятых на ОТИ мер по защите от АНВ требованиям по обеспечению безопасности за единицу принимается ее соответствие в полном объеме требованиям по обеспечению безопасности. Соответствие степени защищенности ОТИ от угроз совершения АНВ предъявляемым требованиям по обеспечению безопасности определяется для организационной системы, ИТС и сил охраны по отдельности по формуле:

$$P = Y^2 / 16n^2, \quad (2.2)$$

где  $n$  – количество выставленных оценок;

$Y$  – сумма выставленных оценок.

Показателем степени защищенности ОТИ является вероятность  $P_{анв}$  недопущения АНВ

$$P_{анв} = P_{об} \cdot P_{нр} = P(O > T/A), \quad (2.3)$$

где  $T$  – возможности нарушителей (количество, оснащенность, подготовленность и способы действий – модель нарушителя);

$O$  – возможности сил охраны ОТИ;

$A$  – совокупность факторов, влияющих на защищенность объекта: физико-географические условия размещения объекта; архитектурно-планировочные решения; инженерно-техническая укрепленность; «привлекательность» для совершения АНВ; оснащенность объекта ИТСО (номенклатура, тактико-технические характеристики, количество, техническое состояние);

$P_{об}$  – вероятность своевременного обнаружения нарушителей и прибытия сил охраны к критическому элементу ОТИ (вероятность прерывания АНВ);

$P_{пр}$  – вероятность успеха сил охраны в противодействии нарушителям при условии их своевременного прибытия к критическому элементу.

Величина  $P_{об}$  зависит от вероятности обнаружения нарушителей при их движении к цели, вероятности верного определения масштаба вторжения и своевременного принятия решения на применение сил реагирования, скорости движения нарушителя, т.е. характеристик факторов, составляющих вектор  $A$ . Основным управляемым фактором – обеспеченность инженерно-техническими средствами охраны (ИТСО), препятствующими осуществлению противоправных действий нарушителя в отношении ОТИ. ИТСО определяют своевременность прибытия сил охраны к критическому элементу объекта. Достаточная на рассматриваемом временном интервале при существующем уровне угрозы совершения АНВ, принятой модели нарушителя, экономических, временных и иных ограничениях для руководства ОТИ, комплектация объекта ИТСО закрепляется в форме требуемой обеспеченности – степени фактической оснащенности объекта ИТСО  $N$  по отношению к требуемой (планируемой или рекомендуемой)  $N_m$ ,  $a = N/N_m$ .

Коэффициенты относительной значимости (веса) отдельных типов ИТСО пропорциональны их стоимости. Если ИТСО устанавливались в разное время, то их стоимость в момент приобретения необходимо пересчитать на момент оценки. Для уникальных, особо важных объектов, требующих использования специально разработанных ИТСО, коэффициенты относительной значимости определяются экспертами. Зависимость  $P_{об}$  от  $a$  является монотонно возрастающей и меняется от начальной оснащенности при  $a = 0$  до требуемой при  $a = 1$ , т.е. когда фактическая степень обеспеченности ИТСО соответствует требуемой:

$$P_{об}(a) = 1 - \exp\{-2,2(a + 0,05)\}, \quad (2.4)$$

Значения начальной (без ИТСО) и нормативной (при нормативном оснащении объекта комплексом ИТСО) защищенности определяются разработчиком ТЭО либо теоретико-вероятностным методом с помощью имеющихся программных средств, возможно подкрепленных данными учений

либо экспертными заключениями.

Показателем физической защищенности ОТИ подразделением охраны является величина  $P_{np}$ . В отличие от первой составляющей защищенности ее установление не требует изучения конкретного объекта и определяется соотношением сил охраны и нарушителей. Вероятность положительного исхода противодействия нарушителям для подразделения охраны определяется в соответствии с уравнением Ланчестера-Осипова:

$$P_{np} = 1 - (1 - P_0)^k, \quad (2.5)$$

где  $k$  – коэффициент превосходства сил охраны;

$P_0 = 0,5$  – вероятность их успеха при равных возможностях ( $k = 1$ ) с нападающей стороной.

Для характеристики превосходства защищающейся стороны обычно учитывают количество охранников и нарушителей, а также коэффициенты превосходства охранников над нарушителями по вооруженности и подготовленности. Эксперты должны определить, какому количеству охранников (при известном уровне подготовленности) эквивалентен в среднем один нарушитель (обычно один нарушитель эквивалентен двум охранникам).

При невозможности количественной оценки  $P_{анв}$  проводится качественно-количественная оценка защищенности ОТИ с использованием качественно-количественной шкалы и экспертного оценивания. Ее можно делать как в целом по защищенности объекта от АНВ, так и по отдельным составляющим показателя –  $P_{об}$  и  $P_{np}$ . Так, в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке достаточности мероприятий по физической защите и охране предприятий и организаций от существующих и прогнозируемых диверсионных и террористических угроз внутреннего и внешнего характера», защищенность объекта  $P_{об}$  оценивается по степени соответствия его оборудования предъявляемым требованиям по физической защите и охране. Трех категориям состояния оборудования объекта средствами физической защиты и охраны ставится в соответствие три класса его защищенности, показано в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Категории объектов охраны по защищенности, определяемой по степени ее соответствия предъявляемым требованиям

Значение $a$ , % соответствия оснащения объекта предъявляемым требованиям	Качественно-количественная оценка (категория) защищенности $P_{об}$
$a < 50$	1
$50 < a < 80$	2
$a > 80$	3

Количественно уязвимость объекта оценивается с использованием приведенных выше данных по формуле:

$$O_{анв} = 1 - P_{анв} = P(T \geq O/A) = Q_{об} + (1 - O_{об}) O_{пр}, \quad (2.6)$$

где  $Q_{об} = 1 - P_{об}$  - вероятность для нарушителей достичь критического элемента объекта первыми;

$Q_{пр} = 1 - P_{пр}$  - вероятность успеха нарушителей при оказании противодействия силами охраны.

В таблице 2.4 приведена рекомендуемая качественно-количественная шкала уязвимости при оценке защищенности ОТИ.

Таблица 2.4 – Рекомендуемая качественно-количественная шкала уязвимости при оценке защищенности ОТИ

Уровень (степень) уязвимости	Степень достижения цели нарушителями при проведении АНВ	Критерии	
		Качественный	Количественный - по вероятности достижения цели нарушителями $Q_{об}$ , АНВ/ (объект-действие)
1	Невероятно	Требования к защите объекта выполнены полностью. Цели действий нарушителей в отношении объекта могут быть достигнуты (АНВ совершен) только при исключительных обстоятельствах - абсолютно неуязвимый объект	$Q_{об} < 10^{-2}$
2	Маловероятно	Требования к защите объекта выполнены более чем на 90%. Цели действий нарушителей в отношении объекта могут быть достигнуты в редких случаях, но объект нельзя исключать из рассмотрения - практически неуязвимый объект	$0,01 < Q_{об} < 0,1$
3	Вероятно	Требования к защите объекта выполнены на 50-90%. Цели действий нарушителей в отношении объекта могут быть достигнуты в некоторых случаях - слабо уязвимый объект	$0,1 < Q_{об} < 0,5$
4	Весьма вероятно	Требования к защите объекта выполнены на 10-50%. Цели действий нарушителей в отношении объекта будут достигаться в большинстве случаев - уязвимый объект	$0,5 < Q_{об} < 0,9$
5	Почти наверняка	Требования к защите объекта выполнены менее чем на 10 %. Цели действий нарушителей в отношении объекта будут достигаться почти всегда - абсолютно уязвимый объект	$Q_{об} - 0,9$

Примерный перечень обоснованных технических мер по обеспечению защищенности ОТИ (моста) на магистрали приведен на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Примерный перечень обоснованных технических мер по обеспечению защищенности ОТИ (моста) на магистрали [17]

### 2.3 Алгоритм оценки защищенности ОТИ ДХ в США

Принятая в США система обеспечения безопасности ОТИ ДХ строится на основе оценки и управления рисками [8, 9, 20, 21]. Оценка рисков включает в себя объединение информации, касающейся угроз, уязвимости объектов и возможных последствий. Управление рисками базируется на организации мер защиты на основании выработки стратегии снижения рисков. Многие модели разработаны с учетом использования имеющихся ресурсов на основе критерия «эффективность-стоимость». Критическая важность объекта учитывает не только масштаб эффекта нарушения его функциональности, но и время, необходимое на его восстановление. В США принята следующая система иерархии уровней угроз:

- № 4. Минимальная угроза. Предупреждения об угрозах не влияют на

функционирование органов и объектов (все ведомства действуют в повседневном режиме).

- № 3. Потенциальная угроза. Разведывательные или другие источники свидетельствуют о возникновении потенциальной угрозы нападения, однако она не рассматривается как неизбежная.

- № 2. Вероятная или правдоподобная угроза. Проведенные оценки угрозы подтверждают ее существование, возможность наличия у террористов оружия массового поражения и вероятность его применения. Аналитики проводят оценку каждой угрозы, для которой требуется реагирование федеральных органов управления. В соответствии с этим уровнем угрозы ситуация требует проверки готовности сил и средств к реагированию на ЧС с целью их предотвращения или предупреждения. Федеральные органы сосредотачивают свое внимание на проведении мероприятий по обеспечению безопасности. Проводится подготовка и моделирование возможных действий при развитии ситуации по тому или иному сценарию.

- № 1. Чрезвычайная ситуация. Произошел террористический акт или природный катаклизм, который требует немедленного проведения идентификации, оценки и планирования процесса использования федеральных ресурсов и согласованной работы органов различного уровня, привлечения ресурсов для снижения до минимума последствий происшествия. При этом предполагается наличие жертв и ставится задача снизить их количество.

В приведенной ниже методике AASHTO [9] исходной информацией для оценки защищенности (уязвимости) моста является его двухуровневое ранжирование по потенциальной уязвимости на основании анализа конструкционных и других особенностей для обоснования защитных мероприятий от АНВ, включающее в себя расстановку приоритетов и оценку рисков.

На первом этапе при первичном ранжировании приоритетность проведения защитных мероприятий от АНВ мостов (и одновременно их условное категорирование по степени уязвимости) устанавливается на основании оценок:

- вероятности массовых жертв с учетом суточной интенсивности движения и связанных с ней пиковых значений;
- критичности для экстренной эвакуации и реагирования на ЧС;
- наличия альтернативных маршрутов проезда адекватной пропускной способности;
- информационного потенциала для широкого освещения средствами массовой информации и общественных реакций;
- символического значения (насколько объекты важны для страны и общества);
- многофункциональности мостов при совмещении автомобильного и железнодорожного движения по мосту;
- важности для военной мобилизации;

- вероятности вторичного ущерба (землям, водным и железнодорожным путям, а также объектам инфраструктуры и коммунального хозяйства);
- максимальной длины одного пролета как характеристики времени, необходимого для замены (восстановления) объекта;
- объема грузо- и пассажиропотоков для учета экономических последствий;
- размеров моста (характеристика времени/стоимости замены);
- значимости доходов (например, пошлины, тарифов), связанных с объектом;
- стратегического расположения (на пограничных переходах).

Второй этап представляет собой оценку риска высокоприоритетных мостов, выбранных из первичного списка приоритетов, для определения уязвимости и оценки контрмер для предотвращения атак и/или повреждений. Оценка риска уязвимости моста от АНВ  $RS$  в общем виде определяется по формуле

$$RS = IF \cdot OFi \cdot VFi, \quad (2.7)$$

где  $OFi$  – фактор опасности - вероятность наступления АНВ для угрозы  $i$ ;

$VFi$  – фактор уязвимости для угрозы  $i$ ;

$IF$  – фактор важности, значимости.

Фактор вероятности появления  $OFi$  – мера относительной вероятности реализации угрозы (АНВ). В общем виде уравнения риска фактор опасности риск - ориентирован и будет изменяться в зависимости от характера опасности. Фактор рассчитывается как комбинация следующих параметров: уровень доступа; уровень безопасности; видимость и привлекательность объекта; отклик общественности в случае нападения; количество случаев, когда объект находится под угрозой в прошлом. Этот фактор обычно определяется действиями правоохранительных и разведывательных служб, знакомых с угрозой и оперативными мерами безопасности.

Фактор уязвимости  $VFi$  – мера последствий для объекта и пассажиров с учетом возникновения угрозы  $i$ . Уязвимость показывает, сколько объектов или человек будет повреждено или уничтожено, на основании структурных откликов на определенный риск. Фактор рассчитывается как сочетание следующих параметров: ожидаемый ущерб объекту; ожидаемое время простоя или закрытия объекта; ожидаемое число жертв. Этот фактор обычно зависит от инженерного анализа и экспертизы.

Фактор важности (значимости)  $IF$  – мера социально-экономического воздействия на работу объекта. Важность является характеристикой объекта, а не опасности и показывает последствия для региона в случае уничтожения или повреждения ОТИ. Обычно важность определяется эксплуатационными службами объекта, финансируемыми государством и способными привлечь правоохранительные и разведывательные службы для обеспечения

безопасности. Фактор рассчитывается как комбинация следующих параметров: историческое и символическое значение; стоимость восстановления; значимость как маршрута экстренной эвакуации; важность для региональной экономики и транспортной сети; годовой объем перевозок; уязвимость производственных объектов, прилегающих к мосту; военное значение; количество человек на объекте.

Контрмеры, которые уменьшают риск, связанный с объектом, могут быть нацелены на снижение фактора возникновения (например, уменьшение возможности доступа к объекту); фактора уязвимости (повышение прочности конструкции для сокращения повреждений) или фактора важности (строительство еще одного моста для снижения зависимости от объекта). Риск АНВ и его последствий на критичных мостах схематично представляется в виде комбинации вышеуказанных факторов на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Риск АНВ и его последствий на критичных мостах

Весовые коэффициенты используются для объединения показателей, которые составляют каждый из факторов, перечисленных выше. Они разработаны с использованием процедуры парного сравнения, когда каждый эксперт из группы принятия решений присваивает числовое значение относительного влияния одного показателя на другой. Баллы усредняются и используются для вычисления весовых коэффициентов, которые затем анализируются всей группой и пересматриваются, пока все эксперты не будут удовлетворены результатами. После того как весовые коэффициенты будут приняты, для каждого ОТИ необходимо:

- вычислить фактор важности, формула (2.7 а), путем присвоения значений показателям, которые вносят вклад в этот фактор;
- выявить уязвимые элементы объекта;

- определить реальные угрозы для каждого элемента;
- вычислить факторы появления, формула (2.7 б), и уязвимости, формула (2.7 с), для каждой угрозы путем присвоения значений показателей, влияющих на эти два фактора;
- оценить риск, формула (2.7), для ОТИ в виде комбинации факторов значимости, появления и уязвимости.

Ниже приведен список наиболее вероятных тактик и угроз мостовым сооружениям при террористических актах:

- самодельные взрывные устройства на ТС – бомбы на основе транспортных средств: бомбы-автомобили, применяющиеся в отношении критических элементов, доступных с земли, и бомбы-лодки - в отношении элементов, доступных с воды.

- закладываемые вручную взрывные устройства – контактные взрывные устройства, такие как подрывные и кумулятивные заряды, которые обычно используются инженерами и гражданскими экспертами при сносе зданий.

- взрывобезопасные режущие инструменты – любые невзрывные устройства, такие как пилы, шлифовальные машины и горелки, которые могут быть использованы для разрушения конструкции.

- транспортные воздействия – похожи на 1 (но без взрывчатки); к ним относятся как наземные, так и водные транспортные средства.

- пожар. Масштаб пожара и продолжительность могут привести к потере жесткости и прочности критических элементов моста. Например, пожар, вызванный аварией автоцистерны на мосту вблизи от критических элементов.

Анализ структурных элементов мостов и их поведение под действием взрыва рассматриваются как основная характеристика при выборе наиболее эффективных мер смягчения последствий террористических атак путем повышения живучести конструкции. Для этого используются данные, приведенные на рисунках 2.3 и 2.4.

На рисунке 2.3 [8] отражена зависимость избыточного давления взрыва (фунт/кв. дюйм) от расстояния до критической точки и от удельной массы взрывчатого вещества. Тяжесть и вероятность угрозы являются критериями выбора контрмер, которые определяются в зависимости от ожиданий и целей. Они должны учитывать сценарии реализации угрозы, количество жертв, объемы повреждений и сроки восстановления.

На рисунке 2.4 [8] показаны последствия распространения взрывной волны в результате террористического акта на ОТИ в зависимости от расстояния от эпицентра взрыва. Максимальный ущерб здоровью людей причиняется осколками стекла и повреждением конструкций ОТИ, находящихся на нем АТС.

Процесс выбора включает в себя следующие этапы:

- 1) Задается посчитанный с помощью OVI модели (2.7) риск  $RS$  для моста (существующего или проектируемого).

## 2) Определение угроз

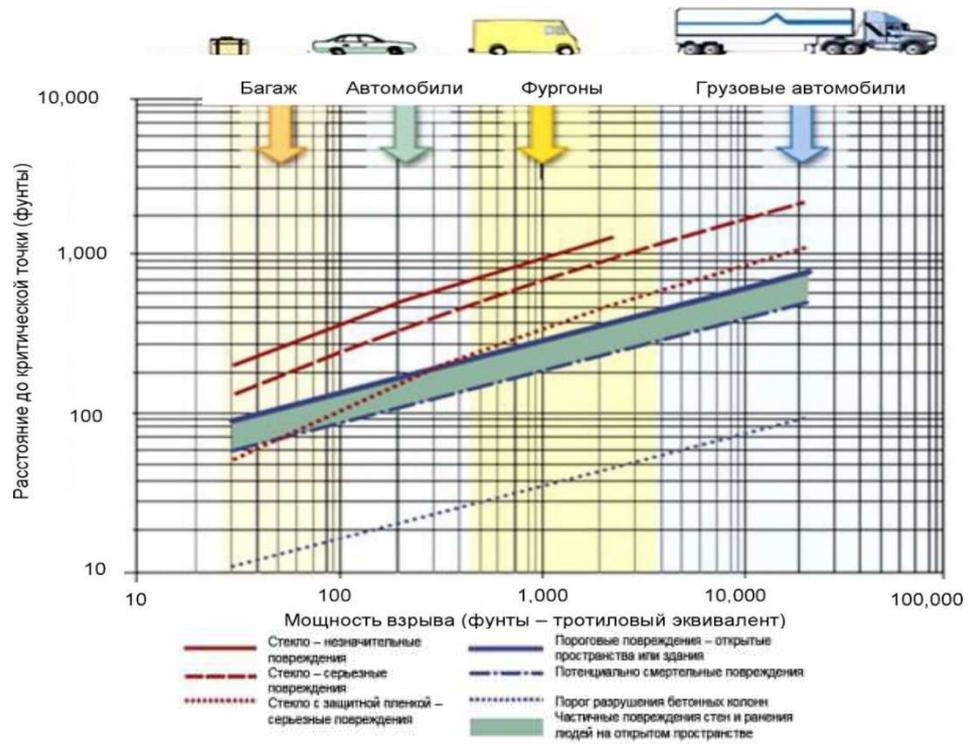


Рисунок 2.3 – Зависимость избыточного давления взрыва (фунт/кв. дюйм) от расстояния до критической точки и от удельной массы взрывчатого вещества

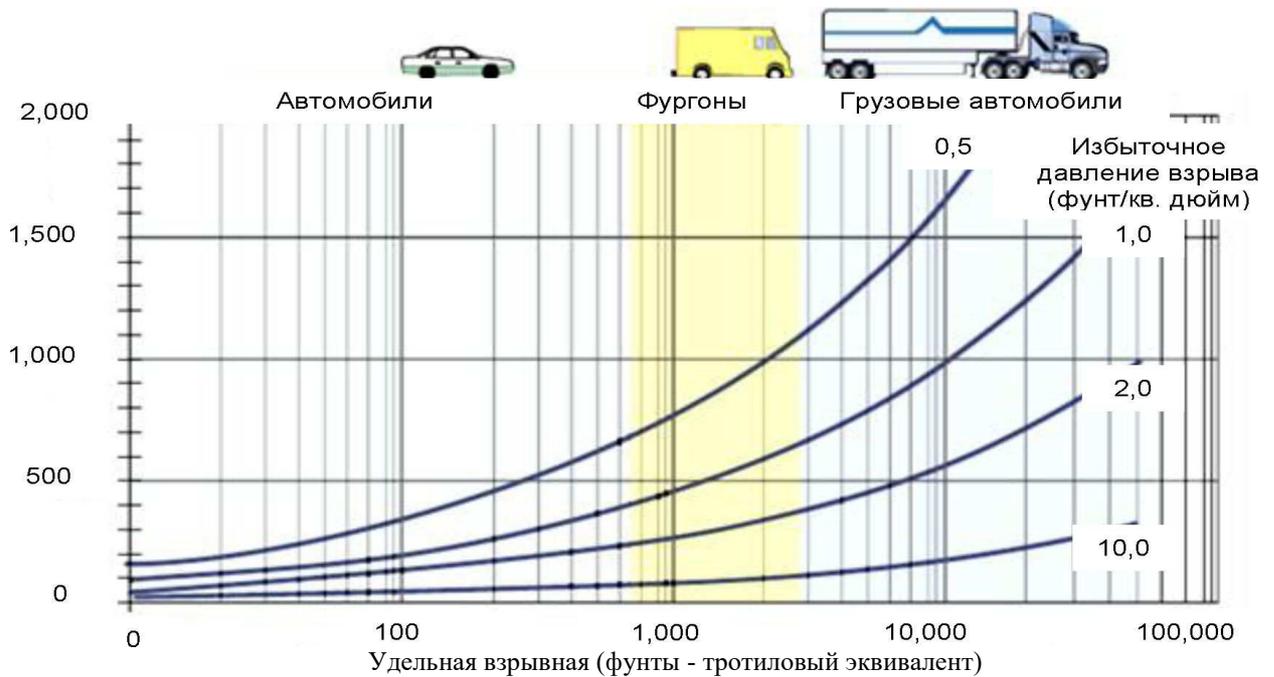


Рисунок 2.4 – Последствия распространения взрывной волны в результате террористического акта на ОТИ в зависимости от расстояния от эпицентра взрыва

Самой серьезной из потенциальных угроз является возможность полного разрушения конструкции. В этом случае лучшей контрмерой является предотвращение осуществления угрозы. К другим угрозам относятся менее мощные взрывы, столкновения и пожары. Источники и масштабы угроз представлены в таблице 2.8 [20].

Таблица 2.8 – Источники и масштабы угроз на мостах

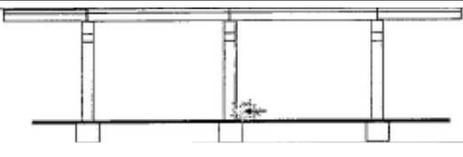
Тип угрозы	Максимально возможное количество вещества	Наиболее вероятный участник
Обычные взрывчатые вещества	Грузовик* (20 000 фунтов) Баржа (40 000 фунтов)	Автомобильная бомба** (500 фунтов)
Столкновения с конструктивными элементами (размер АТС, которое может повредить конструкцию)	Грузовик полной массой 100 000 фунтов Судно в зависимости от водного пути	Грузовик Судно
Пожар	Крупнейшая существующая емкость с топливом или газовый баллон Топливная баржа или танкер	Бензиновый грузовик Топливная баржа
Химические / биологические (опасные) грузы	Эти угрозы существуют, однако не оценивались количественно	

\* – максимально возможное количество обычного взрывчатого вещества. Для грузовых АТС – на основании данных о крупнейших террористических актах со взрывом грузовиков. Для баржи – основываясь на предположении о максимальном количестве взрывчатки, которое можно провезти незамеченным для служб безопасности по водным путям.

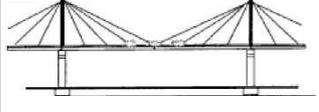
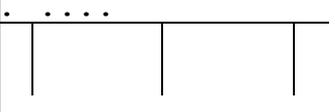
\*\* – размер заряда взрывчатого вещества, который можно спрятать в багажнике автомобиля без возможности обнаружить при визуальном осмотре

В таблице 2.9 приведены возможные сценарии развития террористических атак на мостах (способы доставки и наиболее уязвимые места для закладки взрывчатых веществ) [20].

Таблица 2.9 – Возможные сценарии развития террористических атак на мостах

Схема	Боезаряд	Расположение	Ожидаемые повреждения
1	2	3	4
	Взрывчатое вещество, заложенное вручную	Основание колонны	Разрушение основания колонны, повреждение фундамента, образование воронки, обвал двух пролётов
	Взрывчатое вещество, заложенное вручную	Гнездо концевой опоры	Разрушение концевой опоры и обвал одного пролёта

### Окончание таблицы 2.9

1	2	3	4
	Взрывчатое вещество, заложённое вручную	Анкерные крепления тросов	Разрушение анкерного крепления и обвал одного или более пролётов
	Бензовоз/ взрывное вещество, заложённое в автомобиль	Проезжая часть	Разрушение поверхности, дробление стоек, длительное горение, обвал одного или более пролётов
	Большегрузный самосвал	Опора моста	Разрушение опоры, возможен пожар, обвал двух пролётов
	Корабль / баржа	Опора моста	Разрушение опоры, обвал одного или более пролётов

В таблице 2.10 показаны критические элементы различных типов мостов, которые являются уязвимыми для указанных на рисунках 2.3 и 2.4 и в таблицах 2.8 и 2.9 угроз и взрывных нагрузок.

Таблица 2.10 – Критические элементы различных типов мостов [32]

Критические элементы	Балочный мост	Ферменный мост	Подвесной мост	Вантовый мост	Арочный мост	Плита
Балки	X					
Соединения концов тросов	X					
Подвесы	X					
Настил	X	X	X	X	X	X
Опора	X	X	X	X	X	X
Береговой устой	X	X	X	X	X	X
Опорная поверхность, седло	X	X			X	X
Верхний пояс фермы		X				
Нижний пояс фермы		X				
Диагонали		X				
Соединения		X			X	
Крепления						
Основные кабели			X			
Поддержки			X			
Седло кабеля			X	X		
Якорь кабеля			X	X		
Опоры пилона			X	X		
Распорки (стойки) пилона			X	X		
Ванты				X		
Арки					X	
Стяжки					X	

### 3) Определение последствий

На основании потенциальных угроз для моста необходимо определить возможные последствия, если угрозы осуществляются. Если последствия являются приемлемыми, то может быть принято решение ничего не

предпринимать. Если последствия являются неприемлемыми, то реализуются два варианта действий:

- уменьшение угрозы – меры, которые могут быть приняты в краткосрочной перспективе (3-6 месяцев) с целью уменьшить привлекательность объекта или запретить доступ на объект с помощью технических средств, оперативных и физических мер;

- смягчение последствий – действия относятся к средне - и долгосрочным по времени. Они позволяют уменьшить ущерб в результате потери жизни, имущества, функциональности и экономической жизнеспособности путем совершенствования конструкции, инженерных мер и оперативных стратегий. Поэтому при реализации необходим детальный инженерный анализ оценки уязвимости и статистический анализ конкретных объектов и предполагаемых угроз этим ОТИ. Затем производится оценка стоимости снижения угрозы или смягчения последствий и пересчет риска по формуле (2.7) с учетом рекомендованных контрмер, чтобы убедиться, что после снижения риск достигнет приемлемого безопасного уровня. В результате получается ранжированный список мероприятий, который показывает преимущества реализации каждой из контрмер. Расходы (с точки зрения капитальных затрат, эксплуатации и технического обслуживания и разрушения) рассчитываются параллельно и используются вместе с этими результатами при анализе затрат и выгод для определения окончательного списка мер по смягчению последствий. Перед разработкой окончательного ранжированного списка контрмер необходимо рассматривается несколько промежуточных результатов для того, чтобы окончательные результаты были более достоверными и применимыми на практике.

4) Сравнение затрат и выгод (снижение риска) для комбинаций контрмер и стратегий в рамках назначенного анализа сценариев

При определении затрат и выгод анализ включает в себя расходы, связанные с увеличением стоимости для пользователей, и экологические и энергетические последствия, если объект будет разрушен или серьезно поврежден. В качестве альтернативного критерия приемлемости можно рассматривать, в какие сроки будет пущен восстановленный объект. Например, если временные рамки составляют 13 дней, то можно определить тип угрозы (от автомобиля, плавсредства и т.д.) или объем взрывчатых веществ, способный потенциально вызвать такие повреждения, и выбрать контрмеры для снижения этой угрозы.

Рекомендации по выбору мероприятий базируются на двух основных стратегиях: снизить угрозу (предотвратить доступ террористов) или смягчить последствия (уменьшить эффект от атаки), либо применить оба этих варианта. Результаты ранжирования мер по смягчению последствий АНВ в зависимости от соотношения выгоды / затраты приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Результаты ранжирования мер по смягчению последствий АНВ в зависимости от соотношения выгоды / затраты [9]

№ п./п.	Элемент	Снижение риска	Стоимость (тыс. \$)
1	Главные пролеты	0,07	108,718
2	Подъезды	0,15	32,686
3	Пролеты	0,30	30,869
4	Основание главной опоры	0,32	13,937
5	Основные опоры	0,10	12,048
6	Опора главного пролета	0,02	5,891
7	Анкерный элемент	0,10	2,840

Данный методический подход может быть использован при оценке уязвимости ОТИ и обосновании рекомендаций по повышению защищенности мостов на основе использования методологии риск-менеджмента.

Реализация методологии риск-менеджмента невозможна без количественной оценки риска, представляющего произведение вероятности совершения неблагоприятного события (АНВ) на величину вреда (ущерба) людям, имуществу, окружающей среде, которые могут возникнуть при совершении АНВ.

### 2.2.1 Требования к системам управления рисками

Все требования, предъявляемые к системе управления рисками, делятся на две категории: требования на этапе до реализации риска и в случае реализации риска. На этапе пока риски еще не реализовались, требуется обеспечить приемлемый уровень риска, не вызывать неоправданных расходов и не нарушать законность.

Обеспечение приемлемого уровня риска.

Понятие «приемлемый» подразумевает наличие некоего лица, группы лиц, а также документа, которые могут судить о степени допустимости того или иного риска для объекта. Делать выводы о существующем уровне риска, пока он не наступил, приходится на основании косвенных показателей. К ним относятся разнородные данные, например, уменьшающееся или растущее количество несчастных случаев на данном объекте, научные расчеты или прогнозы развития ЧС, состояние системы безопасности объекта, контроль соблюдения предъявляемых к ней требований, происшествия на аналогичных объектах и т.д. В совокупности все эти данные создают ощущение защищенности либо, напротив, существующей или надвигающейся угрозы. Поэтому приемлемым для конкретного объекта можно считать такой уровень риска, который:

- может быть подтвержден логическими, статистическими или иными выводами и расчетами, требованиями нормативных документов (объективный уровень);

- не вызывает беспокойства у руководства и пользователей (субъективный уровень).

Задача риск-менеджера сводится к приведению объективного и субъективного уровней риска к приемлемым показателям за счет принятия реальных мер.

Соблюдение допустимого уровня затрат на управление рисками.

Управление рисками не должно требовать неоправданных расходов. Поэтому при анализе этого требования следует оценивать выгоды и затраты от применения риск-менеджмента на объекте. Существование риска для любой организации порождает различные расходы (убытки), которые в совокупности составляют цену риска. Она складывается из трех составляющих:

1) Непредвиденные убытки, вызванные реализацией риска, включая реальный ущерб и упущенную выгоду. Они имеют место только, если наступила ЧС. До наступления ЧС непредвиденные убытки считаются потенциально возможными (вероятными) и с трудом поддаются объективной оценке.

2) Выгоды, упущенные из-за опасений. Сюда относятся возможные доходы и другой положительный эффект, неполученные от нереализованных проектов, которые считались слишком рискованными, и поэтому от них решено было отказаться. Эти упущенные доходы с трудом поддаются оценке, поскольку они не являлись бы гарантированными даже в случае реализации.

3) Ресурсы, направленные на управление рисками. Их основную часть составляют административные расходы на создание и функционирование системы риск-менеджмента, уплаченные организацией страховые премии, расходы на предупредительные мероприятия и меры по уменьшению возможных убытков. В отличие от предыдущих составляющих расходы на управление риском хорошо поддаются учету и бюджетированию.

Правильно организованный риск-менеджмент может снизить непредвиденные потери и связанные с ними опасения, делая убытки менее вероятными, менее тяжелыми и более предсказуемыми. За счет этого происходит уменьшение риска. Развитие системы управления рисками уменьшает первые две составляющие цены риска, но требует увеличения третьей.

Решения в части риск-менеджмента строятся на сопоставлении указанных выгод и затрат. Сравниваются возможные потери с реальными расходами, что достаточно трудно и в значительной степени зависит от субъективных оценок. Решение относительно оптимального уровня затрат на управление рисками является творческой задачей, не имеющей идеальных решений.

При обосновании мероприятий по предупреждению ЧС на мостах в результате АНВ и смягчению их последствий за риск принимается интегральный показатель, включающий в себя как вероятность наступления нежелательного события за год, так и связанный с ним ущерб. Риск представляется в виде математического ожидания ущерба определенного рода

за год  $R$  (руб./год)

$$R = p g, \quad (2.8)$$

где  $p$  – вероятность наступления ЧС (частота ЧС) за год;

$g$  – ущерб от ЧС, руб./год.

В [13] интегральный риск представлен в виде цены потенциального ущерба  $K_{\text{инт}}$ , являющейся наиболее универсальной количественной мерой, определяющейся выражением (руб./год).

$$K_{\text{инт}} = (K_{\text{л}} + K_{\text{экон}} + K_{\text{бал}} + K_{\text{экол}}) P_c, \quad (2.9)$$

где  $K_{\text{л}}$  – финансовый ущерб, определяемый численностью погибших и пострадавших, в случае реализации террористической атаки на объект;

$K_{\text{экон}}$  – финансовый ущерб от уменьшения грузо- и пассажиропотока в результате вывода из строя наиболее уязвимых элементов объекта;

$K_{\text{бал}}$  – балансовая стоимость сооружения (стоимость восстановления);

$K_{\text{экол}}$  – стоимостное выражение ожидаемого экологического ущерба в случае реализации террористической атаки на объект;

$P_c$  – показатель уровня террористической опасности, коэффициент, учитывающий вероятность совершения в течение года террористического акта.

Критерий  $K_{\text{инт}}$  определяет в стоимостном выражении уровень риска террористической атаки на незащищенный ОТИ в конкретном регионе, поэтому его можно использовать для оценки прямых и косвенных ущербов.

### 2.2.2 Оценка ущерба и интегрального риска ЧС на мостах в результате АНВ (террористического акта)

На рисунке 2.6 приведена схема методики оценки ущерба и интегрального риска на мостах, а также шаги по её реализации [23, 24].

Ее важной отличительной особенностью является установление уровня критичности (категории) моста (отнесение его к критически важным объектам транспортной инфраструктуры) по минимальным значениям интенсивности движения и доли тяжелых грузовых автомобилей в транспортном потоке на мостах, длине пролета или совмещению его с железной дорогой, времени реконструкции (в случае полного разрушения), известности моста. На рисунке 2.6 приведена последовательность определения критичности (категории) моста для использования методологии риск-менеджмента безопасности, которая может применяться в развитие методики [9].

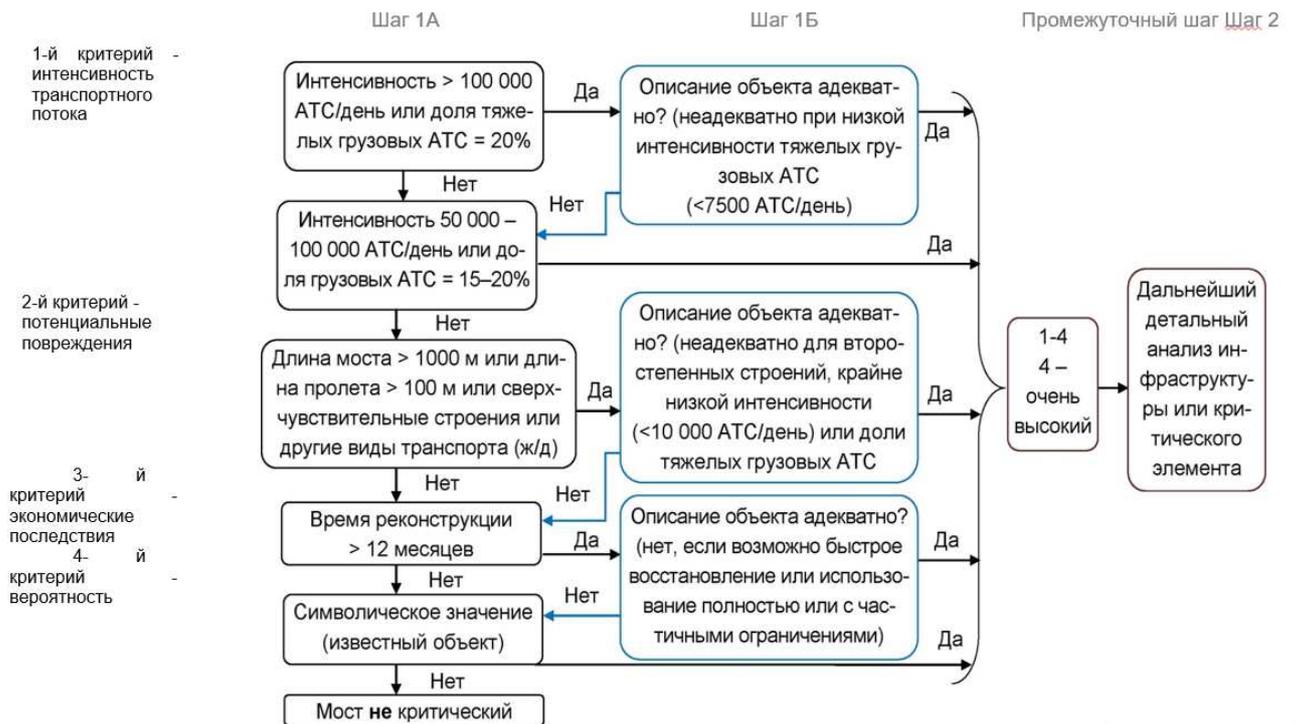


Рисунок 2.6 – Схема методики оценки ущерба и интегрального риска на мостах, а также шаги по ее реализации [23]

После того как выяснено, относится ли рассматриваемый мост к критически важным объектам по приведенным на рисунке 2.6 четырем критериям, проводится детальный анализ прямого и косвенного ущерба, а также интегрального риска.

### 2.2.3 Оценка прямого ущерба (затрат)

Прямой ущерб (ежегодные затраты) для каждой меры повышения защищенности (безопасности) и их набора рассчитывается на основании стоимости инвестиций, затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание. Значения стоимости могут быть приведены либо к расстоянию (км), либо к единице (один мост). Затем оценивается снижение риска, как уровень риска для каждой конкретной ситуации с дополнительными мерами или их комбинацией по сравнению с ситуацией при их отсутствии. Уровень риска может включать в себя прямые (например, потери, травмы, повреждения инфраструктуры) и косвенные последствия (например, снижение доступности участков дорог). Эти риски рассчитываются в виде текущих затрат (ежегодно) и выражаются в денежных единицах. Оптимизация снижения риска должна соответствовать оптимизации стоимости (на км или за единицу).

Экономическая эффективность  $EE$  может быть рассчитана путем деления затрат на величину снижения риска:

$$EE = C_y / AR \quad (2.10)$$

Защитные меры являются экономически эффективными, когда указанный выше коэффициент меньше 1, т.е., снижение риска больше, чем расходы. Так как анализ риска, как правило, основывается на субъективных оценках, критерии принятия решения могут быть определены, как:

- $EE < 1$  – защитные меры должны быть реализованы;
- $1 < EE < 2$  – применимость следует проверять в каждом конкретном случае;
- $EE > 2$  – применять меры защиты нерентабельно.

Оценка затрат на реконструкцию моста (после разрушения в результате АНВ) осуществляется по формуле:

$$K_w = K_N \cdot F (Ec + A) + V, \quad (2.11)$$

где  $K_w$  – затраты на реконструкцию, руб.;

$K_N$  – первоначальные затраты на новое строительство, руб./м<sup>2</sup>;

$F$  – площадь поврежденного участка, м<sup>2</sup>;

$Ec$  – фактор сложности, для нового строительства,  $E=100\%$ ;

$A$  – фактор, учитывающий затраты на снос, %;

$V$  – локальные меры по безопасности дорожного движения, руб.

Первоначальные затраты на реконструкцию моста зависят от типа конструкции (в основном в поперечном сечении) и затрат на начальное строительство для таких типов мостов, как балочные, фермовые, рамочные и арочные. На другие типы, например, вантовые мосты данный подход не распространяется. Фактор сложности  $E$  для значительного вреда (ущерб уровня 4 или 5) составляет 160 %. Также учитывается фактор  $A$ , включающий в себя расходы на снос. Локальные меры безопасности дорожного движения необходимы, если часть моста может быть использована для движения во время реконструкции (например, перенаправление трафика на другие пролеты).

### 2.2.3 Оценка косвенного ущерба (последствий)

Последствия (ущербы), которые наступают после того, как произошел инцидент, называются косвенными. Они возникают из-за того, что объекты инфраструктуры необходимо восстановить после инцидента, и, соответственно, они частично недоступны для любого пользователя. Отсутствие доступа к мосту приводит к изменениям в поведении участников движения, вызывающим широкий спектр косвенных последствий. Например, участникам дорожного движения, обычно едущим по дороге, где находился мост, придется использовать альтернативные маршруты, возможно, менее безопасными, чем тот, которым они обычно пользовались. В этом случае дополнительные ДТП рассматриваются как косвенное последствие инцидента. В [22-24] приведена процедура оценки, позволяющая количественно учесть среди прочих и эти косвенные последствия:

- влияние на экономику региона;
- влияние на жизнь и здоровье людей, и безопасность дорожного движения;
- влияние на окружающую среду.

Для того чтобы оценить эти последствия, используются 14 показателей. Однако при анализе невозможно рассмотреть все аспекты и взаимозависимости сценариев и точек ветвления на дереве событий. Поэтому необходимо упрощать ситуацию, выбрав показатели, которые описывают наиболее важные последствия анализируемой ситуации. Они должны быть измеримыми, сопоставимыми и применимыми. Еще одно общее допущение связано с временным периодом, в течение которого косвенные последствия могут возникнуть. Для того чтобы упростить ситуацию, предполагается, что косвенные последствия происходят только в период выполнения сценария реконструкции (восстановления) моста.

Основные исходные данные, относящиеся к мостам, учитывают оставшуюся пропускную способность дороги и продолжительность периода восстановления. Для количественной оценки других показателей, связанных с дорожным движением (пробег и время в пути), используются транспортные модели. С их помощью в соответствии с методологией, например, COPERT-IV [18] можно оценить выбросы загрязняющих веществ и расход топлива АТС.

Транспортные модели должны отражать перераспределение транспортных потоков в сети и включать в себя все связи, которые могут быть затронуты путем частичного отсутствия доступа на взорванный мост. В случае закрытия маршрутов по причине инцидента на объекте инфраструктуры дорожной сети детальный анализ должен сосредотачиваться на пострадавшем транспортном маршруте. Прежде всего, следует уточнить, для осуществления каких транспортных связей обычно используется этот маршрут. Необходимо оценивать:

- интенсивность (плотность, скорость) транспортных потоков;
- объем перевозок пассажиров и грузов;
- длину маршрута;
- время в пути на маршруте.

Кроме того, должно быть определено, как именно будет осуществляться движение по альтернативному маршруту (например, замена автобусного транспорта железнодорожным на время восстановительного периода). Для этих замен также необходимо оценить показатели, упомянутые выше. Воздействие на экономику региона или государства также определяется с помощью детального анализа. Для «обычных» объектов инфраструктуры этими показателями можно пренебречь. Они важны для «критически важных», как правило, внеклассных мостов с высокой интенсивностью движения через крупные реки или акватории. Проводя процедуру оценки для каждой точки ветвления определенного сценария, можно рассчитать общую сумму косвенного ущерба. Эта цифра может быть использована в качестве исходных

данных для расчета риска конкретного сценария. Она также является основой для проведения анализа затрат и выгод.

#### 2.2.4 Оценка риска

Сначала рассчитывается риск до введения любых мер защиты. После осуществления мер защиты риск пересчитывается с использованием тех же методов и разница в результатах используется для оценки экономической эффективности мер в анализе затрат и выгод.

Ниже представлена формула для расчета общего риска,  $R$ , в случае, когда к концу ветви изменяется только количество погибших:

$$R = \sum(n_f) \cdot C_f + \frac{\sum(n_f)}{n_p} \cdot C_v + C_r + C_l, \quad (2.12)$$

где  $n_f$  - ожидаемое число погибших;

$C_f$  - стоимость смертельного исхода;

$n_p$  - количество чел./ТС;

$C_v$  - стоимость автомобиля;

$C_r$  - стоимость реконструкции (разница между стоимостью до события и после реконструкции);

$C_l$  - косвенные расходы.

В случае если уровень риска выше допустимого, должны быть реализованы мероприятия защиты.

Эксплуатационные затраты (ежегодные затраты) используются для оценки каждой дополнительной меры или комбинации мер и включают в себя:

- затраты на проектирование, закупки и осуществление мер физической и инженерной защиты;

- затраты на отопление, электричество, техническое обслуживание и косвенные расходы, связанные с возможным сокращением и ограничением использования объекта по сравнению с использованием объекта без меры защиты.

Ежегодные затраты  $C_y$  (на км или на объект) могут быть рассчитаны по формуле

$$C_y = C_j \cdot \frac{(1+d)^n \cdot d}{(1+d)^n - 1} + C_o, \quad (2.13)$$

где  $C_i$  – инвестиционные затраты, руб.;

$C_o$  – эксплуатационные затраты / стоимость обслуживания, руб./год;

$n$  – продолжительность применения меры, лет;

$d$  – ставка дисконтирования, %.

## 2.2.5 Оценка экономической эффективности отдельных мер защиты

Защитные меры могут быть выбраны для изменения вероятности каждого ветвления, что позволяет повторно использовать оценку последствий в случае без мер защиты, сравнивать эффективность различных мер с помощью анализа затрат - выгод. После реализации мер защиты расчет общего риска ведется по приведенной выше формуле (2.12). При использовании общего анализа затрат и выгод требуется информация о частоте возникновения каждого конкретного сценария, например, в случае ДТП эта частота получается путем использования статистических данных. Однако не существует адекватных данных, чтобы вычислить частоту возможных террористических актов. Поэтому в данном случае предпочтительнее рассчитывать частоту безубыточности, т.е. частоту, при которой только затраты экономически эффективны. Компетентные органы должны решить, представляется ли эта частота реалистичной. Блок-схема оценки экономической эффективности приведена на рисунке 2.7

Анализ состоит из следующих этапов [22 - 24]:

- расчета стоимости: ежегодные расходы основаны на расходах на внедрение, эксплуатацию и техническое обслуживание. Этот расчет совпадает с общим анализом затрат-выгод;
- анализа рисков: рассчитываются ситуации с использованием и при отсутствии мер. Вместо частот используются условные вероятности;
- оценки экономической эффективности: сначала рассчитывается частота безубыточности. Затем оценивается, сопоставима ли эта частота с реалистичными значениями.

Частота безубыточности определяется по формуле

$$F_{BE} = \frac{C_y}{\sum_{i=1}^n (p_{0,i} \cdot \sum_{j=1}^m I_{0,i,j} \cdot \omega_j) - \sum_{i=1}^n (p_{1,i} \cdot \sum_{j=1}^m I_{1,i,j} \cdot \omega_j)}, \quad (2.14)$$

где  $F_{BE}$  – частота безубыточности, частота террористических атак, для которых стоимость эквивалентна снижению риска;

$C_y$  – ежегодные затраты на дополнительные меры или комплексы мер, руб./год;

$p_{0j}$  – относительная вероятность сценария  $i$  для ситуации без дополнительных мер защиты;

$p_{1j}$  – относительная вероятность сценария  $i$  для ситуации с дополнительной мерой защиты или комплексом мер;

$l_{0jj}$  – влияние на тип сценария  $i$  и тип влияния  $j$  на ситуацию без дополнительных мер защиты;

$l_{1jj}$  – влияние на тип сценария  $i$  и типа влияния  $j$  на ситуацию с дополнительными мерами защиты или комплексом мер;

$W_j$  – предельные издержки на единицу типа воздействия  $j$ .

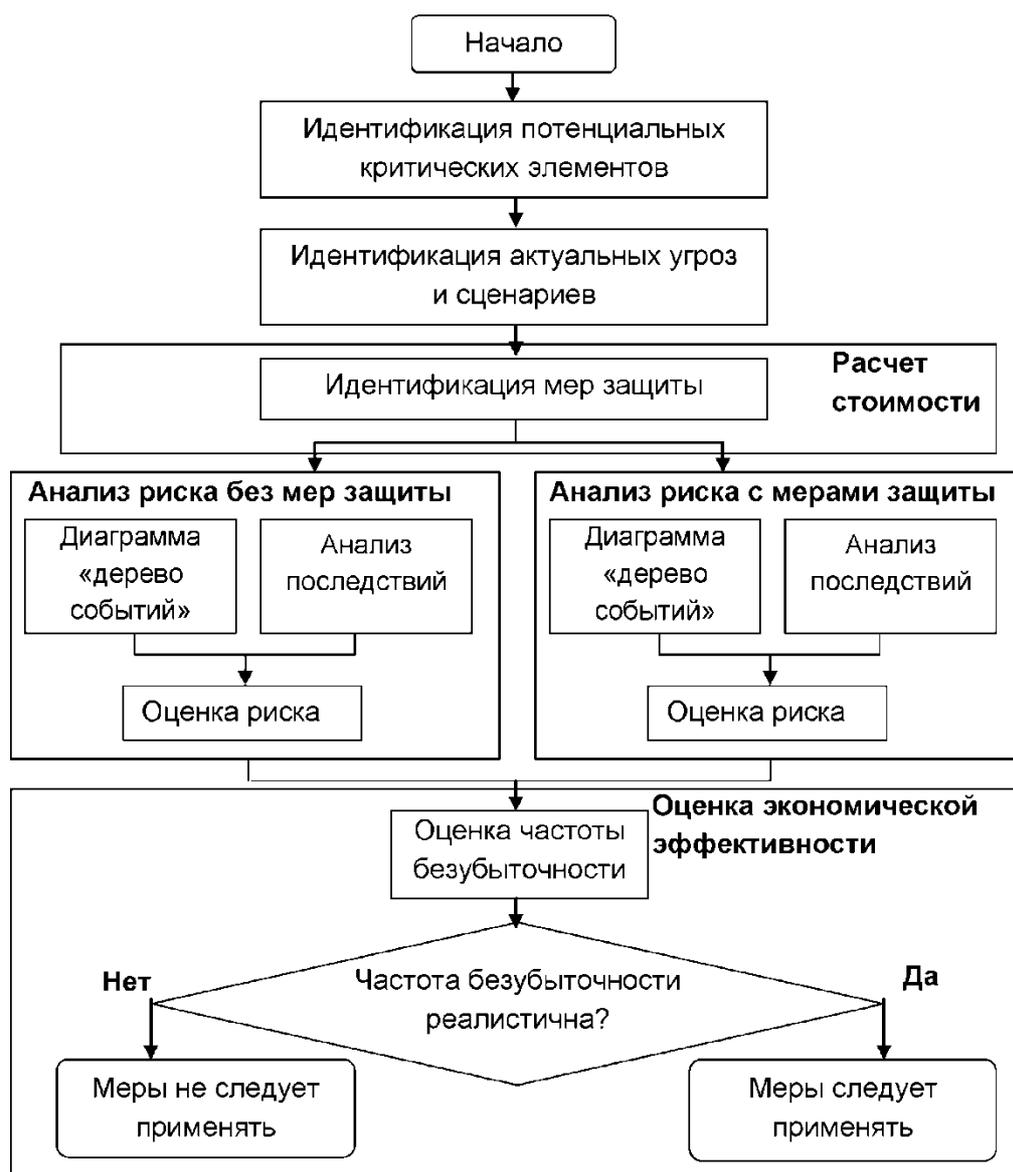


Рисунок 2.7 – Блок-схема оценки экономической эффективности

Это означает следующее:

$$\text{Частота безубыточности} = \frac{\text{Ежегодные затраты}}{\text{Общий риск без меры защиты} - \text{Общий риск с защитными мерами}}$$

Данный подход позволяет определить экономическую эффективность отдельных мер защиты и их комбинаций. Кроме того, он может использоваться для оценки всех возможных результатов террористической атаки (прямые или косвенные последствия).

Частоты безубыточности представляются лицам, принимающим решения. Они должны определить, является ли возможность реализации подобного сценария атаки правдоподобной или нет. Такое решение должно учитывать возможности и намерения террористических групп. Если частота безубыточности выше частоты правдоподобия, то меры должны быть реализованы. В противном случае, меры не являются рентабельными. Эта

вероятность применяется как для свободных, так и для плотных транспортных потоков.

Проведенный анализ методов оценки уязвимости ОТИ от АНВ показал отличие алгоритмов обеспечения защищенности ОТИ в России и экономически развитых странах (США, ЕС), которое состоит в следующем:

- в России оценка уязвимости заключается в экспертной оценке вероятности своевременного обнаружения нарушителей и прибытия сил охраны к критическому элементу объекта (вероятность прерывания АНВ) и вероятности успеха сил охраны в противодействии нарушителям при условии их своевременного (раньше нарушителей) прибытия к критическому элементу. При этом не осуществляется ранжирование по степени значимости различных инженерно-технических и организационно-технических мероприятий по защите объектов, не проводится экономическая оценка затрат на их реализацию;

- система обеспечения безопасности ОТИ в США построена на основе оценки и управления рисками.

Основной критерий оценки уязвимости – уровень допустимого риска, который определяется как произведение вероятности события (ЧС) на величину возможного вреда здоровью, окружающей среде, имуществу от разных видов опасностей при разных сценариях развития ЧС (видах подрыва, совершения ДТП, аварии).

Управление рисками базируется на организации мер защиты для выработки стратегии снижения рисков. На основании потенциальных угроз для ОТИ определяются возможные последствия, если угрозы осуществляются. Если последствия являются приемлемыми, то может быть принято решение ничего не предпринимать. Если последствия являются неприемлемыми, то реализуются два варианта действий:

- уменьшение угрозы – меры, которые могут быть приняты в краткосрочной перспективе (3–6 месяцев) с целью снижения привлекательности объекта или запрещения доступа на объект с помощью технических средств, оперативных и физических мер;

- смягчение последствий – действия относятся к средне - и долгосрочным по времени. Они позволяют уменьшить ущерб в результате АНВ путем совершенствования конструкции, инженерных мер и оперативных стратегий.

Затем производится оценка стоимости снижения угрозы или смягчения последствий и расчет риска с учетом рекомендованных мер защиты, чтобы убедиться, что после снижения риск достигнет приемлемого безопасного уровня. В результате получается ранжированный список мероприятий, который показывает преимущества реализации каждой из мер защиты.

## **3 Мосты как основной объект транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства**

### **3.1 Типизация мостов**

Мосты классифицируют по следующим признакам: назначению, типу опор и пролётных строений, виду материала, расположению уровня проезда, статической системе, обеспеченности в отношении пропуска высоких вод, характеру пересечения препятствия и длине моста.

По назначению различают мосты: автодорожные, железнодорожные, городские, пешеходные, совмещённые (для автомобилей и железнодорожных поездов), специальные (для пропуска трубопроводов, кабелей и т.п.).

По типу применяемых опор: мосты на жёстких опорах, на плавучих опорах (понтонных, баржах).

По типу пролётного строения: неподвижные, разводные (в которых для пропуска судов устраивают специальный разводной пролёт размерами, требуемыми для судоходства).

По виду применяемых материалов: деревянные, металлические, железобетонные, бетонные и каменные. Определяющим является материал пролётного строения.

По уровню расположения проезжей части различают мосты с движением: поверху, когда проезжая часть расположена по верху пролётного строения; понизу, когда проезжая часть находится на уровне низа пролётного строения; посередине, когда проезжая часть находится в средней по высоте части пролётного строения.

По статической схеме главных несущих конструкций пролётных строений различают мосты: балочные (разрезные, неразрезные, консольные); распорных систем (арочные; рамные; висячие; комбинированные, в которых сочетаются системы первых двух групп).

По обеспеченности в отношении пропуска высоких вод и ледохода: высоководные и низководные.

По характеру пересечения препятствия: прямые (ось моста перпендикулярна берегам реки), косые (пересекает их под углом, отличным от прямого), криволинейные (ось моста - кривая линия).

Мосты длиной до 25 м называются малыми; длиной 25...100 м – средними; более 100 м – большими. Мосты длиной менее 100 м, но с одним из пролетов более 60 м относятся к большим мостам.

Мост состоит из пролётных строений, поддерживающих проезжую часть, и опор, передающих давление пролётных строений на грунт. Крайние опоры, расположенные в местах сопряжения моста с насыпями подходов, называются устоями, а промежуточные опоры – быками.

Конструктивное решение моста во многом зависит от геометрических и гидравлических параметров речной долины (ширины, глубины, скорости

течения потока), геологического строения русла и поймы, условий ледохода, требований речного судоходства, расчётного отверстия моста.

Исходной информацией для оценки уязвимости, живучести и в конечном итоге защищенности мостовых переходов от АНВ являются заложенные в них конструкторские решения, длина пролетов, используемые материалы, природно-климатические условия и географическое расположение.

Важным моментом для выявления критически важных ОТИ для организации их защиты также является численность искусственных сооружений на дорожной сети. В таблице 3.1 приведена численность мостов, путепроводов, тоннелей и других сооружений на федеральных и региональных дорогах общего пользования.

Из таблицы 3.1 следует, что всего на дорогах общего пользования находится более 40 тыс. мостов и путепроводов общей протяженностью почти 5800 пог. км. Из общего количества мостов 13,1% составляют мосты из железобетона и металлических конструкций на федеральных дорогах, 66% – такие же мосты на территориальных дорогах, остальные 20,9% – деревянные мосты на федеральных (84 ед.) и территориальных (8 539 ед.) дорогах.

Таблица 3.1 – Численность мостов, путепроводов, тоннелей и других сооружений на федеральных и региональных дорогах общего пользования (штук (пог.м.))

№ п/п.	Наименование объекта	Дороги общего пользования федеральные	Дороги муниципального значения	Всего
1	Мосты и путепроводы	6140 (4361173,2)	34028 (1 407192,2)	40168
2	Тоннели автомобильные	27 (18771,0)	17 (6163,2)	44
3	Подпорные стены	(151246,6)	(130849,6)	
4	Снегозащитные галереи и тоннели, км	107,7	74,6	182,3
5	Административные, жилищно-бытовые, производственные здания, базы и пункты	2073	5092	7165

Деревянные мосты, требующие безотлагательной замены, как на федеральных, так и территориальных дорогах не должны учитываться при оценке уязвимости и защищенности от АНВ, так как затраты на их категорирование, разработку и реализацию плана мероприятий по повышению безопасности могут быть значительно больше, чем затраты на строительство нового моста.

В таблице 3.2 приведены типичные схемы и внешний вид наиболее распространенных конструкций мостов.

Из данных, приведенных в таблице 3.2, следует, что все существующие конструкции мостов могут быть объединены в 38 типовых групп, каждая из которых имеет свои критически важные элементы.

Таблица 3.2 – типичные схемы и внешний вид наиболее распространенных конструкций мостов [24]

Система	Секция	Материал	№ типа	Пример
1	2	3	4	5
Однопролётный балочный мост	Плоская	армированный или преднапряжённый бетон	1	
		сталь	2	
	Однотавровая	Преднапряжённый бетон	3	
		Композитный материал	4	
		сталь	5	
	коробчатая	Преднапряжённый бетон	6	
		Композитный материал	7	
		сталь	8	
	плоская	Армированный или преднапряжённый бетон	9	
		сталь	10	
Многопролётный балочный мост	Однотавровая	Преднапряжённый бетон	11	
		Композитный материал	12	
		сталь	13	
	Коробчатая	Преднапряжённый бетон	14	
		Композитный материал	15	
		сталь	16	
Мост из балок Гербера	плоская	Преднапряжённый бетон	17	
	Однотавровая	Преднапряжённый бетон	18	
	коробчатая	Преднапряжённый бетон	19	
Однопролётный рамный мост/ шпренгельный рамный мост/ встроенный мост	плоская	Армированный или преднапряжённый бетон	20	
		Преднапряжённый бетон	21	
	Однотавровая	Композитный материал	22	
Арочный мост	Бетонная арка	Плита из армированного или преднапряжённого бетона	23	
		Композитная плита	24	
	Стальная арка	Композитная плита	25	
		Стальная плита	26	
	Кирпичная арка	Кирпичная кладка/камень	27	
Вантовый мост	Различные	Композитный материал	28	
		Сталь	29	
Подвесной мост	Различные	Композитный материал	30	
		сталь	31	

### Окончание таблицы 3.2

1	2	3	4	5
Мост со сквозными фермами	Различные	Композитный материал	32	
		сталь	33	
Разводной мост	Различные	сталь	34	
Мост со сквозными фермами и крытым верхом	Различные	сталь	35	
		Армированный бетон	36	
Другое	Различные	дерево	37	
		прочее	38	

Критически важные элементы типичных групп мостовых сооружений: балочные и плиточные мосты (типы 1-8) – полки балок в зонах максимальных моментов, а также в середине пролета;

- балочные (неразрезные) (типы 9-16) – надопорное сочленение, верхняя полка или плита проезжей части;

- балочные разрезные (типы 17-19) – стенки балок в приопорных зонах;

- консольно-подвесные (типы 20-27) – опорные части (на предмет сбрасывания балок с них), стойки немассивных опор или облегченные рамные надстройки опор с массивным цоколем; любые виды гибких стоечных или стенчатых опор;

- рамные (типы 20-22) – опорные части, элементы ригелей или стоек в зонах максимальных моментов;

- вантовые мосты (типы 28-31) – канаты подвесок висячих мостов, ванты вантово-балочных мостов и их анкера, стойки пилонов (башенных опор), главный кабель висячего моста в сечении возле пилона;

- решетчатые сквозные фермы (типы 32, 33) – узлы креплений консольно-подвесных участков, анкерные тяги консольных систем, сжатые пояса ферм и раскосы, опорные части и стойки облегченных опор;

- арочные мосты (типы 35, 36) – затяжки арок, сечения арок в зонах максимальных моментов, пяты арок, стойки или подвески для проезжей части.

Основными критическими элементами наиболее распространенных конструкций мостов (типов 1-19) являются пролетные строения, которые могут быть сброшены или сдвинуты с опор скоростным напором ударной волны или обрушены в результате разрывов основных несущих конструкций и связей.

Из опор наиболее подвержены разрушению береговые, особенно при высоких земляных насыпях. Однако и промежуточные опоры могут потерять устойчивость, особенно если разрушено пролетное строение моста арочной конструкции (типы 22-27). В этом случае появляется односторонний распор со стороны арок неразрушенных пролетов и недостаточно устойчивые пролеты разрушаются.

### **3.2 Исходные данные по объекту исследования**

За объект исследования принят Николаевский мост в городе Красноярске через реку Енисей, соединяющий Октябрьский и Свердловский районы города.

Полная длина Николаевского автомобильного моста составляет 1650 метров, в том числе длина русловой части – 776 метров, длина левобережной эстакады – 377 метров, длина правобережной эстакады 497 метров. Ширина моста 31,5 м., ширина дорожного полотна 22,5 м.

Пролетные строения имеют балочную неразрезную конструкцию, материал – сталежелезобетон (стальные конструкции и железобетонные элементы).

Весь мостовой переход состоит из 24-х пролетов, в том числе русловая часть состоит из 6 пролетов, из которых 4 имеют длину по 147 метров, 2 пролета по 92 метра, остальные пролеты левобережной и правобережной эстакад имеют различную длину от 22 до 84 метров.

У моста двадцать четыре опоры. Опоры со свайными фундаментами и естественным основанием. В пределах русла реки опоры сборно-монолитные, на береговых участках – из монолитного железобетона.

Проезжая часть – ортотропная плита, материал главной части – сталь. Количество полос – 6, по три полосы в каждом направлении. Ширина полос – 3,75 метров. Расчетная скорость движения 100 км/час. По бокам проезжей части имеются тротуары для пешеходов.

Согласно проектно-расчетным документам нормативная пропускная способность одной полосы движения может составлять 1200 автотранспортных средств в час по одной полосе. С учетом коэффициента уровня загрузки движением часовая интенсивность движения наиболее загруженного направления составляет 3285 – 3375 приведенных единиц транспорта.

Стоимость строительства мостового перехода – 12 млрд. рублей.

Ежегодные эксплуатационные расходы составляют 27 млн. рублей, в том числе стоимость обслуживания системы видеонаблюдения – 11 млн. рублей.

В целях своевременного обнаружения нарушителей и недопущения террористических актов на объекте приняты меры с помощью технических средств, оперативных и физических мер:

- установлено 30 камер наблюдения, 13 сверху моста и 17 внизу;
- установлен охранный пост на левом берегу;
- выполнено электроснабжение и освещение моста – установлено 135 фонарей;
- установлено ограждение по всему периметру левобережной и правобережной эстакады.

### **3.3 Сценарии реализации АНВ на мосту**

Наиболее важные критические элементы автодорожного моста, уязвимые

в диверсионно-террористическом отношении, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Критические элементы моста

№ п./п.	Название предмета физической защиты объекта	Потенциальные угрозы	Характер ожидаемых последствий при реализации угрозы
1.	Опора моста	Частичное (полное) повреждение опоры с выбиванием бетона и арматуры, с обрушением пролетного строения	Экономический ущерб, млн. руб. Время восстановления, сут.
2.	Пролетное строение	Повреждение пролетного строения с обрушением	Экономический ущерб, млн. руб. Время восстановления, сут.

Для опор моста основными факторами, влияющими на его живучесть, являются диаметр опоры и ее конструктивные особенности. Все опоры рассматриваемого моста находятся на основании из буровых свай. Размеры массивной (надземной, надводной) части насадки: 14 м вдоль оси моста и 22,5 м поперек оси моста. Для моста характерен следующий тип опор: насадки опираются на железобетонные стойки переменного сечения. Высота стоек составляет от 8 до 23 м в зависимости от продольного профиля трассы моста.

Пролетные строения – сталежелезобетонные, расположенные на прямой. В поперечном сечении пролетных строений размещены балки с вертикальными стенками высотой 3,1 м, расстояние между осями балок 4,0 м. Проезжая часть – ортотропная плита, материал главной части – сталь.

Потенциальными угрозами для моста могут быть:

- закладка взрывчатых веществ (ВВ) и подрыв (контактным или неконтактным зарядом) основных несущих конструкций (опоры и пролетные строения) с частичным или полным их разрушением;
- установка на проезжей части моста посторонних предметов с целью совершения дорожно-транспортных происшествий;
- совершение диверсии на водном транспорте, пересекающем подмостовое пространство, путем подрыва и крушения водных транспортных средств, что, в свою очередь, может привести к обрушению опоры и пролетных строений;
- подрыв грузового автомобиля-бомбы вблизи одной из пролетных опор моста во время его движения по мосту в составе транспортного потока.

, Установлено, что основными критическими элементами наиболее распространенных конструкций мостов (типов 1-19), к которым относится Николаевский мост, являются пролетные строения, которые могут быть сброшены или сдвинуты с опор скоростным напором ударной волны или обрушены в результате разрывов основных несущих конструкций и связей.

## **4 Оценка ущерба и интегрального риска. Допустимый риск от АНВ на мостах**

### **4.1 Исходные предпосылки для оценки ущерба и интегрального риска**

Последствиями ЧС на мостах в результате АНВ могут быть:

- полный технический отказ – невозможность эксплуатации моста в целом; требует полного прекращения движения;
- частичный отказ различается по протяженности: при полном отказе части моста и возможности эксплуатации других частей (с устройством объездов) и по существенному ухудшению эксплуатационных показателей (скорость, безопасность и др.), что делает движение нерациональным из-за значительного увеличения транспортных расходов;
- локальный отказ – возникают существенные помехи движению в ограниченном месте по длине или ширине мостового перехода. Движение возможно при существенном снижении скорости (пропускной способности) в аварийном месте.

ЧС на мостах, вызывающие гибель и ранения людей, потери материальных ценностей, наносят существенный социально-экономический вред (ущерб) прежде всего на уровне отдельного региона.

Согласно методическим подходам к оценке ущерба от террористических атак на мостах, принятым в странах ЕС [19, 22-24], а также в межведомственной методике оценки ущерба от ЧС техногенного, природного и террористического характера [5], в публикации [10] для оценки уровня допустимого риска могут быть использованы матрицы риска [11] или индекс безубыточности [24]. Оценка величины ущерба является ключевым звеном оценки уязвимости и обеспечения защищенности (безопасности) моста. Величина ущерба людям, имуществу, окружающей среде является основным показателем оценки эффективности использования различных мероприятий как по повышению живучести конструкций мостов, снижению их уязвимости, так и оснащению мостов инженерно-техническими средствами охраны и организации физической защиты.

Расчет ущерба распределен во времени (вследствие длительности проводимых мероприятий), для его полной оценки требуется привлечение данных с большого количества объектов различных видов собственности, источников различной информации. При составлении методики оценки ущерба необходимо, чтобы ее структура содержала ограниченное количество однозначно определяемых составляющих во избежание повторного учета и для единообразия понимания учитываемых процессов и полученных результатов. Должен оцениваться прямой и косвенный ущерб, а также затраты, связанные с предупреждением и ликвидацией ЧС в результате совершения АНВ [5].

Различают следующие виды ущерба:

- ущерб жизни и здоровью конкретных людей, который определяется конкретными нарушениями их здоровья, приводящими к социальным потерям;
- ущерб социально-экономической системе (социально-экономический ущерб), который состоит в утрате того или иного вида собственности, затратах на переселение людей, выплате компенсаций пострадавшим, упущенной выгоде от незаключенных и расторгнутых контрактов, нарушении процесса нормальной хозяйственной деятельности, ухудшении условий жизнедеятельности людей и т.д.;
- ущерб государству (социально-политический);
- ущерб природной среде (экологический ущерб), под которым понимается ухудшение природной среды или затраты на ее восстановление, потеря народнохозяйственной ценности территорий или затраты на ее реабилитацию;
- другие виды ущерба, в том числе ущерб культурным ценностям, моральный ущерб и т.д.

Величину ущерба (вреда) от ЧС на мостах в результате АНВ следует оценивать на основе расчета прямых и косвенных народнохозяйственных потерь, учитывающих:

- гибель или ранения людей;
- повреждения транспортных средств;
- порчу груза;
- повреждение моста и подъездов к нему, другие факторы.

Оценки ущерба, как правило, не должны выходить за рамки отдельного региона и должны учитывать в числе косвенных потерь [10]:

- выбытие производственных и непроизводственных фондов и порчу продукции;
- снижение выпуска продукции и неоказание услуг (сокращение продаж);
- увеличение транспортных расходов предприятий, вызванных нарушением и удлинением маршрутов доставки грузов и пассажиров;
- отвлечение значительных средств на проведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ, компенсацию потерь.

Террористические акты на мостах наносят вред окружающей среде, вызывая непредвиденное загрязнение воздуха из-за увеличения плотности транспортных потоков, устройства временных объездов, использования загрязняющих окружающую среду аварийных технических средств, загрязнения водных объектов, почвы и т.п. Оценка экологического ущерба [1, 14, 16] в результате ЧС на мостах заключается в определении фактических и возможных (предотвращенных) материальных и финансовых потерь и убытков от изменения качественных и количественных параметров окружающей среды, а также ухудшения социально-гигиенических условий проживания населения. Основные виды экологического ущерба (вреда) в случае реализации АНВ на мостах следующие [16]:

- загрязнение водных объектов поверхностным стоком с мостов, содержащим части конструкции моста, ТС, продукты износа дорожной одежды, шин, других трущихся узлов и агрегатов ТС, нефтепродукты и другие вещества, находящиеся в перевозимых грузах;
- захламление, деградация и химическое загрязнение земель, почв опасными веществами, образующимися в результате ЧС;
- загрязнение атмосферного воздуха вредными веществами и шумовое загрязнение в результате совершения террористического акта на мосту и при движении АТС по объездным дорогам;
- отвлечение земель под размещение машин, механизмов, оборудования, материалов, необходимых для восстановления моста и возобновления его эксплуатации;
- уничтожение и повреждение зеленых насаждений, повреждение мест обитания животных.

Общей частью методов оценки разных видов ущерба является определение силы поражающих факторов и зоны их распространения, с учетом особенностей размещения на которой различных элементов находится величина полученного ими физического (натурального) ущерба. В свою очередь на основе структуры и величины натурального ущерба получают стоимостную оценку ущерба.

Затраты, связанные с предупреждением и ликвидацией ЧС и ее последствий, по своему экономическому содержанию также отнесены к составляющим экономического ущерба от ЧС. Различают затраты, осуществляемые до наступления ЧС (на проведение превентивных мероприятий), в процессе ЧС (на проведение аварийно - восстановительных и спасательных работ, связанных с ликвидацией и локализацией ЧС), после ЧС (на ликвидацию последствий ЧС и полное или частичное возмещение ущерба).

## **4.2 Реализация процедуры риск-менеджмента безопасности для обеспечения защищенности моста от АНВ**

На основании обобщения отечественной и зарубежной методики оценки уязвимости и защищенности ОТИ от АНВ, выполнена оценка уязвимости Николаевского автомобильного моста в городе Красноярске с использованием дополнительного параметра оценки - экономической оценке эффективности мер защиты и установления допустимого уровня риска по величине частоты безубыточности.

Оценка уязвимости Николаевского моста выполнена по техническим данным, указанным в 3-ей главе и данным о транспортном потоке на мосту.

### **4.2.1 Предварительная оценка критичности моста**

Для ранжирования моста по риску критичности (привлекательности для

совершения террористического акта) используется методика[9], согласно которой уровень интегрального риска уязвимости моста определяется как произведение факторов опасности  $OF_j$ , уязвимости  $VF_j$  и значимости  $IF$  по формуле (2.7).

Для данных факторов экспертными методами установлены значения весовости входящих в них показателей, исходя из условий проектирования, строительства и эксплуатации мостовых переходов в Российской Федерации, показаны на рисунке 4.1-4.3).

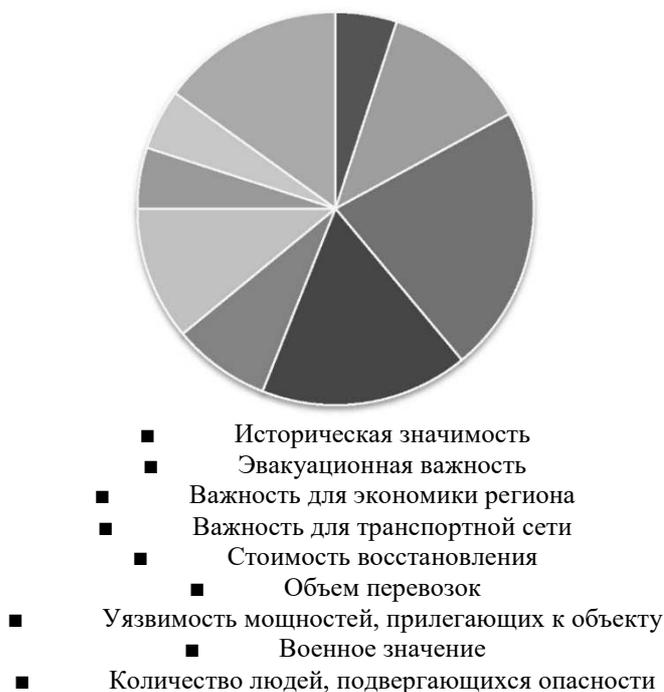


Рисунок 4.1– Относительные весовости показателей, используемых для вычисления фактора значимости  $IF$

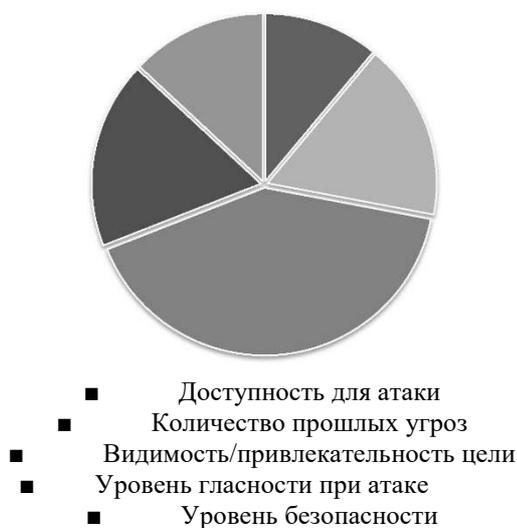
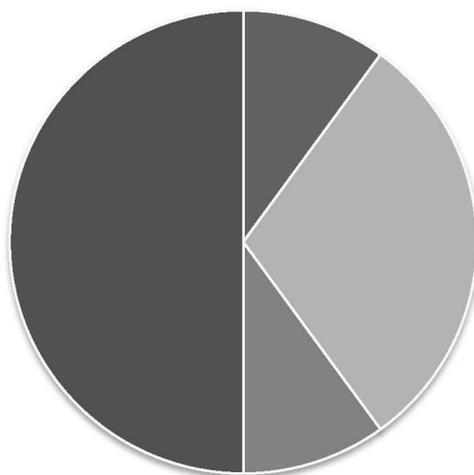


Рисунок 4.2 – Относительные весовости показателей, используемых для вычисления фактора опасности  $OF_i$



- Экологический ущерб
- Ожидаемый ущерб
- Ожидаемое время простоя
- Ожидаемое количество жертв

Рисунок 4.3 – Относительные весомости показателей, используемых для вычисления фактора уязвимости  $VFi$

После принятия значений весовых коэффициентов значимости также экспертными методами установлены значения показателей в диапазоне от 0 до 1 (1 – самые высокие) для характеризующих факторов в привязке к объекту.

Значения факторов для рассматриваемого моста приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Значения факторов и их весомостей при оценке риска моста

Анализируемый фактор	Весомость фактора	Значение фактора
Важность	1	
Историческая значимость	0,05	0,5
Эвакуационная важность	0,12	0,65
Важность для экономики региона	0,22	0,8
Важность для транспортной сети	0,17	0,9
Стоимость восстановления	0,08	0,6
Объем перевозок	0,11	0,4
Уязвимость мощностей, прилегающих к объекту	0,05	0,1
Военное значение	0,05	0,2
Количество людей, подвергающихся опасности	0,15	0,9
$IF = 0,674$		
Вероятность	1	
Доступность для атаки	0,11	0,9
Количество прошлых угроз	0,17	0,1
Видимость/привлекательность цели	0,41	0,8
Уровень гласности при атаке	0,18	0,9
Уровень безопасности	0,13	0,5

#### Окончание таблицы 4.1

Анализируемый фактор	Весомость фактора	Значение фактора
$OFi = 0,671$		
Уязвимость	1	
Экологический ущерб	0,1	0,7
Ожидаемый ущерб	0,3	0,8
Ожидаемое время простоя	0,1	0,6
Ожидаемое количество жертв	0,5	0,9
$VFi = 0,820$		
Итого: интегральный риск		$R = 0,371$

Значение риска критичности для моста, начиная с которого мост представляет интерес для осуществления террористических акций, принимается равным 0,3. Полученное значение риска в таблице 4.1 превышает установленное в качестве допустимого, следовательно, данный мост может являться целью, выбранной для проведения террористического акта, и требует оценки уязвимости и использования мер защиты.

#### 4.3 Оценка прямых и косвенных затрат (ущербов) и интегрального риска для моста

Оценку затрат и риска начинаем с определения численности и структуры АТС, а, следовательно, количества людей, попавших в зону поражения. Определяем типичные характеристики транспортного потока на мосту в период максимальной плотности движения (образование транспортных заторов) с использованием известных методов имитационного моделирования, анализ которых приведен, в [15], или на основании результатов натурных наблюдений, указанных в таблице 4.3).

Таблица 4.3 – Интенсивность движения и состав транспортного потока на мосту

Интенсивность движения на полосу	Всего	Грузовые	Легковые	Автобусы
Часовая, авт/час	1 090	73	1 008	9
Суточная, авт/сут	26 160	1 752	24 192	216

В среднем интенсивность транспортного потока на мосту составляет 156 960 авт/сут, из которых 6,7 % приходится на грузовые автомобили массой свыше 3,5 тонн и 0,9 % – на автобусы. Предполагается наличие заторов на мосту в часы пик. Средняя наполняемость легкового автомобиля считается 1,5 человека, автобуса – 50 человек. Стоимость строительства моста оценивается в 12 млрд. рублей.

#### 4.3.1 Оценка риска без мер защиты

Для оценки рисков как условных вероятностей используем диаграммы деревьев событий. С левой стороны диаграммы дерева событий отображаются основные условия, оказывающие существенное влияние на успешное развитие террористического акта. С правой стороны диаграммы отражаются сценарии возможного развития событий, в которых точками ветвления выбраны: условия движения (свободный транспортный поток/затор); наличие автобусов (да/нет).

При отсутствии защитных мер, условные вероятности для всех предпосылок принимаются равными 1,00. Продолжительность заторов в течение дня на данном направлении составляет 6 ч./сут. Соответственно, вероятность затора составляет

$$P_{\text{зат}} = 6 : 24 \cdot 100 \% = 25 \%$$

Вероятность того, что в зоне поражения окажется автобус, рассчитываем в зависимости от длины моста, интенсивности движения, процентной доли автобусов в транспортном потоке и средней скорости движения (для свободного движения –  $V = 40$  км/час). Чтобы преодолеть 250 метров моста, автобусу потребуется  $0,250/40 = 0,00625$  час. При суточной интенсивности автобусов на одну полосу 216 авт/сут, общее время, когда автобусы находятся на мосту каждый день, составляет

$$T = 0,00625 \times 216 = 1,35 \text{ час.}$$

Это дает вероятность

$$P_{\text{автб}} = 1,35 : 24 \cdot 100 \% = 5,6 \%$$

С учетом полученных условных вероятностей строим диаграмму дерева событий для взрыва пролета моста в ситуации без применения мер защиты – показана на рисунке 4.4. Условная вероятность каждого состояния отображается цифрами.

#### 4.3.2 Оценка ущерба (последствий террористического акта на мосту)

Ущерб (последствия) складывается из гибели, травмирования людей (социальный ущерб), стоимости реконструкции, повреждения ТС (имущественный ущерб), а также и косвенных затрат (издержки для общества из-за отсутствия пути сообщения в период реконструкции) и загрязнения окружающей среды (экологический ущерб).

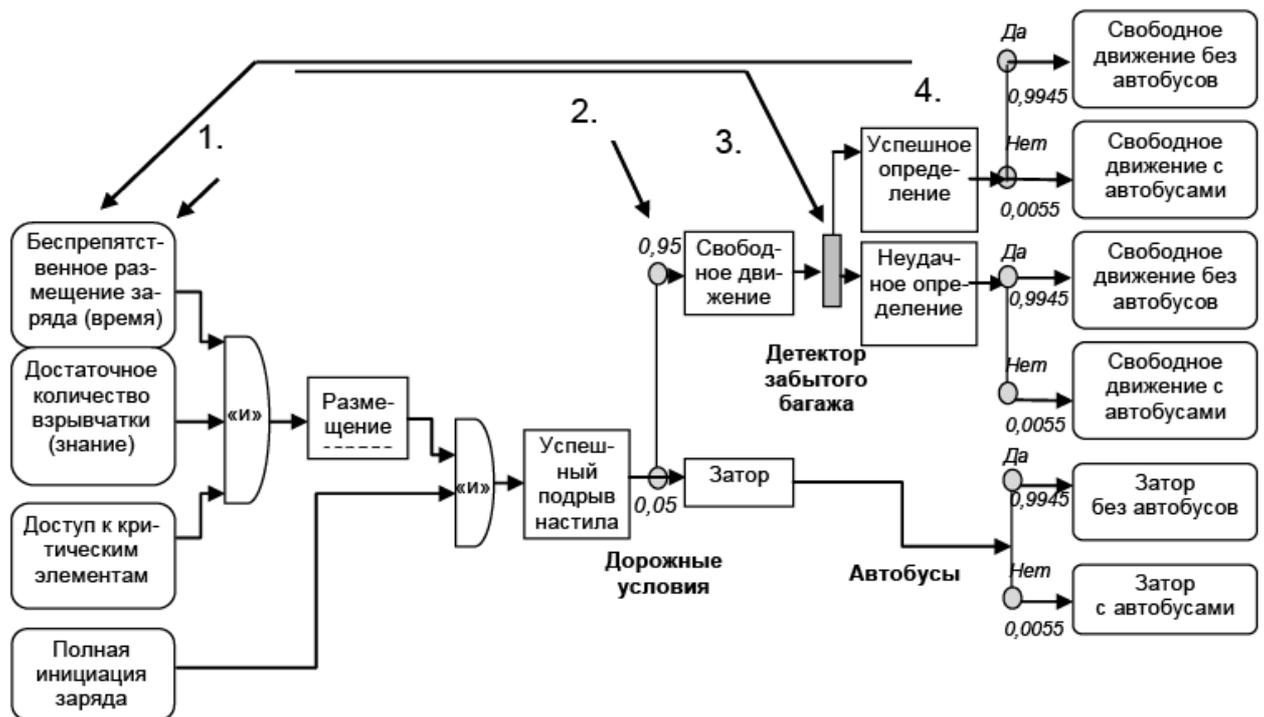


Рисунок 4.4 – Диаграмма дерева событий для взрыва пролета моста в ситуации без применения мер защиты.

#### 4.3.2.1 Социальный ущерб

Количество погибших определяем отдельно для каждой ветви дерева событий. Смертельным считается исход для всех людей, находящихся в ТС на мосту во время взрыва. При свободном движении среднее количество транспортных средств на мосту в случайный момент времени составляет

$$N_{\text{авт}} = 1090 : 3600 = 0,302 \text{ авт/сек на полосу}$$

При скорости 50 км/ч это соответствует расстоянию между автомобилями

$$L_{\text{авт}} = 13,89 : 0,302 = 46 \text{ м/авт}$$

Радиус зоны значительных разрушений с летальным исходом составляет 75 м. Количество АТС, находившихся в этой зоне, с учетом 6 полос движения на мосту составит

$$N_{\text{авт}}^{\text{лет}} = (6 \cdot 2 \cdot 75) : 46 = 20 \text{ авт.}$$

В среднем в транспортном средстве находится 1,5 человека, поэтому при умножении получаем 30 летальных исходов.

Расходы, связанные с летальным исходом, принимаются равными 2,4 млн. руб. [12]. Общие расходы с учетом количества погибших при

свободном транспортном потоке составят 72 млн. руб.

В случае затора все полосы в одном направлении предположительно полностью занимают АТС. Количество людей в АТС определяем из предположения о средней длине автомобиля, расстояния между машинами и их размещения относительно эпицентра взрыва. В этом случае предполагается, что средняя длина автомобиля плюс зазор между АТС составляет 7 м. При той же средней заполняемости АТС (1,5 человека), как и для свободного движения, количество людей на мосту, оказавшихся в зоне значительных разрушений

$$N_{\text{чел}} = (3 \cdot 2 \cdot 75) : 7 \cdot 1,5 = 96 \text{ чел.}$$

По встречному направлению в этом случае осуществляется свободное движение транспортного потока со скоростью 40 км/ч

$$N_{\text{чел}} = (3 \cdot 2 \cdot 75) : 46 \cdot 1,5 = 15 \text{ чел.}$$

Общее количество погибших составит  $96 + 15 = 111$  чел. Расходы, связанные с летальным исходом, составят 266,4 млн. руб.

Количество людей, оказавшихся в зоне повреждений средней тяжести (130 м) и получивших серьезные травмы, определяем для свободного движения как

$$N_{\text{чел}} = (6 \cdot 2 \cdot 55) : 46 \cdot 1,5 = 22 \text{ чел.}$$

Средняя стоимость таких травм (с учетом получения инвалидности и возможности или отсутствия возможности работать) оценивается в 1,4 млн. руб. Суммарные затраты на травмы средней тяжести составляют 30,8 млн. руб.

То же для транспортного затора в одном направлении

$$N_{\text{чел}} = (3 \cdot 2 \cdot 55) : 7 \cdot 1,5 = 71 \text{ чел.}$$

По встречному направлению

$$N_{\text{чел}} = (3 \cdot 2 \cdot 55) : 46 \cdot 1,5 = 11 \text{ чел.}$$

Итого количество пострадавших, получивших травмы средней тяжести, составит  $71 + 11 = 82$  чел. Суммарные затраты оцениваются в 114,8 млн. руб.

Количество людей, оказавшихся в зоне легких повреждений (200 м от эпицентра взрыва) и получивших легкие травмы, определяем для свободного движения как

$$N_{\text{чел}} = (6 \cdot 2 \cdot 70) : 46 \cdot 1,5 = 28 \text{ чел}$$

Средняя стоимость таких травм (с учетом продолжительности пребывания в больнице) оценивается в 0,35 млн. руб. Суммарные затраты на легкие травмы составляют 9,8 млн. руб.

То же для транспортного затора в одном направлении

$$N_{\text{чел}} = (3 \cdot 2 \cdot 70) : 7 \cdot 1,5 = 90 \text{ чел.}$$

По встречному направлению

$$N_{\text{чел}} = (3 \cdot 2 \cdot 70) : 46 \cdot 1,5 = 14 \text{ чел.}$$

Итого количество пострадавших, получивших легкие травмы, составит  $90 + 14 = 104$  чел. Суммарные затраты оцениваются в 36,4 млн. руб.

В случае, когда в транспортном потоке присутствуют автобусы, количество погибших увеличивается на 50 человек для каждого автобуса. Вероятность того, что поблизости окажутся автобусы, рассчитываем в зависимости от процентной доли их в составе транспортного потока. Для свободного движения

$$N_{\text{автб}} = 54 \cdot 0,009 = 0,5 = 1 \text{ автб.}$$

Для затора

$$N_{\text{автб}} = 198 \cdot 0,009 = 1,8 = 2 \text{ автб.}$$

Для свободного движения расходы, связанные с летальным исходом, увеличатся на 120 млн. руб. Для затора расходы, связанные с летальным исходом, увеличатся на 240 млн. руб.; расходы, связанные с травмами средней тяжести – на 70 млн. руб. Итоговое максимально возможное количество погибших и раненых и связанные с ними ущербы для различных сценариев реализации теракта приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Максимально возможное количество погибших и раненых и связанные с ними ущербы для различных сценариев реализации теракта

Сценарий (ветвь)	Колич-во погибших чел	Ущерб, млн. руб.	Колич-во раненых, чел.	Ущерб, млн. руб.	Кол-во легкораненых, чел.	Ущерб, млн. руб.	Итого ущерб, млн. руб.
Свободное движение без автобусов	30	72,0	22	30,8	28	9,8	112,6

#### Окончание таблицы 4.4

Сценарий (ветвь)	Колич-во погибших чел	Ущерб, млн. руб.	Колич-во раненых, чел.	Ущерб, млн. руб.	Кол-во легкораненых, чел.	Ущерб, млн. руб.	Итого ущерб, млн. руб.
Свободное движение с автобусами	80	192,0	22	111,8	28	9,8	232,6
Затор без автобусов	111	266,4	82	114,8	104	36,4	417,6
Затор с автобусами	161	386,4	132	184,8	104	36,4	607,6

#### 4.3.2.2 Имущественный ущерб

Время реконструкции и стоимость оцениваем на основании данных для европейских объектов-аналогов. С учетом обрушения моста продолжительность восстановительных работ при повреждении мостового сооружения приведена в таблице 4.5.

Период восстановления и реконструкции принимается для самого неблагоприятного прогноза продолжительностью 21,5 мес.

Согласно данным для европейского объекта-аналога и с учетом корректировки стоимость реконструкции принимаем равной 0,5 млрд. руб.

Таблица 4.5 – Продолжительность восстановительных работ

№ п/п	Описание работ	Время, месяцы
1	Предварительно-восстановительные работы (немедленные меры защиты, оценка ущерба, мнения экспертов и т.д.)	0,25 - 1,5
2	Процедура тендера и выбор исполнителя проектных работ	0,25 - 1,0
3	Проектные работы	0,5 - 4,0
4	Процедура тендера и выбор исполнителя строительных работ	1,0 - 3,0
5	Строительные работы	1,0 - 12,0
	Итого	3,0 - 21,5

#### 4.3.2.3 Повреждение транспортных средств и близлежащих зданий

Количество поврежденных автомобилей было рассчитано выше при определении количества пострадавших, получивших травмы средней тяжести, и погибших людей. При расчетах это значение умножаем на среднюю сумму выплат страховых компаний в части возмещения ущерба, причиненного имуществу. Средняя стоимость компенсации ущерба от повреждения АТС принята 1,5 млн. руб. для легковых и грузовых автомобилей и 4,5 млн. руб. для автобусов. Количество поврежденных транспортных средств и связанные с их восстановлением расходы приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Расходы от повреждения транспортных средств

Сценарий (ветвь)	Поврежденные АТС (кроме автобусов)	Поврежденные автобусы	Стоимость, млн. руб.
Свободное движение без автобусов	35	0	52,5
Свободное движение с автобусами	35	1	57,0
Затор без автобусов	129	0	193,5
Затор с автобусами	129	2	202,5

В зону повреждения остекления попадает один жилой дом. Стоимость замены остекления с учетом стоимости 1 м<sup>2</sup> остекления в 5,0 тыс. руб. составит около 1,8 млн. руб.

#### 4.3.2.4 Экологический ущерб

Экологический ущерб определяется как вред, нанесенный поверхностным водам при попадании в них нефтепродуктов от находившихся в зоне поражения транспортных средств. Оценка величины ущерба от загрязнения водной среды проводится по методике [1] с использованием региональных показателей удельного ущерба, представляющих собой удельные стоимостные оценки ущерба на единицу (1 условную тонну) приведенной массы загрязняющих веществ.

При реализации наиболее неблагоприятного сценария на мосту находится полуприцеп с нефтепродуктами ППЦ-40, следовательно, в водный объект попадет порядка 40 т нефтепродуктов. Экологический ущерб, нанесенный водному объекту, составит 8,11 млн. руб.

#### 4.3.2.5 Косвенный ущерб

Косвенные последствия рассчитываются с помощью метода, приведенного в [22]. Для его использования необходима информация об условиях движения транспорта на дорожной сети (интенсивность, скорость движения, состав потока), включающей в себя участок дороги с данным мостом и на альтернативных маршрутах. В настоящих расчетах косвенные расходы оценивались по объекту-аналогу и приняты равными 1,6 млрд. руб.

#### 4.3.3 Расчет интегрального риска

Общий риск рассчитан, как произведение условных вероятностей на соответствующий ущерб при реализации наиболее неблагоприятного сценария по формуле (2.8).

Расчет интегрального риска выполнен по формуле (2.9). Результаты

оценки интегрального риска представлены в таблице 4.7.

Таким образом, максимально возможный суммарный ущерб от разрушения моста при отсутствии дополнительных мер защиты в результате террористического акта (реализация наиболее неблагоприятного сценария) может составить ориентировочно 2-3 млрд. руб. Величина интегрального риска равна 225-1181 млн. руб.

Таблица 4.7 – Результаты оценки интегрального риска

Сценарий (ветвь)	Условная вероятность	Прямые издержки, млн. руб.				Экологический ущерб, млн. руб.	Косвенные издержки, млн.руб.	Суммарный ущерб, млн. руб.	Риск, млн. руб.
		Социальный ущерб	Имущественный ущерб						
			стоимость летальных исходов	стоимость реконструкции	стоимость поврежденных АТС				
Свободное движение без автобусов	0,519	112,6	500	52,5	1,8	8,11	1600	2275,01	1180,7
Свободное движение с автобусами	0,231	232,6	500	57,0	1,8	8,11	1600	2399,51	554,3
Затор без автобусов	0,173	417,6	500	193,5	1,8	8,11	1600	2721,01	470,7
Затор с автобусами	0,077	607,6	500	202,5	1,8	8,11	1600	2920,01	224,8
Общий риск									2430,5

#### 4.4 Оценка влияния разных факторов на уровень уязвимости и защищенности моста. Обоснование мер по повышению его защищенности от АНВ

В случае если уровень риска критичности моста оказался выше допустимого, должны быть реализованы мероприятия защиты.

Рассмотрим эффективность мер защиты, ориентированных на обнаружение и предотвращение возможного террористического акта путем инженерно-технической (физической) защиты, а также повышения живучести конструкции моста.

Меры защиты включают в себя:

- укрепление пролета (повышение живучести конструкции);
- видеонаблюдение,
- посты охраны

Учитываем затраты на принятие мер защиты прямые и косвенные.

##### 4.5.1 Укрепление пролета

Усиление конструкции пролета с помощью бетона, стали или уг-

леродного волокна позволяет снизить возможные повреждения при реализации террористического акта и повысить живучесть конструкции. Инвестиционные затраты принимаем 40 млн. руб., срок службы 20 лет, а стоимость обслуживания 16 млн. руб./год. Ежегодные затраты (эксплуатационные затраты) рассчитываем по формуле (2.13)

$$C_y = 40 \cdot \frac{(1+0,02)^{20} \cdot 0,02}{(1+0,02)^{20} - 1} + 16 = 18,3 \text{ млн. руб./год}$$

#### 4.4.2 Видеонаблюдение и пост охраны

Другой метод - контроль критических элементов с помощью видеонаблюдения и поста охраны. Он требует либо постоянного наблюдения за видеоматериалами, либо использования автоматической системы обнаружения. Инвестиционная стоимость автоматической системы обнаружения системой с четырьмя камерами составляет 800 тыс. руб. при сроке службы 10 лет, стоимости обслуживания и содержания поста охраны 11 млн. руб./год и эксплуатационных расходах 400 тыс. руб./год. Ежегодные затраты (эксплуатационные затраты) рассчитываются по формуле (2.13)

$$C_y = 6 \cdot \frac{(1+0,02)^{10} \cdot 0,02}{(1+0,02)^{10} - 1} + 3 + 11 = 11,9 \text{ млн. руб./год}$$

#### 4.4.3 Оценка риска с защитными мерами

Реализация меры «Укрепление пролета» учитывается путем изменения условной вероятности предпосылки «Достаточное количество взрывчатых веществ» с 1 до 0,25 (экспертная оценка). Форма диаграммы дерева событий не меняется, изменяются только условные вероятности. Условная вероятность каждого состояния отображается цифрами. Диаграмма дерева событий для взрыва пролета моста в случае укрепления пролета показана на рисунке 4.5.

Реализация меры «Видеонаблюдение» учитывается путем изменения условной вероятности предпосылки «Беспрепятственное размещение зарядов» с 1 до 0,10 (экспертная оценка). Форма диаграммы дерева событий не меняется, изменяются только условные вероятности. Условная вероятность каждого состояния отображается цифрами. Диаграммы дерева событий для взрыва пролета моста, в случае установки видеонаблюдения и поста охраны, показана на рисунке 4.6.

В зависимости от условной вероятности при использовании каждой из мер защиты пересчитан ущерб по приведенному выше алгоритму. Результаты суммарного ущерба и риска сведены в таблицу 4.8.

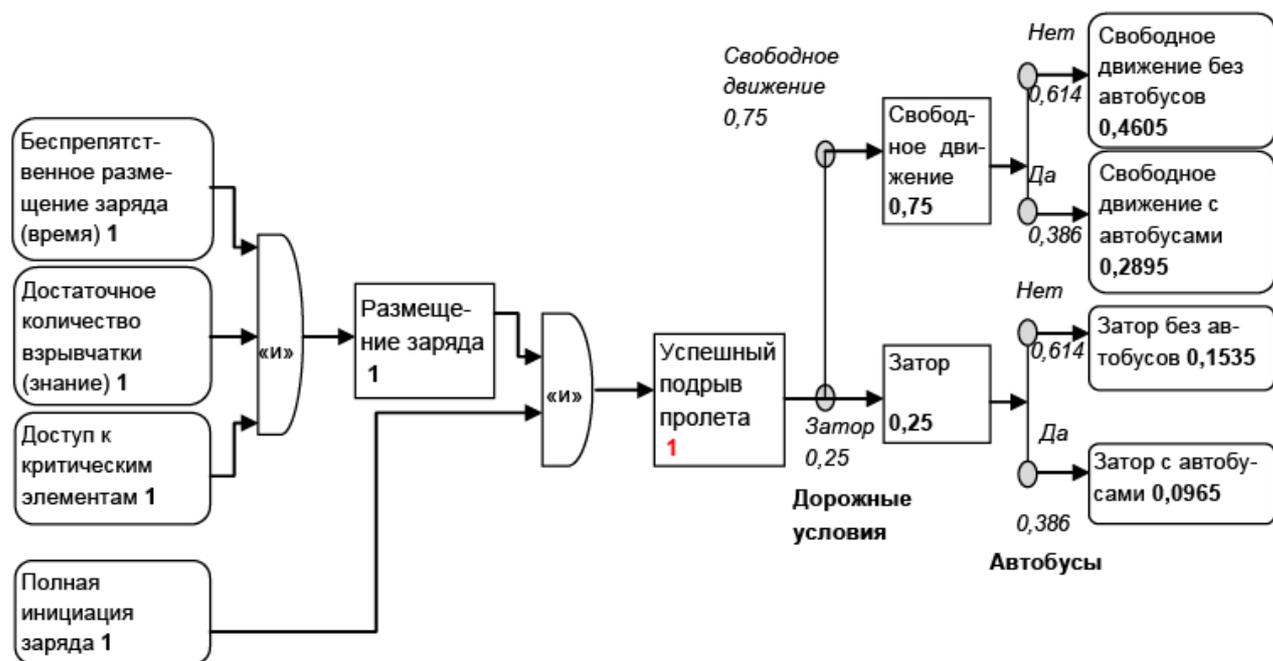


Рисунок 4.5 – Диаграммы дерева событий для взрыва пролета моста в случае укрепления пролета

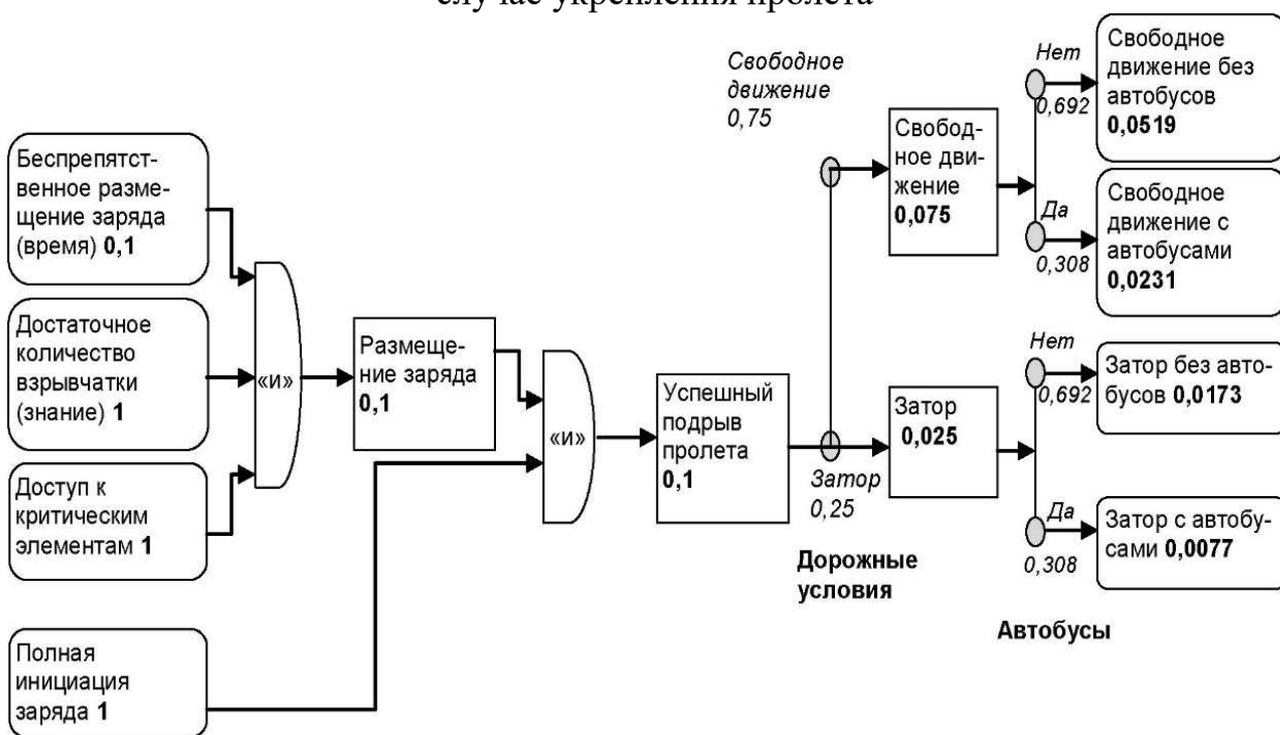


Рисунок 4.6 – Диаграммы дерева событий для взрыва пролета моста в случае установки видеонаблюдения и поста охраны

Расчет общего риска ЧС от АНВ на мосту после внедрения мер защиты выполнен по формуле (2.12), результаты сведены в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – Результаты расчета риска ЧС от АНВ на мосту после внедрения мер защиты

Сценарий (ветвь)	Условная вероятность			Суммарный ущерб, млн. руб.			Риск, млн. руб.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Свободное движение без автобусов	0,519	0,1298	0,0519	2275,01	2275,01	2275,01	827,3	295,3	118,1
Свободное движение с автобусами	0,231	0,0578	0,0231	2399,51	2399,51	2399,51	554,3	138,7	55,4
Затор без автобусов	0,173	0,0433	0,0173	2721,01	2721,01	2721,01	470,7	117,8	47,1
Затор с автобусами	0,077	0,0193	0,0077	2920,01	2920,01	2920,01	224,8	56,4	22,5
Общий риск							2077,1	608,2	243,1

В таблице 4.8 условная вероятность обозначена: 1 – отсутствие мер защиты; 2 – укрепление пролета моста; 3 – введение системы видеонаблюдения и поста охраны.

Из приведенных результатов следует, что применение выбранных мер защиты от АНВ (укрепление пролетного строения, установка комплексной системы видеонаблюдения и поста охраны) значительно снижает уязвимость (повышает защищенность) рассматриваемого моста, что выражается в снижении прямых и косвенных ущербов в случае реализации террористической атаки с наиболее неблагоприятными последствиями.

Как отмечалось выше, при использовании общего анализа затрат и выгод требуется информация о частоте возникновения каждого конкретного сценария. Но не существует адекватных данных, чтобы вычислить частоту возможных террористических актов. Поэтому целесообразно рассчитывать частоту безубыточности, т.е. частоту, при которой только затраты экономически эффективны. Результаты расчета частот и периода безубыточности по формуле (2.14) приведены в таблице 4,9

Таблица 4.9 – Результаты расчета частоты и периода безубыточности

Меры защиты	Ежегодные расходы, млн. руб./год	Общий риск без мер защиты, млн. руб.	Общий риск с учетом мер защиты, млн. руб.	Частота безубыточности, год <sup>-1</sup>	Период безубыточности, лет
Укрепление пролета	18,3	2077,1	608,2	$1,2 \cdot 10^{-2}$	83
Видеонаблюдение, охрана	11,9	2077,1	243,1	$0,6 \cdot 10^{-2}$	166

Из данных таблицы 4.9 следует, что период безубыточности для мер «Укрепление пролета» и «Видеонаблюдение и охрана» составляет 83 и 166 лет, соответственно. Это означает, что укрепление пролета должно осуществляться, если по оценкам этот тип атаки случается чаще, чем каждые 83 лет, а системы

видеонаблюдения и пост охраны должны быть установлены, если существует вероятность, что нападение осуществится раз в 166 лет.

На рассмотренном примере – оценке уязвимости автомобильного моста через водный объект - проверена работоспособность методики, использующей методологию риск - менеджмента безопасности ОТИ от АНВ.

Использование данной методики не исключает и не заменяет, а конкретизирует и совершенствует существующую методику путем введения дополнительного параметра оценки уязвимости - экономической оценке рисков обеспечения защищенности ОТИ, путем сравнения затрат и выгод от конкретных мер защиты объекта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современном мире, где ежедневно происходит перемещение сотен миллионов человек различными видами транспорта, вопросу обеспечения транспортной безопасности уделяется особо пристальное внимание.

Транспортная безопасность направлена на защиту пассажиров, владельцев, получателей и перевозчиков грузов, владельцев и пользователей транспортных средств, транспортного комплекса и его работников, экономики и бюджета страны, окружающей среды от угроз в транспортном комплексе.

Наличие терактов на транспорте свидетельствует о том, что система транспортной безопасности не обеспечивается в полной мере и требует более эффективного проведения работ по оценке уязвимости ОТИ.

В целях разработки методов для повышения эффективности оценки уязвимости ОТИ в магистерской диссертации выполнено следующее:

- рассмотрена структура системы обеспечения транспортной безопасности в нашей стране, Федеральный государственный контроль в области транспортной безопасности, порядок категорирования и оценки уязвимости;

- выделены основные факторы (критерии) уязвимости ОТИ от АНВ;

- определены параметры оценки уязвимости экспертным путем с использованием характеристики модели нарушителя;

- проведен сравнительный анализ методов оценки уязвимости ОТИ от АНВ в России и экономически развитых странах (США, ЕС), при этом, в России оценка уязвимости заключается в экспертной оценке вероятности своевременного обнаружения нарушителей и прибытия сил охраны к критическому элементу объекта, а в США эта система построена на основе оценки и управления рисками, которая является более эффективной, поэтому принята для оценки уязвимости стратегически важного объекта в городе Красноярск – Николаевский мост;

- выполнены расчеты оценки риска, периода безубыточности без мер защиты и с мерами защиты Николаевского моста;

- установлено, что применение выбранных мер защиты от АНВ (укрепление пролетного строения, установка комплексной системы видеонаблюдения и поста охраны) значительно снижает уязвимость рассматриваемого моста.

На рассмотренном примере – оценке уязвимости автомобильного моста через водный объект - проверена работоспособность методики, использующей методологию риск - менеджмента безопасности ОТИ от АНВ.

Использование предложенной методики не исключает и не заменяет, а конкретизирует и совершенствует существующую методику путем введения дополнительного параметра оценки уязвимости - экономической оценке рисков обеспечения защищенности ОТИ.

Предложенный дополнительный параметр дает более точную

характеристику оценки уязвимости объекта, и позволяет более эффективно организовать работу по защите важных стратегических объектов от АНВ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Федеральный закон от 09.02.2007 № 16-ФЗ «О транспортной безопасности»
- 2 Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 12.04.2010 № 87 «О Порядке проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств»;
- 3 Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06.10.2016 № 1318-ст «Об утверждении национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 57119-2016 "Методика проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств. Общие требования"»
4. Верешков, В.Л. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба / Л.В. Верешков, В.Л. Грошев, В.В. Гаврилов. - URL: <http://www.gosthelp.ru/text/Vremennayametodikaopredel.html>
5. ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету». - URL: <http://sniphelp.ru/constructing>
6. ОДМД. Методика проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры в сфере дорожного хозяйства. - М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2010. - 50 с.
7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 - 2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска (ISO/IEC 31010:2009 Risk management - Risk assessment techniques). - М.: Стандартинформ, 2012. - 70 с.
8. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций - М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2004. - 141 с.
9. The Blue Ribbon Panel on Bridge and Tunnel Security. Recommendations for Bridge and Tunnel Security. The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) Transportation Security Task Force - 2003.- 64 pp.
10. Council Directive 2008/114/EC of 8 December 2008 on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection/ Official Journal of the European Union, 23.12.2008, p.p. 74-82.
11. Risk Management Series. Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings. December 2003. FEMA. FEMA 426 p.
12. Вакарев, А.А. Методические подходы к определению экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций для региональной экономики / А.А. Вакарев. // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 3, Экономика и экология. - 2011. - №1(18). - С. 54-60.
13. Волынский-Басманов, Ю.М. Некоторые замечания и предложения к Методическим рекомендациям по проведению оценки уязвимости объекта

транспортной инфраструктуры и транспортных средств воздушного транспорта / Ю.М. Волынский-Басманов, Ю.Б. Михайлов // Транспортная безопасность и технологии. - 2012. - №1(28). - С. 102-107.

14. Крепышева, Н.В. Методические и организационно-правовые проблемы оценки ущерба от дорожно-транспортных происшествий / Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2006-2012 год. Опыт разработки и реализации / Н.В. Крепышева. - М., 2012.- С. 92-97.

15. Станиславский, А.Б. Управление рисками нарушения безопасности инфраструктуры транспортного комплекса: автореф. дис. ... д.т.н. / А.Б. Станиславский; ИСА РАН, 2010. - 50 с.

16. Трофименко, Ю.В. Оценка вреда, наносимого окружающей среде автотранспортным комплексом региона / Ю.В. Трофименко // Вестник МАДИ. - 2009. - Вып. 2 (17), июнь. - С. 97-102.

17. Трофименко, Ю.В. Обеспечение защищенности автомобильных мостов от актов незаконного вмешательства// Учебное пособие МАДИ. - 2014. - 177 с.

18. Трофименко, Ю.В. Экология: Транспортное сооружение и окружающая среда / Ю.В. Трофименко, Г.И. Евгеньев. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 400 с.

19. Турыгин, В.И. Соблюдение законодательства в части организации охраны, противопожарного, аварийно-спасательного обеспечения на транспорте. Аттестация аварийно-спасательных и поисково-спасательных формирований / В.И. Турыгин // Транспортная безопасность и технологии. - 2012. - №3(30). - С. 30-32.

20. COPERT 4 (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport). - URL: <http://www.emisia.com/copert>

21. Cost-effectiveness of Protection Measures to Mitigate Terrorist Attacks on Bridges and Tunnels/ Christian A. Andersen, Kasper C. Jørgensen, Erik K. Lauritzen/ NIRAS. - 2012. - 11 pp / SeRoN. - URL: <http://www.seron-project.eu>

22. Issa L. Development of an inspection checklist for risk assessment of bridges in New Jersey. - New Brunswick, New Jersey. - May, 2008. - 87 pp.

23. M. Leung, J.H. Lambert, A. Mosenthal. A Risk-Based Approach to Setting Priorities in Protecting Bridges Against Terrorist Attacks // Risk Analysis, Vol. 24, No. 4, 2004. - P.963-984.

24. Security of Road Transport Networks Deliverable D200 Task 203/204 Identification and Classification of European Bridge and Tunnel Types (concise version) FP7-ICT-SEC-2007-1 Grant Agreement n 225354/ July 2011. - 27 pp.

25. Security of Road Transport Networks Deliverable D500 Risk assessment (concise version) FP7-ICT-SEC-2007-1 Grant Agreement n 225354/ March 2012. v.1.0 - 118 pp.

26. Security of Road Transport Networks Deliverable D600 Validation/ FP7-ICT-SEC-2007-1 Grant Agreement n 225354/ 28/09/ 2012. - 40 pp.







## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Совершенствование методики оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры» содержит 84 страницы текстового документа, 26 использованных источника.

**ТРАНСПОРТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОБЪЕКТ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ, ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ, МОДЕЛЬ НАРУШИТЕЛЯ, УЩЕРБ, РИСК, МЕРЫ ЗАЩИЩЕННОСТИ, ЧАСТОТА БЕЗУБЫТОЧНОСТИ.**

Объект исследования – Николаевский автомобильный мост в городе Красноярске.

Предмет исследования – оценка уязвимости объектов транспортной инфраструктуры (далее - ОТИ) от актов незаконного вмешательства (далее - АНВ).

Цель диссертационной работы – выработать предложения по усовершенствованию методики оценки уязвимости ОТИ.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть структуру обеспечения транспортной безопасности;
- выделить факторы (критерии) оценки уязвимости ОТИ от АНВ;
- провести анализ методов оценки уязвимости ОТИ от АНВ в других странах;
- разработать предложения для более эффективной оценки уязвимости;
- выполнить оценку уязвимости исследуемого автомобильного моста с применением дополнительных параметров оценки.

В результате проведения сравнительного анализа методов оценки уязвимости ОТИ от АНВ в России и экономически развитых странах (США, ЕС) установлено, что в России оценка уязвимости заключается в экспертной оценке вероятности своевременного обнаружения нарушителей и прибытия сил охраны к критическому элементу объекта, а в США эта система построена на основе оценки и управления рисками, которая является более эффективной.

Использование предложенной методики совершенствует существующую методику путем введения дополнительного параметра оценки уязвимости - экономической оценке рисков обеспечения защищенности ОТИ.

Предложенный дополнительный параметр дает более точную характеристику оценки уязвимости объекта, и позволяет более эффективно организовать работу по защите транспортных объектов от АНВ.

Основные материалы работы докладывались на Международной научно-практической конференции «Перспектив Свободный».

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Структура системы обеспечения транспортной безопасности .....	8
1.1 Субъекты обеспечения безопасности на транспорте и объекты защиты....	8
1.2 Обязанности субъектов транспортной деятельности.....	10
1.3 Федеральный государственный контроль в области транспортной безопасности.....	10
1.4 Этапы обеспечения транспортной безопасности.....	14
1.5 Пути совершенствования критериев категорирования.....	17
1.6 Порядок оценки уязвимости ОТИ.....	18
1.7 Угрозы безопасности на транспорте .....	20
1.8 Вероятные угрозы акта незаконного вмешательства (АНВ) в деятельность транспортного комплекса .....	20
2 Методы оценки защищенности (безопасности) ОТИ от АНВ .....	28
2.1 Критерии оценки уязвимости ОТИ дорожного хозяйства .....	28
2.2 Алгоритм обеспечения защищенности ОТИ ДХ в России.....	30
2.3 Алгоритм оценки защищенности ОТИ ДХ в США.....	38
3 Мосты как основной объект транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства .....	57
3.1 Типизация мостов .....	57
3.2 Исходные данные по объекту исследования.....	61
3.3 Сценарии реализации АНВ на мосту .....	61
4 Оценка ущерба и интегрального риска. Допустимый риск от АНВ на мостах	63
4.1 Исходные предпосылки для оценки ущерба и интегрального риска .....	63
4.2 Реализация процедуры риск-менеджмента безопасности для обеспечения защищенности моста от АНВ .....	65
4.3 Оценка прямых и косвенных затрат (ущербов) и интегрального риска для моста .....	68
4.4 Оценка влияния разных факторов на уровень уязвимости и защищенности моста. Обоснование мер по повышению его защищенности от АНВ.....	75
Заключение .....	80
Список использованных источников .....	82

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из главных приоритетов государства в области обеспечения национальной безопасности является борьба с растущими террористическими угрозами. Антитеррористическая борьба предполагает, прежде всего, активизацию деятельности государства по защите инфраструктуры и населения страны от террористических проявлений. Эти актуальные для нашей страны задачи могут быть решены только при надежном обеспечении транспортной безопасности, так как транспортная инфраструктура является наиболее уязвимой со стороны террористических угроз. Это объясняется такими специфическими особенностями транспортных отраслей, как большая протяженность транспортных магистралей, громадное количество опасных объектов транспортной инфраструктуры, обслуживание большого потока пассажиров и грузов, в том числе опасных, различные формы собственности объектов инфраструктуры. Эти особенности транспортной системы создают сложные проблемы при организации защиты объектов транспортной инфраструктуры.

Актуальность вопроса обеспечения транспортной безопасности очевидна, поскольку речь идет, в первую очередь, о десятках и сотнях человеческих жизней и сохранности объектов особой важности. Незаконное вторжение на территорию транспортного узла, угроза террористической атаки реальны там, где объект уязвим в силу ненадлежащего уровня охраны или ее отсутствия.

Непрерывное развитие транспорта является гарантией единства экономического пространства, свободного перемещения услуг и товаров, свободы экономической деятельности и конкуренции, обеспечения национальной безопасности России, а также улучшения условий и уровня жизни населения.

Автомобильный транспорт, наряду с другими инфраструктурными отраслями, обеспечивает базовые условия жизнедеятельности, являясь важным инструментом достижения социальных, экономических и внешнеполитических целей, поэтому транспортная безопасность – это обязательное условие безопасного и конкурентоспособного присутствия российских перевозчиков на мировом рынке перевозок пассажиров и грузов.

Задача обеспечения транспортной безопасности должна стоять не только перед государством, но и перед субъектами транспортной инфраструктуры (владельцами).

Транспортная безопасность – это состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры (далее ОТИ) и транспортных средств от актов незаконного вмешательства (далее – АНВ).

АНВ – противоправное действие (бездействие), в том числе террористический акт, угрожающее безопасной деятельности транспортного комплекса, повлекшее за собой причинение вреда жизни и здоровью людей, материальный ущерб либо создавшее угрозу наступления таких последствий.

Обеспечение безопасности на транспорте предполагает комплекс мер, направленных на максимальное снижение показателей по правонарушениям в данной области, различных несчастных случаев, происшествий техногенного характера, предельно возможное уменьшение ущерба, нанесенного в результате умышленных действий или бездействий.

Обеспечение транспортной безопасности – реализация определяемой государством системы правовых, экономических, организационных и иных мер в сфере транспортного комплекса, соответствующих угрозам совершения актов незаконного вмешательства.

На решение вопроса повышения комплексной безопасности и устойчивости транспортной системы направлены положения Федерального закона от 09.02.2007 № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» (далее – Закон 16-ФЗ) и множество подзаконных нормативных правовых актов федерального уровня.

Целями обеспечения транспортной безопасности являются устойчивое и безопасное функционирование транспортного комплекса, защита интересов личности, общества и государства в сфере транспортного комплекса от АНВ.

Наличие терактов на всех видах транспорта свидетельствует о том, что система транспортной безопасности не обеспечивается в полной мере и требует более эффективного проведения работ по оценке уязвимости ОТИ.

Цель диссертационной работы – выработать предложения по усовершенствованию методики оценки уязвимости ОТИ.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть структуру обеспечения транспортной безопасности;
- выделить факторы (критерии) оценки уязвимости ОТИ от АНВ;
- провести анализ методов оценки уязвимости ОТИ от АНВ в других странах;
- разработать предложения для более эффективной оценки уязвимости;
- выполнить оценку уязвимости исследуемого автомобильного моста с применением дополнительных параметров оценки.

Научная новизна работы заключается в сравнительно-сопоставимом анализе методов оценки уязвимости и внесении предложения о включении дополнительного параметра в методику оценки уязвимости ОТИ от АНВ.

## **1 Структура системы обеспечения транспортной безопасности**

Террористическая активность на транспорте в последние годы возросла и стала составляющей глобальной террористической угрозы, при этом увеличилось не только количество террористических проявлений на транспорте, но произошли и определенные изменения в их качестве. В связи с этим одной из важнейших целей транспортной стратегии Российской Федерации является повышение комплексной безопасности и устойчивости транспортной системы.

В настоящее время выстроена единая государственная система мер по обеспечению транспортной безопасности для всего транспортного комплекса. Министерством транспорта России совместно с заинтересованными федеральными органами разработаны мероприятия нормотворческого и организационно-практического характера, которые направлены на обеспечение транспортной безопасности и защиту объектов транспорта от актов незаконного вмешательства.

Основными задачами обеспечения транспортной безопасности являются:

- нормативное правовое регулирование в области обеспечения транспортной безопасности;
- определение угроз совершения актов незаконного вмешательства;
- оценка уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств;
- категорирование объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств;
- разработка и реализация требований по обеспечению транспортной безопасности;
- подготовка и аттестация сил обеспечения транспортной безопасности;
- осуществление федерального государственного контроля (надзора) в области обеспечения транспортной безопасности;
- информационное, материально-техническое и научно-техническое обеспечение транспортной безопасности;
- сертификация технических средств обеспечения транспортной безопасности.

### **1.1 Субъекты обеспечения безопасности на транспорте и объекты защиты**

Система управления обеспечением транспортной безопасности включает в себя субъекты и объекты управления, и организацию взаимодействия между ними.

Субъектами обеспечения безопасности на транспорте являются:

- органы государственной власти и органы местного самоуправления

государства;

- субъекты транспортной деятельности;
- потребители транспортных услуг;
- международные органы и организации, функционирующие в транспортной сфере.

Объектами защиты в области безопасности на транспорте являются:

- потребители транспортных услуг;
- транспортные объекты;
- субъекты транспортной деятельности;
- груз, багаж;
- третьи лица, которым может быть причинен вред и (или) ущерб при транспортной деятельности.

Интересом и целью субъектов управления обеспечением транспортной безопасности в соответствии с принципом конечной ответственности государства за транспортную безопасность является достижение ее установленного уровня, предотвращение (минимизация) ущерба всех видов, соответственно, для хозяйствующих субъектов – их экономический успех, для потребителей транспортных услуг – качественные транспортные услуги.

Государственное управление в данной сфере во всех своих решениях должно гармонизировать перечисленные интересы на максимально достижимом в конкретных случаях уровне.

Основными видами управленческих воздействий в адрес объектов управления являются:

- выработка и установление норм, правил и требований по обеспечению транспортной безопасности;
- контроль, надзор за их исполнением;
- санкции в случае неисполнения;
- определение общеэкономических условий деятельности хозяйствующих субъектов;
- договорные условия с хозяйствующими субъектами в рамках государственно-частного партнерства;
- в необходимых случаях бюджетное финансирование мероприятий транспортной безопасности хозяйствующих субъектов и нижестоящих бюджетов разных типов.

В соответствии с данными видами управленческих воздействий должны быть сформированы полномочия органов государственной власти и местного самоуправления, построена их субординация по вертикали и координация по горизонтали.

Управление должно быть:

- рефлексивно и адаптивно к текущим и прогнозируемым угрозам транспортной безопасности (надзор, контроль, мониторинг, оценка угроз);
- обеспечено ресурсно (кадры, научно-техническое развитие, информатизация, материально-техническое обеспечение, собственные средства

хозяйствующих субъектов и средства бюджетов, нормативно-правовая база);

- подготовлено к возможным кризисным ситуациям (планы, учения, тренинги, неприкосновенный запас определенных ресурсов);
- целенаправленным, устанавливая цели управления в формате «уровень транспортной безопасности – сроки достижения»;
- спланированным на основе прогнозных оценок угроз, международных условий и иных развивающихся процессов;
- ориентированным на достижение уровня транспортной безопасности не ниже лучших мировых показателей;
- комплексным и скоординированным в отношении всех субъектов и объектов управления и управленческих воздействий;
- динамичным (временные органы: комиссии, штабы и т.п.);
- прозрачным, легитимным, основанным на общедоступной законодательной и иной нормативно-правовой базе;
- координирующим, обеспечивая координацию через специально уполномоченный федеральный орган исполнительной власти.

## **1.2 Обязанности субъектов транспортной деятельности**

Субъект транспортной деятельности обязан:

- разрабатывать и осуществлять меры по обеспечению безопасности на транспорте;
- разрабатывать и предоставлять уполномоченным органам (организациям) планы готовности;
- незамедлительно сообщать уполномоченным органам государственной власти о возникающих угрозах;
- принимать меры по установлению причин и обстоятельств, возникающих на транспортных объектах кризисных ситуаций;
- иметь необходимые лицензии, разрешения, свидетельства и сертификаты;
- иметь и содержать в исправном состоянии в соответствии с требованиями безопасности на транспорте транспортные объекты;
- обеспечивать проведение мероприятий по оценке уязвимости и категорированию транспортных объектов;
- обеспечивать подготовку специалистов и персонала в области безопасности на транспорте.

## **1.3 Федеральный государственный контроль в области транспортной безопасности**

Структуру и конкретные полномочия органов федеральной исполнительной власти определяет Правительство Российской Федерации.

В состав органов управления обеспечением транспортной безопасности

входят:

- Минтранс России;
- Департамент транспортной безопасности и специальных программ;
- управления транспортной безопасности в подведомственных Минтрансу России федеральных агентствах и службе;
- Федеральная служба по надзору в сфере транспорта (ФСНТ) (далее – Ространснадзор);
- Федеральное агентство авиационного транспорта (далее – Росавиация);
- Федеральное агентство железнодорожного транспорта (далее – Росжелдор);
- Федеральное агентство морского и речного транспорта (далее – Росморречфлот);
- дорожное Федеральное агентство (далее – Росавтодор);
- специализированные организации в области обеспечения транспортной безопасности и субъекты транспортной инфраструктуры;
- контрольно-надзорные функции исполняет Ространснадзор.

Структура системы обеспечения транспортной безопасности в Российской Федерации представлена на рисунке 1.1.

Росавтодор – компетентный орган в области обеспечения транспортной безопасности в сфере автомобильного транспорта. В составе Росавтодора создано Управление транспортной безопасности. Проведена работа по укомплектованию подразделений транспортной безопасности во всех территориальных управлениях Росавтодора.

К компетенции Росавтодора как компетентного органа в области обеспечения транспортной безопасности относятся пять функций:

- утверждение результатов оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств;
- утверждение планов обеспечения транспортной безопасности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств;
- аккредитация специализированных организаций в области обеспечения транспортной безопасности на железнодорожном транспорте;
- категорирование объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств;
- ведение реестра категорированных объектов.

Минтрансом России совместно с ФСБ, МВД и МЧС России, а также другими федеральными органами исполнительной власти, субъектами Российской Федерации и организациями транспортного комплекса разработана и реализуется Комплексная программа обеспечения безопасности на транспорте.

Комплексная программа обеспечения безопасности населения на транспорте (далее – Программа) определяет принципы создания комплексной системы, порядок реализации Программы, ее ресурсное обеспечение,

ответственных исполнителей, результативность и эффективность использования ресурсов, выделяемых на ее реализацию.

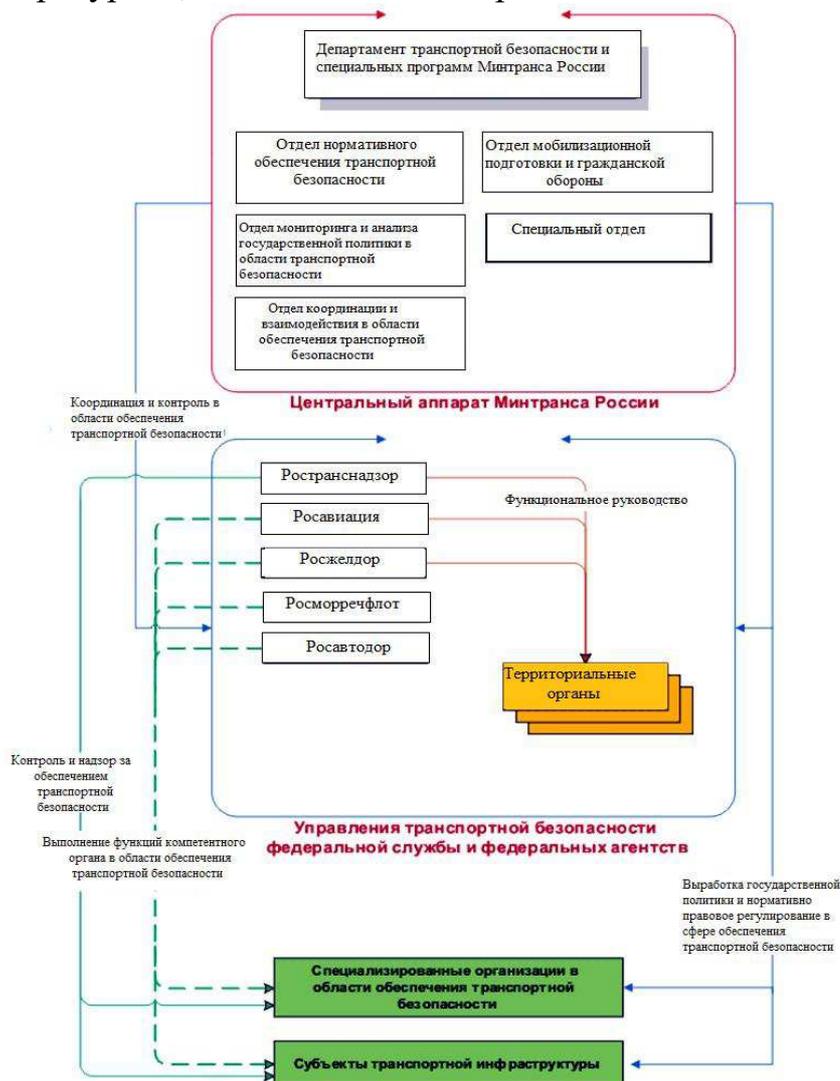


Рисунок 1.1 – Структура системы обеспечения транспортной безопасности в РФ

Программа представляет собой комплекс мероприятий, направленных на реализацию задач, которые обеспечивают формирование, развертывание, функционирование и развитие комплексной системы. Программа реализуется в рамках приоритетного направления деятельности Правительства Российской Федерации по обеспечению национальной безопасности.

Программа формируется по приоритетным направлениям, определенным с учетом необходимости максимально эффективного распределения и использования финансовых ресурсов для достижения поставленной цели.

Реализация Программы предусматривает координацию действий и объединение сил и средств федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и субъектов транспортной инфраструктуры.

Основными составными элементами комплексной программы являются:

- единый комплекс мероприятий по обеспечению безопасности населения на транспорте, а также по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на транспорте, в том числе осуществляемых в рамках единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- система федерального, регионального и муниципального законодательства, нормативных правовых документов и ведомственных актов, интегрированная с международными нормами права в области обеспечения транспортной безопасности;
- многоуровневое информационное пространство, в том числе взаимосвязанные автоматизированные информационные и аналитические системы, обеспечивающие проведение уполномоченными Правительством Российской Федерации федеральными органами исполнительной власти мероприятий по обеспечению безопасности населения на транспорте. Информационные и аналитические системы, в том числе автоматизированные, строятся по территориально-распределенному принципу с единым центром управления базами данных в области обеспечения транспортной безопасности;
- система профессиональной подготовки, обучения и аттестации специалистов и должностных лиц в области обеспечения транспортной безопасности, а также персонала, принимающего участие в обеспечении безопасности населения на транспорте;
- система информирования и оповещения населения на транспорте;
- система мониторинга и государственного контроля (надзора) обеспечения безопасности населения на транспорте.

Основные элементы комплексной программы представлены на рисунке 1.2.

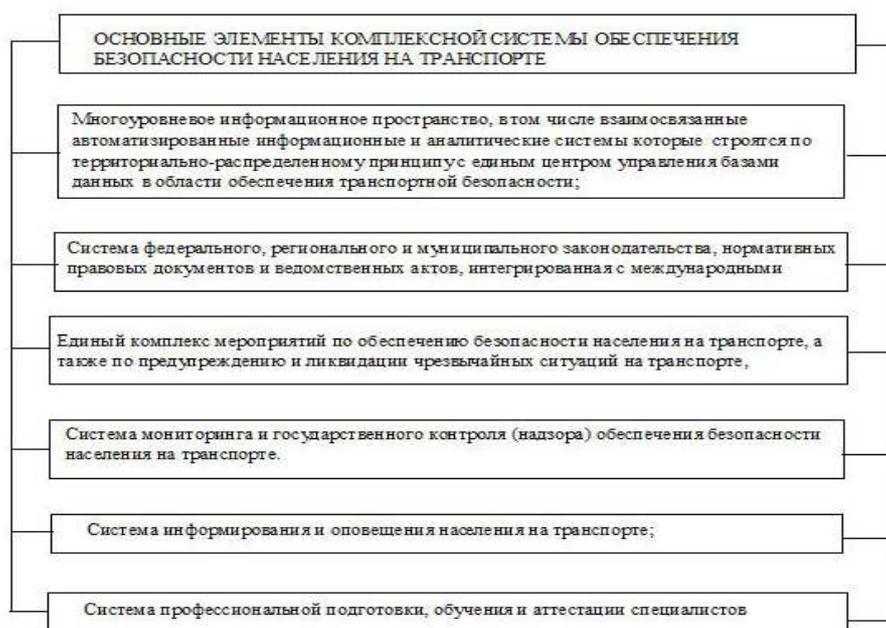


Рисунок 1.2 – Основные элементы комплексной программы

## 1.4 Этапы обеспечения транспортной безопасности

Обеспечение транспортной безопасности объектов транспортной инфраструктуры состоит из четырех этапов, показанных на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Этапы обеспечения транспортной безопасности

Категорирование объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств – первый этап обеспечения транспортной безопасности.

Категорирование ОТИ – отнесение их к определенным категориям с учетом степени угрозы совершения акта незаконного вмешательства и его возможных последствий.

Согласно Закону 16-ФЗ субъекты транспортной инфраструктуры обязаны предоставлять в компетентные органы в области обеспечения транспортной безопасности полную и достоверную информацию для проведения категорирования ОТИ.

В зависимости от вида транспорта, соответствующие документы подаются в Федеральные агентства Министерства транспорта Российской Федерации: Росавтодор, Росжелдор, Росморречфлот, Росавиацию.

В ходе категорирования происходит отнесение объекта транспортной инфраструктуры или транспортного средства к одной из категорий. Для ОТИ устанавливается не более 5 (пяти) категорий. Самая высокая – первая, остальные сортируются в порядке убывания.

Чем выше присвоенная объекту транспортной инфраструктуры или транспортному средству категория, тем более высокие требования предъявляются к обеспечению его транспортной безопасности.

Существуют несколько критериев категорирования объектов и транспортных средств:

- степень угрозы совершения акта незаконного вмешательства определяется на основании статистики о совершенных и предотвращенных АНВ на территории РФ в отношении категорируемых ОТИ за период последних 12-ти месяцев до момента категорирования;

- возможные последствия совершения акта незаконного вмешательства на основании количества жертв и пострадавших;

- возможные последствия совершения акта незаконного вмешательства на основании материального ущерба.

Согласно Приказу Министерства транспорта Р.Ф. от 21.02.2011 № 62 «О Порядке установления количества категорий и критериев категорирования объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств компетентными органами в области обеспечения транспортной безопасности» (далее – приказ Минтранса № 62), установлены категории и количественные показатели критериев категорирования объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств автомобильного транспорта и объектов транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства, и объектов транспортной инфраструктуры городского наземного электрического транспорта.

Значение категорий в зависимости от количественных показателей статистических данных (сведений) о совершенных и предотвращенных актах незаконного вмешательства (далее – АНВ) на территории Российской Федерации (за исключением заведомо ложных сообщений об угрозе совершения и/или совершении акта незаконного вмешательства), в том числе в отношении категорируемых объектов транспортной инфраструктуры и объектов транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства за период последних 12 месяцев до момента категорирования, показано в таблице 1.1.

Значение категорий в зависимости от количественных показателей о возможных погибших или получивших вред здоровью людей, объектам транспортной инфраструктуры и транспортным средствам автомобильного транспорта и объектам транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства показано в таблице 1.2

Таблица 1.1 – Значение категорий в зависимости от количественных показателей статистических данных (сведений) о совершенных и предотвращенных АНВ

Значение категории ОТИ	Количество совершенных и/или предотвращенных АНВ на территории Российской Федерации, в том числе в отношении категорируемых объектов транспортной инфраструктуры
Первая	Шесть и более совершенных и/или предотвращенных АНВ в отношении категорируемого ОТИ и/или аналогичных объектов транспортной инфраструктуры на территории субъекта Российской Федерации, в котором находится ОТИ
Вторая	От трех до пяти совершенных и/или предотвращенных АНВ в отношении категорируемого ОТИ и/или аналогичных объектов транспортной инфраструктуры на территории субъекта Российской Федерации, в котором находится ОТИ
Третья	Не более двух совершенных и/или предотвращенных АНВ в отношении категорируемого ОТИ и/или аналогичных объектов транспортной инфраструктуры на территории субъекта Российской Федерации, в котором находится ОТИ

Окончание таблицы 1.1

Значение категории ОТИ	Количество совершенных и/или предотвращенных АНВ на территории Российской Федерации, в том числе в отношении категоризируемых объектов транспортной инфраструктуры
Четвертая	Не зафиксировано ни одного совершенного и/или предотвращенного АНВ в отношении категоризируемого ОТИ и/или аналогичных объектов транспортной инфраструктуры на территории субъекта Российской Федерации, в котором находится ОТИ

Таблица 1.2 – Значение категорий в зависимости от количественных показателей о возможных погибших или получивших вред здоровью людей

Категория ОТИ и ТС	Первая		Вторая		Третья		Четвертая
	ОТИ	ТС	ОТИ	ТС	ОТИ	ТС	ОТИ
Возможное количество погибших или получивших вред здоровью, чел. (автомобильный транспорт)	Более 50	Более 23	От 30 до 50	От 10 до 23	От 10 до 30	До 10	До 10
Возможное количество погибших или получивших вред здоровью, чел. (дорожное хозяйство)	Более 50		От 30 до 50		От 10 до 30		До 10

Значение категорий в зависимости от количественных показателей о возможном материальном ущербе и ущербе окружающей природной среде объектам транспортной инфраструктуры и транспортным средствам автомобильного транспорта и объектам транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства показано в таблице 1.3

Таблица 1.3 – Значение категорий в зависимости от количественных показателей о возможном материальном ущербе и ущербе окружающей природной среде

Категория ОТИ и ТС	Первая		Вторая		Третья		Четвертая
	ОТИ	ТС	ОТИ	ТС	ОТИ	ТС	ОТИ
Возможный материальный ущерб и ущерб окружающей природной среде, руб. (Автомобильный транспорт)	более 100 млн.	более 50 млн.	от 60 млн. до 100 млн.	от 18 млн. до 50 млн.	от 20 млн. до 60 млн.	до 18 млн.	до 20 млн.
Возможный материальный ущерб и ущерб окружающей природной среде, руб. (Дорожное хозяйство)	более 1 млрд.		от 500 млн. до 1 млрд.		от 100 млн. до 500 млн.		до 100 млн.

По результатам категорирования ОТИ присваивается категория, соответствующая наивысшему количественному показателю любого из критериев категорирования.

В случае изменения наивысшего количественного показателя критериев категорирования меняется значение категории, присвоенной ОТИ.

По каждому критерию установлено 4 категории ОТИ. Итого – 12 категорий ОТИ.

Приказом Минтранса России от 8.02.2011 № 42 «Об утверждении Требований по обеспечению транспортной безопасности, учитывающих уровни безопасности для различных категорий ОТИ и ТС АТ и ДХ» к субъектам ОТИ дорожного хозяйства (далее – ОТИ ДХ) утверждено более 350 требований, касающихся обеспечения транспортной безопасности. В них учитываются уровни безопасности для всех 12 категорий ОТИ ДХ, которые должны быть выполнены и отражены в планах по обеспечению транспортной безопасности ОТИ утвержденной категории.

### **1.5 Пути совершенствования критериев категорирования**

Указанные выше критерии, методы отнесения ОТИ к определенному типу по уровню безопасности нуждаются в доработке. Необходимо нормативно установить период времени, когда следует осуществлять категорирование ОТИ по критерию (показателю) «Количество совершенных и/или предотвращенных АНВ», а также пересмотреть диапазоны значений этого и других показателей для установленных категорий ОТИ. Приведенные в таблицах значения показателей для присвоения ОТИ 1-й, 2-й, 3-й категорий могут быть достигнуты только в период осуществления активных военных действий или активизации деятельности террористических организаций. В противном случае при повторном категорировании ОТИ по данному критерию (через несколько лет) все объекты попадут в 4-ю категорию, т.е. теряется смысл процесса категорирования по данному показателю.

Для объектов, относимых к 4-й категории по данному и всем другим используемым критериям необходимо установить минимальные значения допустимого уровня материального и/или экологического ущерба при совершении АНВ, ниже которого ОТИ не подлежат категорированию и защите. Это позволит значительно сократить затраты на реализацию планов мероприятий по обеспечению защищенности ОТИ от АНВ.

Целесообразно дополнительно включить в число критериев категорирования ОТИ показатель живучести с учетом его конструкционных особенностей, используемых материалов.

В качестве основного критерия при категорировании ОТИ по условиям обеспечения безопасности от АНВ следует использовать уровень допустимого риска безопасности ОТИ от АНВ.

Как указано выше, выбор критериев категорирования ОТИ является

первым этапом процедуры оценки защищенности (безопасности) объекта от АНВ.

## **1.6 Порядок оценки уязвимости ОТИ**

В соответствии с Законом 16-ФЗ для ОТИ должна быть выполнена оценка уязвимости и разработан план обеспечения транспортной безопасности.

Оценка уязвимости ОТИ производится с целью определения уровня их защищенности от всевозможных угроз несанкционированного вторжения или террористической атаки.

Порядок проведения оценки уязвимости ОТИ разработан согласно приказу Минтранса России от 12.04.2010 № 87.

Оценка уязвимости ОТИ проводится в соответствии с методикой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06.10.2016 № 1318-ст, которая включает в себя строго регламентированные взаимозависимые разделы и выполняется для различных категорий ОТИ.

К выполнению оценки уязвимости допущены только должным образом аккредитованные специализированные организации.

Практическое внедрение положений и норм предусматривает поэтапную реализацию комплекса мер, в ряду которых – оценка уязвимости ОТИ, разработка плана обеспечения их охраны и оснащение их комплексными системами безопасности.

В ходе проведения оценки уязвимости осуществляются следующие мероприятия:

- изучение технических и технологических характеристик ОТИ, а также организации их эксплуатации. Результатом является описание технических и технологических характеристик ОТИ, определение границ зоны безопасности и перечня критических элементов ОТИ;

- изучение системы принятых на ОТИ мер по защите от АНВ. Результатом является описание системы принятых субъектом транспортной инфраструктуры мер на ОТИ по защите от АНВ, а также оценка ее соответствия требованиям по обеспечению транспортной безопасности ОТИ;

- изучение способов реализации потенциальных угроз совершения АНВ в деятельность ОТИ с использованием совокупности сведений о численности, оснащенности, подготовленности, осведомленности, а также действий потенциальных нарушителей, преследуемых целей при совершении АНВ в деятельность ОТИ. Результатом является описание способов реализации потенциальных угроз совершения АНВ в деятельность ОТИ применительно к модели нарушителя;

- определение рекомендаций субъекту транспортной инфраструктуры в отношении мер, которые необходимо дополнительно включить в систему мер по обеспечению транспортной безопасности ОТИ. Результатом является

описание дополнительных мер, которые необходимо принять субъекту транспортной инфраструктуры на ОТИ в соответствии с требованиями по обеспечению транспортной безопасности.

После процедуры оценки уязвимости составляется отчет, который утверждается в управлении транспортной безопасности того или иного транспортного ведомства. Затем предприятие в соответствии с приказом Минтранса России от 11.02.2010 № 34 разрабатывает план обеспечения дорожно - транспортной безопасности ОТИ (далее – ПОТБ) и приступает к его реализации.

ПОТБ включает в себя следующее:

- общие сведения об ОТИ;
- техническая и технологическая характеристика ОТИ;
- критические элементы ОТИ;
- пропускной и внутриобъектовый режим.

Методика проведения оценки уязвимости ОТИ предназначена для выявления множества критических элементов, в отношении которых возможно совершение АНВ, чтобы добиться полного или частичного прекращения его функционирования и/или возникновения чрезвычайной ситуации.

Основные этапы выявления критических элементов ОТИ:

- на первом этапе необходимо проанализировать нежелательные возможные последствия для ОТИ (полное или частичное прекращение его функционирования и/или возникновение чрезвычайных ситуаций). На этом уровне определяют события, которые следует рассмотреть, и границы исследования;

- на втором этапе выявляют возможные причины нежелательных последствий;

- на третьем этапе анализируются нежелательные события (отказы, неисправности), связанные с техническими и технологическими процессами на аналогичных объектах в прошлом, а также последствия, вызванные нежелательными событиями;

- на четвертом этапе должны быть определены режимы работы ОТИ;

- на пятом этапе определяются системы (и их компоненты);

- на шестом этапе определяют перечень неисправностей систем, которые могут вызвать нежелательные последствия;

- для выявления критических элементов на седьмом этапе определяются все места на ОТИ, где могут быть инициированы соответствующие неисправности;

- после сбора подробной информации по неисправностям систем и расположению оборудования на последнем этапе процесса с помощью методики анализируются места для свершения АНВ. В результате количественной и качественной оценки критериев определяются критические элементы ОТИ.

## **1.7 Угрозы безопасности на транспорте**

Угрозами безопасности на транспорте признаются угрозы техногенного, природного и социального характера.

К угрозам техногенного характера относятся:

- высокая степень износа технических средств;
- моральная устарелость технических средств транспорта;
- конструктивно-производственные недостатки технических средств транспорта.

К угрозам природного характера относятся:

- неблагоприятные климатические и погодные условия;
- воздействия внешних непрогнозируемых факторов;
- стихийные бедствия и катастрофы.

К угрозам социального характера относятся:

- недостаточная профессиональная подготовка персонала;
- незаконное вмешательство в деятельность транспортного комплекса;
- негативное влияние «человеческого фактора».

## **1.8 Вероятные угрозы акта незаконного вмешательства (АНВ) в деятельность транспортного комплекса**

Согласно приказу Министерства транспорта РФ, ФСБ России, МВД России № 52/112/134 от 5 марта 2010 года «Об утверждении перечня потенциальных угроз, совершения актов незаконного вмешательства в деятельность объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств» определен следующий перечень потенциальных угроз АНВ.

Перечень наиболее вероятных угроз АНВ для ОТИ:

- угроза захвата – возможность захвата объектов транспортной инфраструктуры, установления над ними контроля силой или угрозой применения силы, или путем любой другой формы запугивания;
- угроза взрыва – возможность разрушения ОТИ или нанесения им и/или их грузу, здоровью персонала, пассажирам и другим лицам повреждений путем взрыва (обстрела);
- угроза размещения или попытки размещения на ОТИ взрывных устройств (взрывчатых веществ) – возможность размещения или совершения действий в целях размещения каким бы то ни было способом на ОТИ взрывных устройств (взрывчатых веществ), которые могут разрушить ОТИ, нанести им и/или их грузу повреждения;
- угроза поражения опасными веществами – возможность загрязнения или их критических элементов опасными химическими, радиоактивными или биологическими агентами, угрожающими жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;

- угроза захвата критического элемента ОТИ – возможность захвата критического элемента ОТИ, установления над ним контроля силой или угрозой применения силы, или путем любой другой формы запугивания;

- угроза взрыва критического элемента ОТИ – возможность разрушения критического элемента ОТИ или нанесения ему повреждения путем взрыва (обстрела), создающего угрозу функционированию ОТИ, жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;

- угроза размещения или попытки размещения на критическом элементе ОТИ взрывных устройств (взрывчатых веществ);

- возможность размещения или совершения действий в целях размещения каким бы то ни было способом на критическом элементе ОТИ и/или ТС взрывных устройств (взрывчатых веществ), которые могут разрушить критический элемент ОТИ или нанести ему повреждения, угрожающие безопасному функционированию ОТИ, жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;

- угроза блокирования – возможность создания препятствия, делающего невозможным движение ТС или ограничивающего функционирование ОТИ, угрожающего жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;

- угроза хищения – возможность совершения хищения элементов ОТИ, которое может привести их в негодное для эксплуатации состояние, угрожающее жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц.

При разработке проектных угроз и наиболее вероятных сценариев реализации каждого из видов угроз используется модель нарушителя, отдельные показатели которой имеют вероятностный характер и входят с определенными весовыми коэффициентами. Весовые коэффициенты рассчитываются на основании анализа статистических данных по имевшим место АНВ и экспертных заключений. В используемой модели нарушителя в качестве весовых коэффициентов, определяющих вклад того или иного отдельного показателя в характеристику модели нарушителя, применяются условные балльные значения:

- 1 балл – «Необязательно», проставлялся в случае вывода о том, что данное условие совершения АНВ или характеристика нарушителя не являются определяющими факторами для достижения нарушителем цели или могут отсутствовать;

- 2 балла – «Вероятно», проставлялись в случае вывода о том, что данное условие совершения АНВ или характеристика нарушителя могут стать определяющими факторами для достижения нарушителем цели или могут присутствовать в более чем 30% случаев реализации угрозы;

- 3 балла – «Скорее всего», проставлялись в случае вывода о том, что данное условие совершения АНВ или характеристика нарушителя является одним из определяющих факторов для достижения нарушителем цели или могут присутствовать в более чем 60% случаев реализации угрозы;

- 4 балла – «Почти в каждом случае», проставлялись в случае вывода о том, что данное условие совершения АНВ или характеристика нарушителя является основным определяющим фактором для достижения нарушителем цели или могут присутствовать в более чем 90% случаев реализации угрозы.

Совокупность условных балльных значений модели нарушителя отражают вероятность того, что АНВ при реализации той или иной угрозы будет совершен нарушителем с определенным набором характеристик.

Основными факторами уязвимости ОТИ, которые могут быть существенными для совершения АНВ данного вида угрозы, являются следующие:

- наличие многочисленных путей доступа на объект;
- возможность скрытого пересечения границ зон безопасности ОТИ;
- наличие значительного количества обслуживающего персонала;
- наличие значительного количества пассажиров;
- отсутствие мер эффективного оперативного контроля за выполнением мер транспортной безопасности;
- низкий уровень тревожности (бдительности) сотрудников сил транспортной безопасности.

Характеристика нарушителя при реализации угрозы захвата по степени значимости и вероятности проявления показателей представлена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Характеристика нарушителя при реализации угрозы захвата

Характеристика нарушителя		Степень значимости и вероятность проявления показателей	
Тип нарушителя	Внутренний	Одиночный	1
		Групповой	1
	Внешний	Одиночный	2
		Групповой	3
	Комбинированный		1
Тактика действий	Открытое нападение	4	
	Скрытое проникновение	2	
	Обманное проникновение	2	
Осведомленность	О целях и мотивах совершения АНВ	1	
	Высокий уровень осведомленности об ОТИ	3	
Оснащенность	Наличие специальной техники	2	
	Наличие стрелкового вооружения и/или СВУ	4	
	Наличие тяжелого оружия, оружия массового поражения	2	
Подготовленность	Владение техническими средствами и оружием	3	
	Подготовленное физическое состояние	3	
	Устойчивое психологическое состояние	3	

Основными факторами уязвимости ОТИ, которые могут быть существенными для совершения АНВ данного вида угрозы, являются следующие:

- наличие на ОТИ потенциально опасного уязвимого элемента, известного нарушителям;
- отсутствие или недостаточная функциональность технических средств и систем транспортной безопасности в части предупреждения дистанционного поражения;
- характеристики имеющихся технических систем и средств досмотра ОТИ не позволяют в автоматическом режиме выявить и идентифицировать взрывчатые, а также иные вещества, которые могут быть использованы при совершении АНВ;
- отсутствие мер эффективного оперативного контроля за выполнением мер транспортной безопасности;
- отсутствие в зонах уязвимости средств охранного видеонаблюдения и освещения ОТИ;
- возможность доступа нарушителей к планам ОТИ.

Характеристика нарушителя при реализации угрозы взрыва по степени значимости и вероятности проявления показателей представлена в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Характеристика нарушителя при реализации угрозы взрыва

Характеристика нарушителя		Степень значимости и вероятность проявления показателей	
Тип нарушителя	Внутренний	Одиночный	2
		Групповой	1
	Внешний	Одиночный	3
		Групповой	4
	Комбинированный		2
Тактика действий	Открытое нападение	3	
	Скрытое проникновение	3	
	Обманное проникновение	1	
Осведомленность	О целях и мотивах совершения АНВ	3	
	Высокий уровень осведомленности об ОТИ	2	
Оснащенность	Наличие вспомогательных технических средств	2	
	Наличие специальной техники	2	
	Наличие стрелкового вооружения и/или СВУ	4	
Подготовленность	Наличие тяжелого оружия, оружия массового поражения	2	
	Подготовленное физическое состояние	2	
	Устойчивое психологическое состояние	2	

Основными факторами уязвимости ОТИ, которые могут быть существенными для совершения АНВ данного вида угрозы, являются следующие:

- наличие на ОТИ потенциально опасного уязвимого элемента, известного нарушителям;
- наличие многочисленных путей доступа на ОТИ или ТС;
- возможность скрытого пересечения границ зон безопасности ОТИ;
- наличие значительного количества обслуживающего персонала;
- наличие значительного количества пассажиров;
- система охранного видеонаблюдения не позволяет распознать действия при совершении АНВ и идентифицировать нарушителя в режиме реального времени;
- низкий уровень тревожности (бдительности) сотрудников сил транспортной безопасности;
- характеристики имеющихся технических систем и средств досмотра ОТИ не позволяют в автоматическом режиме выявить и идентифицировать взрывчатые, а также иные вещества, которые могут быть использованы при совершении АНВ;
- отсутствие в зонах уязвимости ОТИ средств охранного видеонаблюдения (СОВН) и освещения;
- невозможность организации масштабных зон ограниченного доступа;
- возможность доступа нарушителей к планам ОТИ.

Характеристика нарушителя по степени значимости и вероятности проявления показателей при реализации угрозы размещения или попытки размещения взрывного устройства представлена в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Характеристика нарушителя при реализации угрозы размещения или попытки размещения взрывного устройства

Характеристика нарушителя		Степень значимости и вероятность проявления показателей	
Тип нарушителя	Внутренний	Одиночный	2
		Групповой	1
	Внешний	Одиночный	3
		Групповой	2
	Комбинированный	2	
Тактика действий	Открытое нападение		1
	Скрытое проникновение		4
	Обманное проникновение		3
Осведомленность	О целях и мотивах совершения АНВ		3
	Высокий уровень осведомленности об ОТИ		1

Окончание таблицы 1.6

Характеристика нарушителя		Степень значимости и вероятность проявления показателей
Оснащенность	Наличие вспомогательных технических средств	1
	Наличие специальной техники	1
	Наличие стрелкового вооружения и/или СВУ	4
	Наличие тяжелого оружия, оружия массового поражения	1
Подготовленность	Владение техническими средствами и оружием	3
	Подготовленное физическое состояние	2
	Устойчивое психологическое состояние	2

Основными факторами уязвимости ОТИ, которые могут быть существенными для совершения АНВ данного вида угрозы, являются следующие:

- наличие многочисленных путей доступа на ОТИ;
- возможность скрытого пересечения границ зон безопасности ОТИ;
- возможность доступа нарушителей к планам ОТИ;
- наличие на ОТИ или ТС потенциально опасного уязвимого элемента, известного нарушителям;
- характеристики имеющихся технических систем и средств досмотра ОТИ не позволяют в автоматическом режиме выявить и идентифицировать взрывчатые, а также иные вещества, которые могут быть использованы при совершении АНВ;
- невозможность организации масштабных зон ограниченного доступа;
- наличие значительного количества обслуживающего персонала;
- наличие значительного количества пассажиров;
- низкий уровень тревожности (бдительности) сотрудников сил транспортной безопасности, и т.д.

Таким образом, определяется характеристика нарушителя при реализации всех видов угроз в зависимости от степени значимости и вероятности проявления показателей нарушителя.

Согласно характеристике нарушителя при реализации рассмотренных потенциальных угроз АНВ строится диаграмма по экспертным оценкам степени значимости и вероятности проявления показателей. Показатель угрозы в баллах приведен на диаграмме – рисунок 1.4.

Результатом реализации угроз может быть:

- значительные человеческие жертвы среди персонала;
- ущерб от повреждения ОТИ и автотранспорта;
- остановка автомобильных перевозок на ОТИ.

Согласно перечню наиболее вероятных угроз АНВ и проведенной характеристики нарушителя, определяется тип нарушителя.

По данным характеристики нарушителя при реализации потенциальных угроз строится диаграмма типа нарушителя для наиболее вероятных угроз, показана на рисунке 1.5.

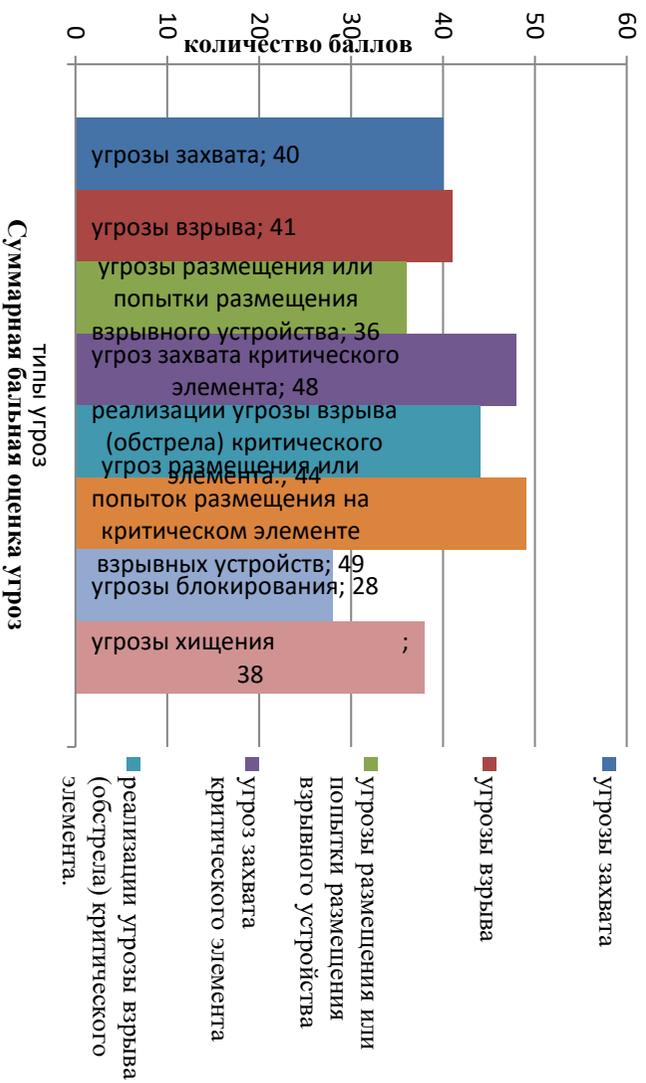


Рисунок 1.4 – Диаграмма показателя угрозы в баллах

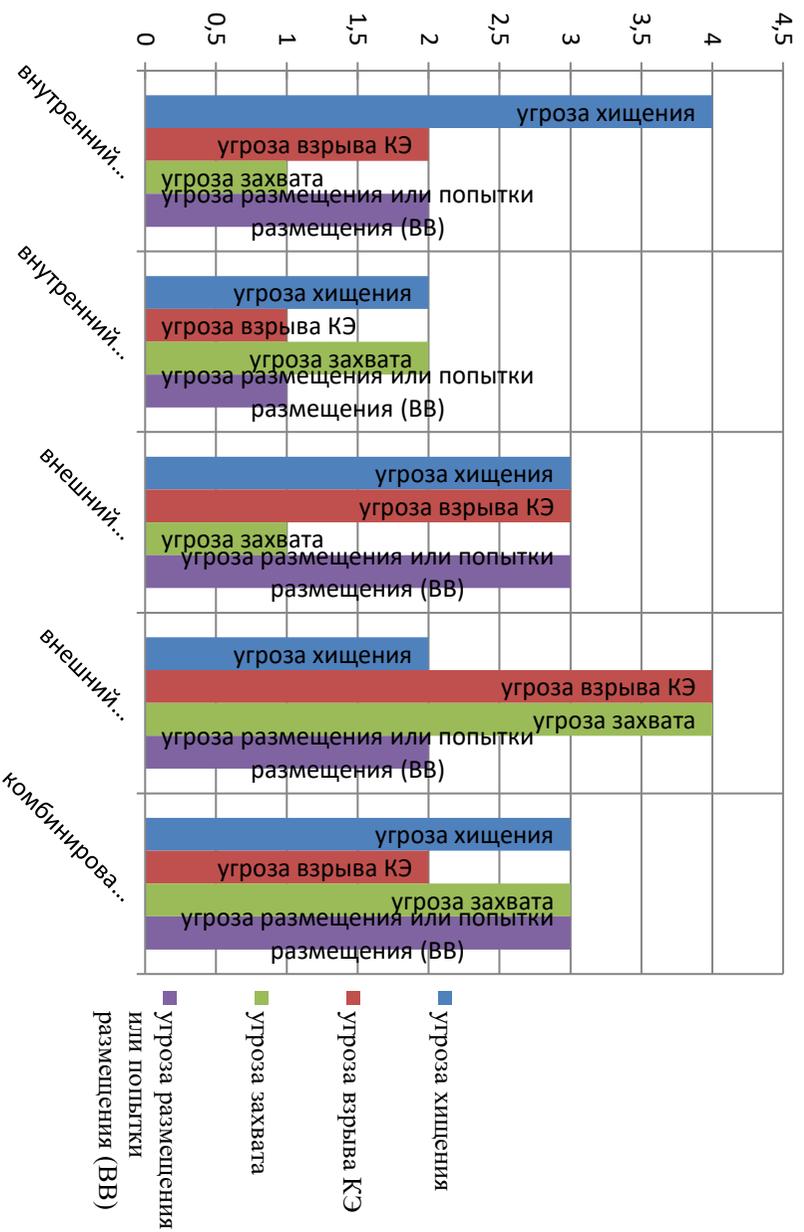


Рисунок 1.5 - Диаграмма типа нарушителя для наиболее вероятных угроз

Оценка уязвимости объекта является ключевым моментом построения системы его защиты, поскольку без корректной оценки эффективности системы обеспечения транспортной безопасности (далее – СОТБ) невозможно сформировать рациональную защиту опасных объектов транспортной инфраструктуры и обосновать необходимый перечень требований по обеспечению их безопасности.

СОТБ – это организационная структура, осуществляющая комплекс мер по обеспечению безопасности объекта или группы объектов транспортной инфраструктуры в соответствии с их категорией, требованиями по безопасности и профилем защиты, определенными на основе категориального подхода. Этот комплекс составляют нормативно-правовые, организационные, экономические, технические, аппаратно-программные и иные меры, в совокупности составляющие профиль защиты объекта.

Принимается во внимание, что каждый тип объектов имеет свою специфику, определяемую его составом, структурой и особенностями функционирования. Предполагается, что на каждый тип объектов может воздействовать определенный спектр угроз, реализуемых различными способами.

В процессе проведения оценки уязвимости определяются способы достижения нарушителями наиболее опасных для функционирования ОТИ целей, и рассчитывается вероятность пресечения АНВ нарушителей действиями сил охраны и федеральных органов исполнительной власти [2].

При рассмотрении структуры обеспечения транспортной безопасности:

- выделены основные факторы (критерии) уязвимости ОТИ от АНВ;
- определены параметры оценки уязвимости, которые определяются экспертным путем с использованием характеристики модели нарушителя, показатели которой имеют вероятностный характер и входят с определенными весовыми коэффициентами. По выставленным экспертами баллам, характеризующим модель нарушителя при определенном виде угрозы, определяется вероятность достижения нарушителем цели. Весовые коэффициенты рассчитываются на основании анализа статистических данных по имевшим место АНВ и экспертных заключений;
- установлено, что методика оценки уязвимости, осуществляемая только экспертным путем, требует усовершенствования с добавлением дополнительных параметров оценки.

## 2 Методы оценки защищенности (безопасности) ОТИ от АНВ

### 2.1 Критерии оценки уязвимости ОТИ дорожного хозяйства

Согласно Директиве ЕС 2008/114 [7] значения показателей защищенности ОТИ дорожного хозяйства (далее – ДХ) оцениваются с помощью соответствующих критериев для объектов энергетики (электроэнергия, нефть, газ) и транспорта (дорожный, железнодорожный, воздушный, речной, морской) в зависимости от вида инфраструктурного объекта. Процесс выбора объектов европейской критической инфраструктуры (далее – ЕКИ) каждой страной – участницей ЕС проведен в 2008 - 2011 годы. Количество объектов ЕКИ и предварительная оценка их «критичности» каждым государством устанавливались самостоятельно в зависимости от различных факторов в результате реализации следующего алгоритма (4 шага) действий по обнаружению ЕКИ:

- каждое государство самостоятельно выбирает критерии оценки критичности объектов инфраструктуры для разных секторов энергетики и транспорта;

- каждое государство по выбранным критериям разрабатывает методику оценки и устанавливает «потенциал критичности» объекта. Для инфраструктуры, имеющей существенное значение, должны учитываться наличие альтернатив и длительность выбытия из эксплуатации;

- каждое государство для потенциальных объектов ЕКИ рассматривает два предыдущих шага для их отдельных элементов (частей) и устанавливает их критичность, наличие альтернатив и длительность выбытия из эксплуатации;

- каждое государство распространяет секториальные критерии на остальные потенциальные объекты ЕКИ. Критерии учитывают тяжесть последствий, а для особо важных объектов – наличие альтернатив и длительность выбытия из эксплуатации.

Выбор объектов ЕКИ осуществляется на основании анализа и оценки рисков. Для каждого из объектов должен быть разработан План обеспечения безопасности. Каждое государство самостоятельно выбирает уровень допустимого риска. Временные рамки для выполнения этой работы законодательно не установлены.

Разработка методов оценки критичности объектов ЕКИ, реализации методологии риск - менеджмента для объектов транспортной инфраструктуры, например, в Германии и некоторых других странах – членах ЕС, осуществляется в рамках проектов:

- SKRIBT – защита критической инфраструктуры, мостов и тоннелей на дорогах (с 2007 г.); SKRIBT + (с 2012 г.);

- AISIS – автоматизированные системы получения информации и защита критической инфраструктуры в случае катастроф (с 2008 г.);

- RETISS (Real Time Security Management System) – защита объектов инфраструктуры в реальном времени (с 2008 г.);
- SeRoN (Security of Road Transport Networks) – защита объектов на транспортной сети Европы (с 2007 по 2013 гг.);
- SECMAN (Security Risk Management Processes for Road Infrastructures) – риск-менеджмент безопасности дорожной инфраструктуры в Европе (с 2012 г).

Основной критерий – уровень допустимого риска, который определяется как произведение вероятности события (ЧС) на величину возможного вреда здоровью, окружающей среде, имуществу от разных видов опасностей при разных сценариях развития ЧС (видах подрыва, совершения ДТП, аварии). Схема алгоритма оценки защищенности ОТИ (мосты, тоннели) в странах ЕС показана на рисунке 2.1.

Моделируется характер разрушений (потери живучести) в результате террористического акта, и обосновываются меры инженерной защиты по снижению риска на объектах ЕКИ до допустимого уровня на основании анализа «затраты - выгода».

В России процедура категорирования осуществляется для ОТИ ДХ (мосты, тоннели), которые имеют большое значение по возможным последствиям нарушения их функционирования в случае совершения террористических или криминальных актов, но не относятся к особо опасным.

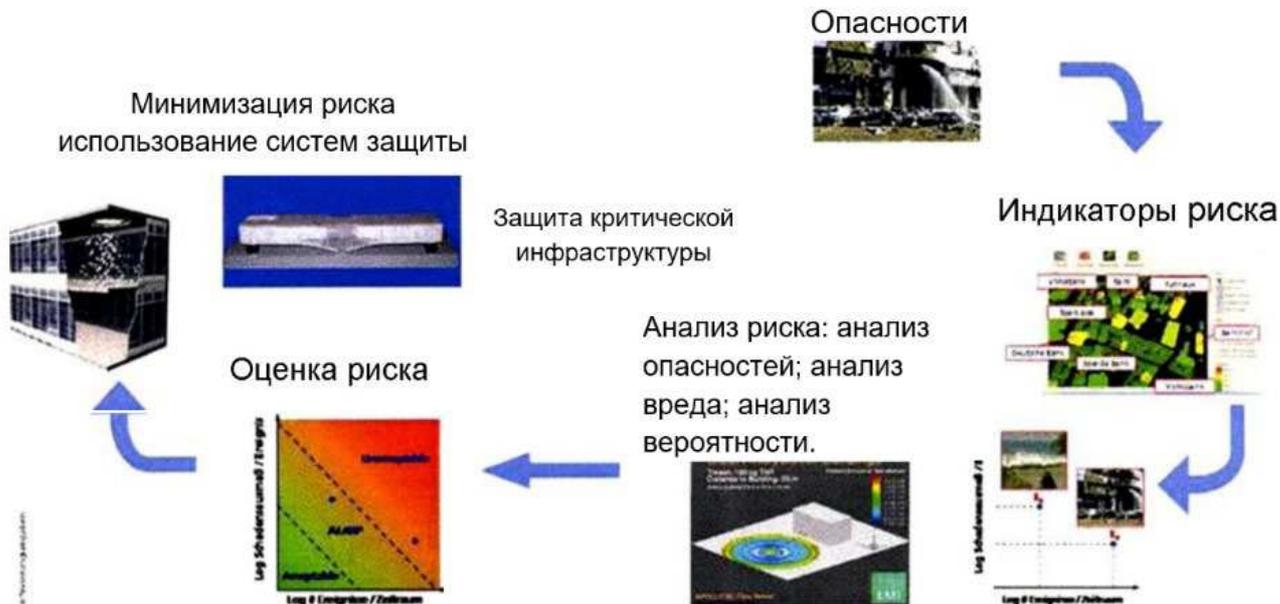


Рисунок 2.1 – Схема алгоритма оценки защищенности ОТИ (мосты, тоннели) в странах ЕС

## 2.2 Алгоритм обеспечения защищенности ОТИ ДХ в России

Перечень работ, связанных с обеспечением защищенности ОТИ от АНВ в России определен Распоряжением Правительства РФ от 05.11.2009 № 1653-р «Об утверждении перечня работ, непосредственно связанных с обеспечением транспортной безопасности».

Категорирование ОТИ являются начальным этапом в обеспечении защищенности ОТИ от АНВ.

Алгоритм оценки защищенности ОТИ ДХ предусматривает: изучение территории, на которой расположен ОТИ; типизацию ОТИ; определение критических элементов ОТИ, в отношении которых могут быть осуществлены АНВ; определение типов нарушителей и создаваемых ими угроз; определение, анализ и ранжирование возможных угроз ОТИ; формирование модели нарушителя ОТИ; формирование модели нарушителя применительно к рассматриваемому ОТИ в соответствии с определенными угрозами и/или целями нарушителей – исходные данные для оценки уязвимости ОТИ; оценку эффективности существующей системы безопасности ОТИ (оценку степени уязвимости).

В процессе проведения оценки уязвимости определяются способы достижения нарушителями наиболее опасных для функционирования ОТИ целей, и на основании экспертных оценок рассчитывается вероятность пресечения несанкционированных действий нарушителей действиями сил охраны и/или федеральных органов.

В таблице 2.1 приведен перечень факторов, способствующих и облегчающих нарушителю реализацию АНВ на ОТИ ДХ.

Таблица 2.1 – Перечень факторов, способствующих и облегчающих нарушителю реализацию АНВ на ОТИ ДХ

№ фактора	Содержание фактора
1	Недостатки нормативных правовых документов по обеспечению безопасности (ОБТ) (положение о службе безопасности ОТИ и ТС, должностные инструкции по ОБТ и т.п.)
2	Недостаточная степень укомплектованности служб системы ОБТ ОТИ/ТС
3	Недостаточная степень квалификации персонала ОТИ и ТС и системы его ОБТ
4	Наличие сотрудников ОТИ и ТС и системы его ОБТ, по тем или иным причинам склонных и способных к противоправным действиям
5	Низкий уровень производственной дисциплины персонала ОТИ/ТС и СОБТ
6	Особенности характеристик ОТИ и ТС (район расположения, топологии, состав конструктивных элементов и т.п.)
7	Особенности технологических процессов, реализуемых на ОТИ и ТС, наличие на нем легко воспламеняющихся и взрывоопасных материалов
8	Особенности климатических и природных условий, рельефа в районе расположения ОТИ и ТС и т.п.

## Окончание таблицы 2.1

№ фактора	Содержание фактора
9	Наличие граничной инфраструктуры (в частности, автомобильных и железных дорог)
10	Большая величина грузопотока и пассажиропотока на ОТИ и ТС
11	Недостатки инженерно-технических средств системы ОБТ ОТИ и ТС
12	Наличие уязвимых мест и путей проникновения нарушителей на территорию ОТИ
13	Наличие на ОТИ и ТС потенциально опасного уязвимого элемента, известного нарушителям
14	Недостатки системы информационной безопасности ОТИ и ТС
15	Ненадлежащее состояние периметра контролируемой зоны ОТИ и ТС

Наличие факторов 1, 3, 12, 13, 14, 15 определяется по результатам учений и тренировок персонала системы ОБТ ОТИ и ТС, а также по результатам анализа имевших место АНВ в его деятельность.

Наличие факторов 2, 9, 10 представляет собой детерминированную информацию для данного ОТИ и ТС.

Наличие фактора 4 применительно к текущей обстановке (экономической, социальной, политической, криминальной) определяется по результатам анализа характеристик персонала ОТИ и ТС и системы его ОБТ соответствующими компетентными органами.

Наличие факторов 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15 облегчающих нарушителю реализацию АНВ, оценивается экспертами (специалистами по ОБТ) применительно к особенностям каждого характерного для ОТИ и ТС АНВ.

Наличие фактора 11 оценивается специалистами по инженерно-техническим средствам системы ОБТ как на основе инженерных расчетов, так и по результатам учений и тренировок персонала с применением этих средств, в виде, например, характеристик их технической надежности (вероятности безотказной работы на заданном интервале времени, времени наработки на отказ и т.п.); функциональных характеристик (вероятности обнаружения нарушителя при попадании его в зону действия систем охранной сигнализации, вероятности обнаружения запрещенных предметов рентгенотелевизионными интроскопами, металлоискателями, аппаратурой для обнаружения взрывчатых веществ и т.п.).

Приведенные факторы должны уточняться по отношению к каждому конкретному ОТИ в зависимости от его специфических характеристик (района расположения и топологии, выполняемых задач и технологических процессов), видов характерных для него АНВ, прогнозируемых алгоритмов реализации АНВ и технических средств, используемых при этом нарушителем, и т.п.

В методике [6] для предварительной оценки важности (значимости, привлекательности) мостов для совершения АНВ используются критерии оценки их текущего состояния, значения которых определяются экспертно.

В таблице 2.2 показаны критерии оценки текущего состояния мостов для

оценки уязвимости при совершении АНВ.

Таблица 2.2 – Критерии оценки текущего состояния мостов для оценки уязвимости при совершении АНВ

Наименование критерия (весомость)	Оценочные измерители	Источник информации
Избыточность $K_u$ (0,05)	Наличие альтернативных маршрутов объезда	
	Протяженность альтернативных маршрутов объезда	
	Количество и вместимость альтернативных видов транспорта	
Надежность $K_n$ (0,45)	Надежность конструкции	Конструкция, экспертные оценки
	Расчетная нагрузка	Расчетная нагрузка
	Тип конструкции	Тип конструкции, основная конструкция, пролеты
	Разрушение критических элементов	Критическая проверка функций, экспертные инженерные оценки
	Рейтинги компонентов моста	Рейтинг состояния, эксплуатационный и инвентаризационный рейтинги
	Надежность материалов моста	Используемые материалы
Устойчивость $K_y$ (0,05)	Факторы, отражающие реагирование на инцидент (время в пути экстренных служб, количество и состав групп реагирования в часовой досягаемости, наличие групп устранения последствий аварий с опасными грузами, наличие больниц, медпунктов)	
	Факторы, влияющие на время ремонта (длина моста, высота моста, водная преграда)	Конструкционная длина, максимальная длина пролета, минимальный вертикальный зазор, тип объектов под мостом, минимальные вертикальные навигационные зазоры
Безопасность $K_b$ (0,45)	Контроль доступа (ограждение, замки, идентификационные системы и т.д.)	
	Мониторинг и обнаружение (камеры, датчики и т.д.)	

Уровень текущего состояния моста на предмет его «непривлекательности» для АНВ оценивается по формуле

$$P = P_u \cdot K_u + P_n \cdot K_n + P_y \cdot K_y + P_b \cdot K_b, \quad (2.1)$$

где  $P_u$ ,  $P_n$ ,  $P_y$ ,  $P_b$  – относительные значения показателей избыточности, надежности, устойчивости и безопасности, балл (от 0 до 1), устанавливаются экспертами на основании парного сравнения с аналогичными показателями для идеального варианта, у которого значения всех показателей равны 1. Чем выше

значение  $P$ , тем меньше «привлекательность моста» для осуществления АНВ.

При этом надежность моста может оцениваться с использованием методики, изложенной в ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету» [2]. Строительные конструкции и основания следует рассчитывать по методу предельных состояний. Основа метода – прогнозирование возможности безотказной работы конструкций и оснований с учетом изменчивости свойств материалов, грунтов, нагрузок и воздействий, геометрических характеристик конструкций, условий их работы, а также степени ответственности (и народнохозяйственной значимости) проектируемых объектов, определяемой материальным и социальным ущербом при нарушении их работоспособности. Предельные состояния подразделяются на две группы:

- первая группа включает в себя предельные состояния, которые ведут к полной непригодности к эксплуатации конструкций, оснований (зданий или сооружений в целом), или полной (частичной) потере несущей способности зданий и сооружений в целом;
- вторая группа включает в себя предельные состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию конструкций (оснований) или уменьшающие долговечность сооружений по сравнению с предусматриваемым сроком службы.

Предельные состояния, по которым требуется выполнять расчеты, определяются стандартами на проектирование, но эти стандарты не предусматривают учет особенностей разрушения мостов в результате террористических актов.

В процессе проведения оценки уязвимости определяются способы достижения нарушителями наиболее опасных для функционирования ОТИ целей, и рассчитывается вероятность пресечения АНВ нарушителей действиями сил охраны и/или федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ). Формируемая модель нарушителя является исходными данными для оценки уязвимости ОТИ и оценки эффективности КИТСО ОТИ.

Основными исходными данными для проведения оценки риска на всех этапах оценки уязвимости ОТИ в методике [6] являются статистика, экспертные заключения, а инструментами – опросы, обзоры, иерархическое моделирование, матрица тяжести. Из рассмотрения исключены методы математического, имитационного моделирования, оценки уровня разрушений с помощью метода конечных элементов, тяжести последствий с использованием имитационных моделей поведения пользователей, т.е. те инженерные методы, которые широко используются за рубежом для оценки уязвимости ОТИ и в нашей стране при оценке рисков защищенности критически важных объектов (КВО) энергетики, других отраслей.

В России накоплен уникальный практический опыт в области разработки физических и агентурных методов пресечения угроз на опасных производственных объектах. В методике [6] он реализован в полном объеме.

В России оценка уязвимости ОТИ проводится специализированными организациями. Перед проведением работ по оценке уязвимости формируется рабочая группа, состоящая из необходимых специалистов, имеющих соответствующую категорию допуска к информации об объекте. Из числа представителей аккредитованной специализированной организации назначается руководитель рабочей группы. В рабочую группу могут включаться сотрудники и/или эксперты ОТИ, специалисты по обеспечению транспортной безопасности, сотрудники подразделений безопасности ОТИ, другие эксперты и консультанты. Число участников рабочей группы, а также необходимость привлечения экспертов и консультантов определяются масштабом ОТИ и необходимостью анализа соответствующих вопросов безопасности ОТИ. Количество членов рабочей группы не может быть менее 3 (трех) человек.

Количественная оценка выполнения требований по обеспечению защищенности (безопасности) ОТИ осуществляется по четырехбалльной системе:

- 1 балл – «необязательно», проставляется в случае, если данная характеристика полностью не соответствует требованиям по обеспечению безопасности;

- 2 балла – «вероятно», проставляется в случае, если данная характеристика выполняется более чем на 30% от предъявляемых требований по обеспечению безопасности;

- 3 балла – «скорее всего», проставляется в случае, если данная характеристика выполняется более чем на 60% от предъявляемых требований по обеспечению безопасности;

- 4 балла – «почти в каждом случае», проставляется в случае, если данная характеристика выполняется более чем на 90% от предъявляемых требований по обеспечению безопасности.

При определении оценки (степени) соответствия системы, принятых на ОТИ мер по защите от АНВ требованиям по обеспечению безопасности за единицу принимается ее соответствие в полном объеме требованиям по обеспечению безопасности. Соответствие степени защищенности ОТИ от угроз совершения АНВ предъявляемым требованиям по обеспечению безопасности определяется для организационной системы, ИТС и сил охраны по отдельности по формуле:

$$P = Y^2 / 16n^2, \quad (2.2)$$

где  $n$  – количество выставленных оценок;

$Y$  – сумма выставленных оценок.

Показателем степени защищенности ОТИ является вероятность  $P_{анв}$  недопущения АНВ

$$P_{анв} = P_{об} \cdot P_{np} = P(O > T/A), \quad (2.3)$$

где  $T$  – возможности нарушителей (количество, оснащенность, подготовленность и способы действий – модель нарушителя);

$O$  – возможности сил охраны ОТИ;

$A$  – совокупность факторов, влияющих на защищенность объекта: физико-географические условия размещения объекта; архитектурно-планировочные решения; инженерно-техническая укрепленность; «привлекательность» для совершения АНВ; оснащенность объекта ИТСО (номенклатура, тактико-технические характеристики, количество, техническое состояние);

$P_{об}$  – вероятность своевременного обнаружения нарушителей и прибытия сил охраны к критическому элементу ОТИ (вероятность прерывания АНВ);

$P_{пр}$  – вероятность успеха сил охраны в противодействии нарушителям при условии их своевременного прибытия к критическому элементу.

Величина  $P_{об}$  зависит от вероятности обнаружения нарушителей при их движении к цели, вероятности верного определения масштаба вторжения и своевременного принятия решения на применение сил реагирования, скорости движения нарушителя, т.е. характеристик факторов, составляющих вектор  $A$ . Основным управляемым фактором – обеспеченность инженерно-техническими средствами охраны (ИТСО), препятствующими осуществлению противоправных действий нарушителя в отношении ОТИ. ИТСО определяют своевременность прибытия сил охраны к критическому элементу объекта. Достаточная на рассматриваемом временном интервале при существующем уровне угрозы совершения АНВ, принятой модели нарушителя, экономических, временных и иных ограничениях для руководства ОТИ, комплектация объекта ИТСО закрепляется в форме требуемой обеспеченности – степени фактической оснащенности объекта ИТСО  $N$  по отношению к требуемой (планируемой или рекомендуемой)  $N_m$ ,  $a = N/N_m$ .

Коэффициенты относительной значимости (веса) отдельных типов ИТСО пропорциональны их стоимости. Если ИТСО устанавливались в разное время, то их стоимость в момент приобретения необходимо пересчитать на момент оценки. Для уникальных, особо важных объектов, требующих использования специально разработанных ИТСО, коэффициенты относительной значимости определяются экспертами. Зависимость  $P_{об}$  от  $a$  является монотонно возрастающей и меняется от начальной оснащенности при  $a = 0$  до требуемой при  $a = 1$ , т.е. когда фактическая степень обеспеченности ИТСО соответствует требуемой:

$$P_{об}(a) = 1 - \exp\{-2,2(a + 0,05)\}, \quad (2.4)$$

Значения начальной (без ИТСО) и нормативной (при нормативном оснащении объекта комплексом ИТСО) защищенности определяются разработчиком ТЭО либо теоретико-вероятностным методом с помощью имеющихся программных средств, возможно подкрепленных данными учений

либо экспертными заключениями.

Показателем физической защищенности ОТИ подразделением охраны является величина  $P_{np}$ . В отличие от первой составляющей защищенности ее установление не требует изучения конкретного объекта и определяется соотношением сил охраны и нарушителей. Вероятность положительного исхода противодействия нарушителям для подразделения охраны определяется в соответствии с уравнением Ланчестера-Осипова:

$$P_{np} = 1 - (1 - P_0)^k, \quad (2.5)$$

где  $k$  – коэффициент превосходства сил охраны;

$P_0 = 0,5$  – вероятность их успеха при равных возможностях ( $k = 1$ ) с нападающей стороной.

Для характеристики превосходства защищающейся стороны обычно учитывают количество охранников и нарушителей, а также коэффициенты превосходства охранников над нарушителями по вооруженности и подготовленности. Эксперты должны определить, какому количеству охранников (при известном уровне подготовленности) эквивалентен в среднем один нарушитель (обычно один нарушитель эквивалентен двум охранникам).

При невозможности количественной оценки  $P_{анв}$  проводится качественно-количественная оценка защищенности ОТИ с использованием качественно-количественной шкалы и экспертного оценивания. Ее можно делать как в целом по защищенности объекта от АНВ, так и по отдельным составляющим показателя –  $P_{об}$  и  $P_{np}$ . Так, в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке достаточности мероприятий по физической защите и охране предприятий и организаций от существующих и прогнозируемых диверсионных и террористических угроз внутреннего и внешнего характера», защищенность объекта  $P_{об}$  оценивается по степени соответствия его оборудования предъявляемым требованиям по физической защите и охране. Трех категориям состояния оборудования объекта средствами физической защиты и охраны ставится в соответствие три класса его защищенности, показано в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Категории объектов охраны по защищенности, определяемой по степени ее соответствия предъявляемым требованиям

Значение $a$ , % соответствия оснащения объекта предъявляемым требованиям	Качественно-количественная оценка (категория) защищенности $P_{об}$
$a < 50$	1
$50 < a < 80$	2
$a > 80$	3

Количественно уязвимость объекта оценивается с использованием приведенных выше данных по формуле:

$$O_{анв} = 1 - P_{анв} = P(T \geq O/A) = Q_{об} + (1 - O_{об}) O_{пр}, \quad (2.6)$$

где  $Q_{об} = 1 - P_{об}$  - вероятность для нарушителей достичь критического элемента объекта первыми;

$Q_{пр} = 1 - P_{пр}$  - вероятность успеха нарушителей при оказании противодействия силами охраны.

В таблице 2.4 приведена рекомендуемая качественно-количественная шкала уязвимости при оценке защищенности ОТИ.

Таблица 2.4 – Рекомендуемая качественно-количественная шкала уязвимости при оценке защищенности ОТИ

Уровень (степень) уязвимости	Степень достижения цели нарушителями при проведении АНВ	Критерии	
		Качественный	Количественный - по вероятности достижения цели нарушителями $Q_{об}$ , АНВ/ (объект-действие)
1	Невероятно	Требования к защите объекта выполнены полностью. Цели действий нарушителей в отношении объекта могут быть достигнуты (АНВ совершен) только при исключительных обстоятельствах - абсолютно неуязвимый объект	$Q_{об} < 10^{-2}$
2	Маловероятно	Требования к защите объекта выполнены более чем на 90%. Цели действий нарушителей в отношении объекта могут быть достигнуты в редких случаях, но объект нельзя исключать из рассмотрения - практически неуязвимый объект	$0,01 < Q_{об} < 0,1$
3	Вероятно	Требования к защите объекта выполнены на 50-90%. Цели действий нарушителей в отношении объекта могут быть достигнуты в некоторых случаях - слабо уязвимый объект	$0,1 < Q_{об} < 0,5$
4	Весьма вероятно	Требования к защите объекта выполнены на 10-50%. Цели действий нарушителей в отношении объекта будут достигаться в большинстве случаев - уязвимый объект	$0,5 < Q_{об} < 0,9$
5	Почти наверняка	Требования к защите объекта выполнены менее чем на 10 %. Цели действий нарушителей в отношении объекта будут достигаться почти всегда - абсолютно уязвимый объект	$Q_{об} - 0,9$

Примерный перечень обоснованных технических мер по обеспечению защищенности ОТИ (моста) на магистрали приведен на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Примерный перечень обоснованных технических мер по обеспечению защищенности ОТИ (моста) на магистрали [17]

### 2.3 Алгоритм оценки защищенности ОТИ ДХ в США

Принятая в США система обеспечения безопасности ОТИ ДХ строится на основе оценки и управления рисками [8, 9, 20, 21]. Оценка рисков включает в себя объединение информации, касающейся угроз, уязвимости объектов и возможных последствий. Управление рисками базируется на организации мер защиты на основании выработки стратегии снижения рисков. Многие модели разработаны с учетом использования имеющихся ресурсов на основе критерия «эффективность-стоимость». Критическая важность объекта учитывает не только масштаб эффекта нарушения его функциональности, но и время, необходимое на его восстановление. В США принята следующая система иерархии уровней угроз:

- № 4. Минимальная угроза. Предупреждения об угрозах не влияют на

функционирование органов и объектов (все ведомства действуют в повседневном режиме).

- № 3. Потенциальная угроза. Разведывательные или другие источники свидетельствуют о возникновении потенциальной угрозы нападения, однако она не рассматривается как неизбежная.

- № 2. Вероятная или правдоподобная угроза. Проведенные оценки угрозы подтверждают ее существование, возможность наличия у террористов оружия массового поражения и вероятность его применения. Аналитики проводят оценку каждой угрозы, для которой требуется реагирование федеральных органов управления. В соответствии с этим уровнем угрозы ситуация требует проверки готовности сил и средств к реагированию на ЧС с целью их предотвращения или предупреждения. Федеральные органы сосредотачивают свое внимание на проведении мероприятий по обеспечению безопасности. Проводится подготовка и моделирование возможных действий при развитии ситуации по тому или иному сценарию.

- № 1. Чрезвычайная ситуация. Произошел террористический акт или природный катаклизм, который требует немедленного проведения идентификации, оценки и планирования процесса использования федеральных ресурсов и согласованной работы органов различного уровня, привлечения ресурсов для снижения до минимума последствий происшествия. При этом предполагается наличие жертв и ставится задача снизить их количество.

В приведенной ниже методике ААSНТО [9] исходной информацией для оценки защищенности (уязвимости) моста является его двухуровневое ранжирование по потенциальной уязвимости на основании анализа конструкционных и других особенностей для обоснования защитных мероприятий от АНВ, включающее в себя расстановку приоритетов и оценку рисков.

На первом этапе при первичном ранжировании приоритетность проведения защитных мероприятий от АНВ мостов (и одновременно их условное категорирование по степени уязвимости) устанавливается на основании оценок:

- вероятности массовых жертв с учетом суточной интенсивности движения и связанных с ней пиковых значений;
- критичности для экстренной эвакуации и реагирования на ЧС;
- наличия альтернативных маршрутов проезда адекватной пропускной способности;
- информационного потенциала для широкого освещения средствами массовой информации и общественных реакций;
- символического значения (насколько объекты важны для страны и общества);
- многофункциональности мостов при совмещении автомобильного и железнодорожного движения по мосту;
- важности для военной мобилизации;

- вероятности вторичного ущерба (землям, водным и железнодорожным путям, а также объектам инфраструктуры и коммунального хозяйства);
- максимальной длины одного пролета как характеристики времени, необходимого для замены (восстановления) объекта;
- объема грузо- и пассажиропотоков для учета экономических последствий;
- размеров моста (характеристика времени/стоимости замены);
- значимости доходов (например, пошлины, тарифов), связанных с объектом;
- стратегического расположения (на пограничных переходах).

Второй этап представляет собой оценку риска высокоприоритетных мостов, выбранных из первичного списка приоритетов, для определения уязвимости и оценки контрмер для предотвращения атак и/или повреждений. Оценка риска уязвимости моста от АНВ  $RS$  в общем виде определяется по формуле

$$RS = IF \cdot OFi \cdot VFi, \quad (2.7)$$

где  $OFi$  – фактор опасности - вероятность наступления АНВ для угрозы  $i$ ;

$VFi$  – фактор уязвимости для угрозы  $i$ ;

$IF$  – фактор важности, значимости.

Фактор вероятности появления  $OFi$  – мера относительной вероятности реализации угрозы (АНВ). В общем виде уравнения риска фактор опасности риск - ориентирован и будет изменяться в зависимости от характера опасности. Фактор рассчитывается как комбинация следующих параметров: уровень доступа; уровень безопасности; видимость и привлекательность объекта; отклик общественности в случае нападения; количество случаев, когда объект находится под угрозой в прошлом. Этот фактор обычно определяется действиями правоохранительных и разведывательных служб, знакомых с угрозой и оперативными мерами безопасности.

Фактор уязвимости  $VFi$  – мера последствий для объекта и пассажиров с учетом возникновения угрозы  $i$ . Уязвимость показывает, сколько объектов или человек будет повреждено или уничтожено, на основании структурных откликов на определенный риск. Фактор рассчитывается как сочетание следующих параметров: ожидаемый ущерб объекту; ожидаемое время простоя или закрытия объекта; ожидаемое число жертв. Этот фактор обычно зависит от инженерного анализа и экспертизы.

Фактор важности (значимости)  $IF$  – мера социально-экономического воздействия на работу объекта. Важность является характеристикой объекта, а не опасности и показывает последствия для региона в случае уничтожения или повреждения ОТИ. Обычно важность определяется эксплуатационными службами объекта, финансируемыми государством и способными привлечь правоохранительные и разведывательные службы для обеспечения

безопасности. Фактор рассчитывается как комбинация следующих параметров: историческое и символическое значение; стоимость восстановления; значимость как маршрута экстренной эвакуации; важность для региональной экономики и транспортной сети; годовой объем перевозок; уязвимость производственных объектов, прилегающих к мосту; военное значение; количество человек на объекте.

Контрмеры, которые уменьшают риск, связанный с объектом, могут быть нацелены на снижение фактора возникновения (например, уменьшение возможности доступа к объекту); фактора уязвимости (повышение прочности конструкции для сокращения повреждений) или фактора важности (строительство еще одного моста для снижения зависимости от объекта). Риск АНВ и его последствий на критичных мостах схематично представляется в виде комбинации вышеуказанных факторов на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – Риск АНВ и его последствий на критичных мостах

Весовые коэффициенты используются для объединения показателей, которые составляют каждый из факторов, перечисленных выше. Они разработаны с использованием процедуры парного сравнения, когда каждый эксперт из группы принятия решений присваивает числовое значение относительного влияния одного показателя на другой. Баллы усредняются и используются для вычисления весовых коэффициентов, которые затем анализируются всей группой и пересматриваются, пока все эксперты не будут удовлетворены результатами. После того как весовые коэффициенты будут приняты, для каждого ОТИ необходимо:

- вычислить фактор важности, формула (2.7 а), путем присвоения значений показателям, которые вносят вклад в этот фактор;
- выявить уязвимые элементы объекта;

- определить реальные угрозы для каждого элемента;
- вычислить факторы появления, формула (2.7 b), и уязвимости, формула (2.7 c), для каждой угрозы путем присвоения значений показателей, влияющих на эти два фактора;
- оценить риск, формула (2.7), для ОТИ в виде комбинации факторов значимости, появления и уязвимости.

Ниже приведен список наиболее вероятных тактик и угроз мостовым сооружениям при террористических актах:

- самодельные взрывные устройства на ТС – бомбы на основе транспортных средств: бомбы-автомобили, применяющиеся в отношении критических элементов, доступных с земли, и бомбы-лодки - в отношении элементов, доступных с воды.

- закладываемые вручную взрывные устройства – контактные взрывные устройства, такие как подрывные и кумулятивные заряды, которые обычно используются инженерами и гражданскими экспертами при сносе зданий.

- взрывобезопасные режущие инструменты – любые невзрывные устройства, такие как пилы, шлифовальные машины и горелки, которые могут быть использованы для разрушения конструкции.

- транспортные воздействия – похожи на 1 (но без взрывчатки); к ним относятся как наземные, так и водные транспортные средства.

- пожар. Масштаб пожара и продолжительность могут привести к потере жесткости и прочности критических элементов моста. Например, пожар, вызванный аварией автоцистерны на мосту вблизи от критических элементов.

Анализ структурных элементов мостов и их поведение под действием взрыва рассматриваются как основная характеристика при выборе наиболее эффективных мер смягчения последствий террористических атак путем повышения живучести конструкции. Для этого используются данные, приведенные на рисунках 2.3 и 2.4.

На рисунке 2.3 [8] отражена зависимость избыточного давления взрыва (фунт/кв. дюйм) от расстояния до критической точки и от удельной массы взрывчатого вещества. Тяжесть и вероятность угрозы являются критериями выбора контрмер, которые определяются в зависимости от ожиданий и целей. Они должны учитывать сценарии реализации угрозы, количество жертв, объемы повреждений и сроки восстановления.

На рисунке 2.4 [8] показаны последствия распространения взрывной волны в результате террористического акта на ОТИ в зависимости от расстояния от эпицентра взрыва. Максимальный ущерб здоровью людей причиняется осколками стекла и повреждением конструкций ОТИ, находящихся на нем АТС.

Процесс выбора включает в себя следующие этапы:

- 1) Задается посчитанный с помощью OVI модели (2.7) риск  $RS$  для моста (существующего или проектируемого).

## 2) Определение угроз

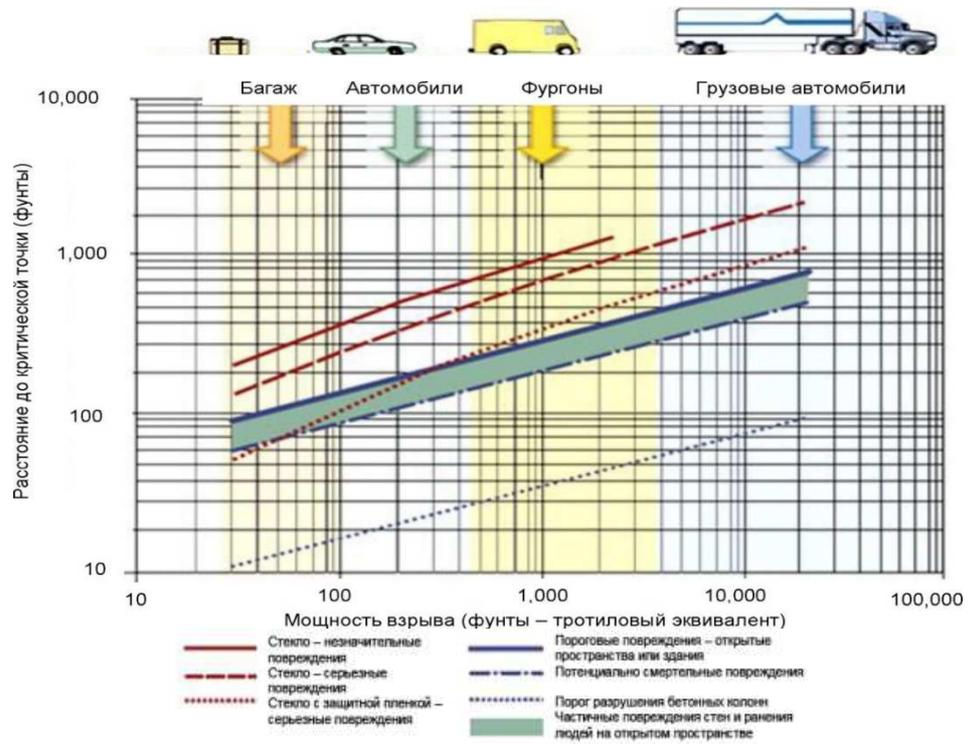


Рисунок 2.3 – Зависимость избыточного давления взрыва (фунт/кв. дюйм) от расстояния до критической точки и от удельной массы взрывчатого вещества

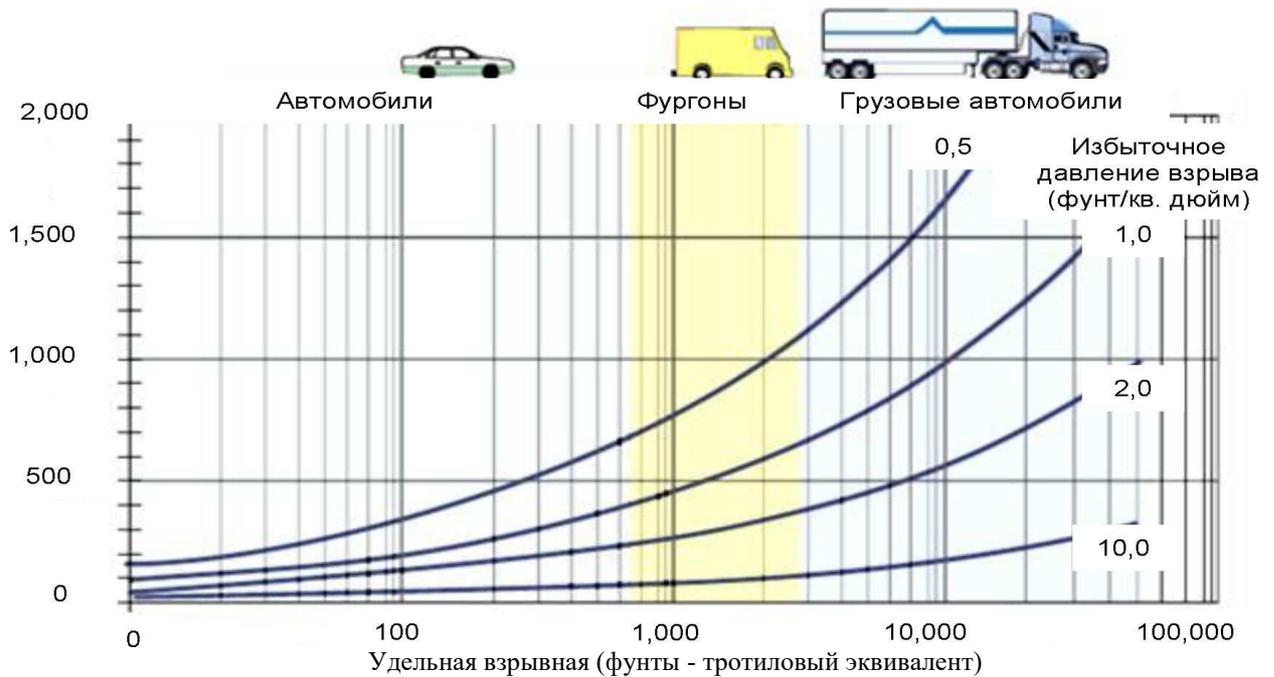


Рисунок 2.4 – Последствия распространения взрывной волны в результате террористического акта на ОТИ в зависимости от расстояния от эпицентра взрыва

Самой серьезной из потенциальных угроз является возможность полного разрушения конструкции. В этом случае лучшей контрмерой является предотвращение осуществления угрозы. К другим угрозам относятся менее мощные взрывы, столкновения и пожары. Источники и масштабы угроз представлены в таблице 2.8 [20].

Таблица 2.8 – Источники и масштабы угроз на мостах

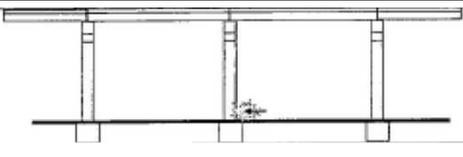
Тип угрозы	Максимально возможное количество вещества	Наиболее вероятный участник
Обычные взрывчатые вещества	Грузовик* (20 000 фунтов) Баржа (40 000 фунтов)	Автомобильная бомба** (500 фунтов)
Столкновения с конструктивными элементами (размер АТС, которое может повредить конструкцию)	Грузовик полной массой 100 000 фунтов Судно в зависимости от водного пути	Грузовик Судно
Пожар	Крупнейшая существующая емкость с топливом или газовый баллон Топливная баржа или танкер	Бензиновый грузовик Топливная баржа
Химические / биологические (опасные) грузы	Эти угрозы существуют, однако не оценивались количественно	

\* – максимально возможное количество обычного взрывчатого вещества. Для грузовых АТС – на основании данных о крупнейших террористических актах со взрывом грузовиков. Для баржи – основываясь на предположении о максимальном количестве взрывчатки, которое можно провезти незамеченным для служб безопасности по водным путям.

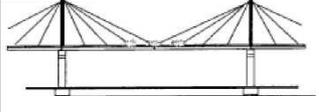
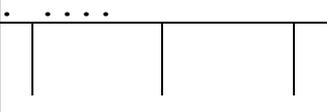
\*\* – размер заряда взрывчатого вещества, который можно спрятать в багажнике автомобиля без возможности обнаружить при визуальном осмотре

В таблице 2.9 приведены возможные сценарии развития террористических атак на мостах (способы доставки и наиболее уязвимые места для закладки взрывчатых веществ) [20].

Таблица 2.9 – Возможные сценарии развития террористических атак на мостах

Схема	Боезаряд	Расположение	Ожидаемые повреждения
1	2	3	4
	Взрывчатое вещество, заложенное вручную	Основание колонны	Разрушение основания колонны, повреждение фундамента, образование воронки, обвал двух пролётов
	Взрывчатое вещество, заложенное вручную	Гнездо концевой опоры	Разрушение концевой опоры и обвал одного пролёта

### Окончание таблицы 2.9

1	2	3	4
	Взрывчатое вещество, заложённое вручную	Анкерные крепления тросов	Разрушение анкерного крепления и обвал одного или более пролётов
	Бензовоз/ взрывное вещество, заложённое в автомобиль	Проезжая часть	Разрушение поверхности, дробление стоек, длительное горение, обвал одного или более пролётов
	Большегрузный самосвал	Опора моста	Разрушение опоры, возможен пожар, обвал двух пролётов
	Корабль / баржа	Опора моста	Разрушение опоры, обвал одного или более пролётов

В таблице 2.10 показаны критические элементы различных типов мостов, которые являются уязвимыми для указанных на рисунках 2.3 и 2.4 и в таблицах 2.8 и 2.9 угроз и взрывных нагрузок.

Таблица 2.10 – Критические элементы различных типов мостов [32]

Критические элементы	Балочный мост	Ферменный мост	Подвесной мост	Вантовый мост	Арочный мост	Плита
Балки	X					
Соединения концов тросов	X					
Подвесы	X					
Настил	X	X	X	X	X	X
Опора	X	X	X	X	X	X
Береговой устой	X	X	X	X	X	X
Опорная поверхность, седло	X	X			X	X
Верхний пояс фермы		X				
Нижний пояс фермы		X				
Диагонали		X				
Соединения		X			X	
Крепления						
Основные кабели			X			
Поддержки			X			
Седло кабеля			X	X		
Якорь кабеля			X	X		
Опоры пилона			X	X		
Распорки (стойки) пилона			X	X		
Ванты				X		
Арки					X	
Стяжки					X	

### 3) Определение последствий

На основании потенциальных угроз для моста необходимо определить возможные последствия, если угрозы осуществляются. Если последствия являются приемлемыми, то может быть принято решение ничего не

предпринимать. Если последствия являются неприемлемыми, то реализуются два варианта действий:

- уменьшение угрозы – меры, которые могут быть приняты в краткосрочной перспективе (3-6 месяцев) с целью уменьшить привлекательность объекта или запретить доступ на объект с помощью технических средств, оперативных и физических мер;

- смягчение последствий – действия относятся к средне - и долгосрочным по времени. Они позволяют уменьшить ущерб в результате потери жизни, имущества, функциональности и экономической жизнеспособности путем совершенствования конструкции, инженерных мер и оперативных стратегий. Поэтому при реализации необходим детальный инженерный анализ оценки уязвимости и статистический анализ конкретных объектов и предполагаемых угроз этим ОТИ. Затем производится оценка стоимости снижения угрозы или смягчения последствий и пересчет риска по формуле (2.7) с учетом рекомендованных контрмер, чтобы убедиться, что после снижения риск достигнет приемлемого безопасного уровня. В результате получается ранжированный список мероприятий, который показывает преимущества реализации каждой из контрмер. Расходы (с точки зрения капитальных затрат, эксплуатации и технического обслуживания и разрушения) рассчитываются параллельно и используются вместе с этими результатами при анализе затрат и выгод для определения окончательного списка мер по смягчению последствий. Перед разработкой окончательного ранжированного списка контрмер необходимо рассматривается несколько промежуточных результатов для того, чтобы окончательные результаты были более достоверными и применимыми на практике.

4) Сравнение затрат и выгод (снижение риска) для комбинаций контрмер и стратегий в рамках назначенного анализа сценариев

При определении затрат и выгод анализ включает в себя расходы, связанные с увеличением стоимости для пользователей, и экологические и энергетические последствия, если объект будет разрушен или серьезно поврежден. В качестве альтернативного критерия приемлемости можно рассматривать, в какие сроки будет пущен восстановленный объект. Например, если временные рамки составляют 13 дней, то можно определить тип угрозы (от автомобиля, плавсредства и т.д.) или объем взрывчатых веществ, способный потенциально вызвать такие повреждения, и выбрать контрмеры для снижения этой угрозы.

Рекомендации по выбору мероприятий базируются на двух основных стратегиях: снизить угрозу (предотвратить доступ террористов) или смягчить последствия (уменьшить эффект от атаки), либо применить оба этих варианта. Результаты ранжирования мер по смягчению последствий АНВ в зависимости от соотношения выгоды / затраты приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Результаты ранжирования мер по смягчению последствий АНВ в зависимости от соотношения выгоды / затраты [9]

№ п./п.	Элемент	Снижение риска	Стоимость (тыс. \$)
1	Главные пролеты	0,07	108,718
2	Подъезды	0,15	32,686
3	Пролеты	0,30	30, 869
4	Основание главной опоры	0,32	13,937
5	Основные опоры	0,10	12,048
6	Опора главного пролета	0,02	5,891
7	Анкерный элемент	0,10	2,840

Данный методический подход может быть использован при оценке уязвимости ОТИ и обосновании рекомендаций по повышению защищенности мостов на основе использования методологии риск-менеджмента.

Реализация методологии риск-менеджмента невозможна без количественной оценки риска, представляющего произведение вероятности совершения неблагоприятного события (АНВ) на величину вреда (ущерба) людям, имуществу, окружающей среде, которые могут возникнуть при совершении АНВ.

### 2.2.1 Требования к системам управления рисками

Все требования, предъявляемые к системе управления рисками, делятся на две категории: требования на этапе до реализации риска и в случае реализации риска. На этапе пока риски еще не реализовались, требуется обеспечить приемлемый уровень риска, не вызывать неоправданных расходов и не нарушать законность.

Обеспечение приемлемого уровня риска.

Понятие «приемлемый» подразумевает наличие некоего лица, группы лиц, а также документа, которые могут судить о степени допустимости того или иного риска для объекта. Делать выводы о существующем уровне риска, пока он не наступил, приходится на основании косвенных показателей. К ним относятся разнородные данные, например, уменьшающееся или растущее количество несчастных случаев на данном объекте, научные расчеты или прогнозы развития ЧС, состояние системы безопасности объекта, контроль соблюдения предъявляемых к ней требований, происшествия на аналогичных объектах и т.д. В совокупности все эти данные создают ощущение защищенности либо, напротив, существующей или надвигающейся угрозы. Поэтому приемлемым для конкретного объекта можно считать такой уровень риска, который:

- может быть подтвержден логическими, статистическими или иными выводами и расчетами, требованиями нормативных документов (объективный уровень);

- не вызывает беспокойства у руководства и пользователей (субъективный уровень).

Задача риск-менеджера сводится к приведению объективного и субъективного уровней риска к приемлемым показателям за счет принятия реальных мер.

Соблюдение допустимого уровня затрат на управление рисками.

Управление рисками не должно требовать неоправданных расходов. Поэтому при анализе этого требования следует оценивать выгоды и затраты от применения риск-менеджмента на объекте. Существование риска для любой организации порождает различные расходы (убытки), которые в совокупности составляют цену риска. Она складывается из трех составляющих:

1) Непредвиденные убытки, вызванные реализацией риска, включая реальный ущерб и упущенную выгоду. Они имеют место только, если наступила ЧС. До наступления ЧС непредвиденные убытки считаются потенциально возможными (вероятными) и с трудом поддаются объективной оценке.

2) Выгоды, упущенные из-за опасений. Сюда относятся возможные доходы и другой положительный эффект, неполученные от нереализованных проектов, которые считались слишком рискованными, и поэтому от них решено было отказаться. Эти упущенные доходы с трудом поддаются оценке, поскольку они не являлись бы гарантированными даже в случае реализации.

3) Ресурсы, направленные на управление рисками. Их основную часть составляют административные расходы на создание и функционирование системы риск-менеджмента, уплаченные организацией страховые премии, расходы на предупредительные мероприятия и меры по уменьшению возможных убытков. В отличие от предыдущих составляющих расходы на управление риском хорошо поддаются учету и бюджетированию.

Правильно организованный риск-менеджмент может снизить непредвиденные потери и связанные с ними опасения, делая убытки менее вероятными, менее тяжелыми и более предсказуемыми. За счет этого происходит уменьшение риска. Развитие системы управления рисками уменьшает первые две составляющие цены риска, но требует увеличения третьей.

Решения в части риск-менеджмента строятся на сопоставлении указанных выгод и затрат. Сравниваются возможные потери с реальными расходами, что достаточно трудно и в значительной степени зависит от субъективных оценок. Решение относительно оптимального уровня затрат на управление рисками является творческой задачей, не имеющей идеальных решений.

При обосновании мероприятий по предупреждению ЧС на мостах в результате АНВ и смягчению их последствий за риск принимается интегральный показатель, включающий в себя как вероятность наступления нежелательного события за год, так и связанный с ним ущерб. Риск представляется в виде математического ожидания ущерба определенного рода

за год  $R$  (руб./год)

$$R = p g, \quad (2.8)$$

где  $p$  – вероятность наступления ЧС (частота ЧС) за год;

$g$  – ущерб от ЧС, руб./год.

В [13] интегральный риск представлен в виде цены потенциального ущерба  $K_{\text{инт}}$ , являющейся наиболее универсальной количественной мерой, определяющейся выражением (руб./год).

$$K_{\text{инт}} = (K_{\text{л}} + K_{\text{экон}} + K_{\text{бал}} + K_{\text{экол}}) P_c, \quad (2.9)$$

где  $K_{\text{л}}$  – финансовый ущерб, определяемый численностью погибших и пострадавших, в случае реализации террористической атаки на объект;

$K_{\text{экон}}$  – финансовый ущерб от уменьшения грузо- и пассажиропотока в результате вывода из строя наиболее уязвимых элементов объекта;

$K_{\text{бал}}$  – балансовая стоимость сооружения (стоимость восстановления);

$K_{\text{экол}}$  – стоимостное выражение ожидаемого экологического ущерба в случае реализации террористической атаки на объект;

$P_c$  – показатель уровня террористической опасности, коэффициент, учитывающий вероятность совершения в течение года террористического акта.

Критерий  $K_{\text{инт}}$  определяет в стоимостном выражении уровень риска террористической атаки на незащищенный ОТИ в конкретном регионе, поэтому его можно использовать для оценки прямых и косвенных ущербов.

### 2.2.2 Оценка ущерба и интегрального риска ЧС на мостах в результате АНВ (террористического акта)

На рисунке 2.6 приведена схема методики оценки ущерба и интегрального риска на мостах, а также шаги по её реализации [23, 24].

Ее важной отличительной особенностью является установление уровня критичности (категории) моста (отнесение его к критически важным объектам транспортной инфраструктуры) по минимальным значениям интенсивности движения и доли тяжелых грузовых автомобилей в транспортном потоке на мостах, длине пролета или совмещению его с железной дорогой, времени реконструкции (в случае полного разрушения), известности моста. На рисунке 2.6 приведена последовательность определения критичности (категории) моста для использования методологии риск-менеджмента безопасности, которая может применяться в развитие методики [9].

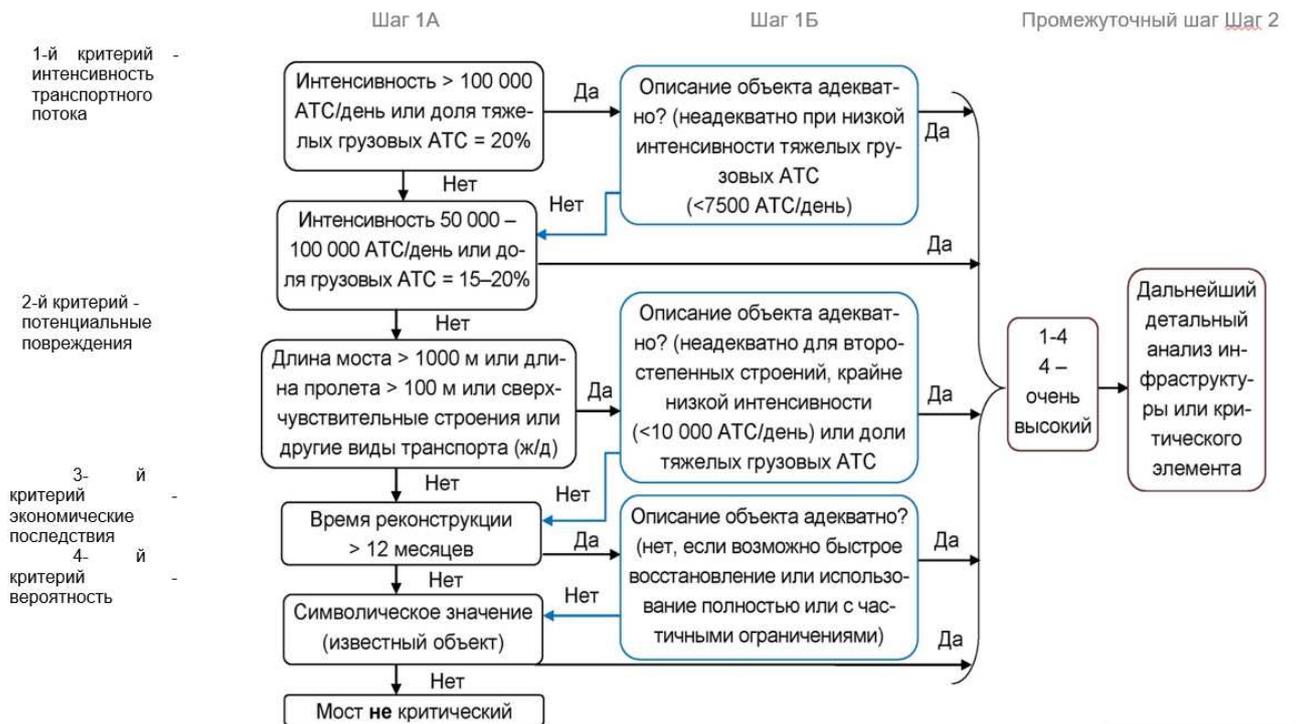


Рисунок 2.6 – Схема методики оценки ущерба и интегрального риска на мостах, а также шаги по ее реализации [23]

После того как выяснено, относится ли рассматриваемый мост к критически важным объектам по приведенным на рисунке 2.6 четырем критериям, проводится детальный анализ прямого и косвенного ущерба, а также интегрального риска.

### 2.2.3 Оценка прямого ущерба (затрат)

Прямой ущерб (ежегодные затраты) для каждой меры повышения защищенности (безопасности) и их набора рассчитывается на основании стоимости инвестиций, затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание. Значения стоимости могут быть приведены либо к расстоянию (км), либо к единице (один мост). Затем оценивается снижение риска, как уровень риска для каждой конкретной ситуации с дополнительными мерами или их комбинацией по сравнению с ситуацией при их отсутствии. Уровень риска может включать в себя прямые (например, потери, травмы, повреждения инфраструктуры) и косвенные последствия (например, снижение доступности участков дорог). Эти риски рассчитываются в виде текущих затрат (ежегодно) и выражаются в денежных единицах. Оптимизация снижения риска должна соответствовать оптимизации стоимости (на км или за единицу).

Экономическая эффективность  $EE$  может быть рассчитана путем деления затрат на величину снижения риска:

$$EE = C_y / AR \quad (2.10)$$

Защитные меры являются экономически эффективными, когда указанный выше коэффициент меньше 1, т.е., снижение риска больше, чем расходы. Так как анализ риска, как правило, основывается на субъективных оценках, критерии принятия решения могут быть определены, как:

- $EE < 1$  – защитные меры должны быть реализованы;
- $1 < EE < 2$  – применимость следует проверять в каждом конкретном случае;
- $EE > 2$  – применять меры защиты нерентабельно.

Оценка затрат на реконструкцию моста (после разрушения в результате АНВ) осуществляется по формуле:

$$K_w = K_N \cdot F (Ec + A) + V, \quad (2.11)$$

где  $K_w$  – затраты на реконструкцию, руб.;

$K_N$  – первоначальные затраты на новое строительство, руб./м<sup>2</sup>;

$F$  – площадь поврежденного участка, м<sup>2</sup>;

$Ec$  – фактор сложности, для нового строительства,  $E=100\%$ ;

$A$  – фактор, учитывающий затраты на снос, %;

$V$  – локальные меры по безопасности дорожного движения, руб.

Первоначальные затраты на реконструкцию моста зависят от типа конструкции (в основном в поперечном сечении) и затрат на начальное строительство для таких типов мостов, как балочные, фермовые, рамочные и арочные. На другие типы, например, вантовые мосты данный подход не распространяется. Фактор сложности  $E$  для значительного вреда (ущерб уровня 4 или 5) составляет 160 %. Также учитывается фактор  $A$ , включающий в себя расходы на снос. Локальные меры безопасности дорожного движения необходимы, если часть моста может быть использована для движения во время реконструкции (например, перенаправление трафика на другие пролеты).

### 2.2.3 Оценка косвенного ущерба (последствий)

Последствия (ущербы), которые наступают после того, как произошел инцидент, называются косвенными. Они возникают из-за того, что объекты инфраструктуры необходимо восстановить после инцидента, и, соответственно, они частично недоступны для любого пользователя. Отсутствие доступа к мосту приводит к изменениям в поведении участников движения, вызывающим широкий спектр косвенных последствий. Например, участникам дорожного движения, обычно едущим по дороге, где находился мост, придется использовать альтернативные маршруты, возможно, менее безопасными, чем тот, которым они обычно пользовались. В этом случае дополнительные ДТП рассматриваются как косвенное последствие инцидента. В [22-24] приведена процедура оценки, позволяющая количественно учесть среди прочих и эти косвенные последствия:

- влияние на экономику региона;
- влияние на жизнь и здоровье людей, и безопасность дорожного движения;
- влияние на окружающую среду.

Для того чтобы оценить эти последствия, используются 14 показателей. Однако при анализе невозможно рассмотреть все аспекты и взаимозависимости сценариев и точек ветвления на дереве событий. Поэтому необходимо упрощать ситуацию, выбрав показатели, которые описывают наиболее важные последствия анализируемой ситуации. Они должны быть измеримыми, сопоставимыми и применимыми. Еще одно общее допущение связано с временным периодом, в течение которого косвенные последствия могут возникнуть. Для того чтобы упростить ситуацию, предполагается, что косвенные последствия происходят только в период выполнения сценария реконструкции (восстановления) моста.

Основные исходные данные, относящиеся к мостам, учитывают оставшуюся пропускную способность дороги и продолжительность периода восстановления. Для количественной оценки других показателей, связанных с дорожным движением (пробег и время в пути), используются транспортные модели. С их помощью в соответствии с методологией, например, COPERT-IV [18] можно оценить выбросы загрязняющих веществ и расход топлива АТС.

Транспортные модели должны отражать перераспределение транспортных потоков в сети и включать в себя все связи, которые могут быть затронуты путем частичного отсутствия доступа на взорванный мост. В случае закрытия маршрутов по причине инцидента на объекте инфраструктуры дорожной сети детальный анализ должен сосредотачиваться на пострадавшем транспортном маршруте. Прежде всего, следует уточнить, для осуществления каких транспортных связей обычно используется этот маршрут. Необходимо оценивать:

- интенсивность (плотность, скорость) транспортных потоков;
- объем перевозок пассажиров и грузов;
- длину маршрута;
- время в пути на маршруте.

Кроме того, должно быть определено, как именно будет осуществляться движение по альтернативному маршруту (например, замена автобусного транспорта железнодорожным на время восстановительного периода). Для этих замен также необходимо оценить показатели, упомянутые выше. Воздействие на экономику региона или государства также определяется с помощью детального анализа. Для «обычных» объектов инфраструктуры этими показателями можно пренебречь. Они важны для «критически важных», как правило, внеклассных мостов с высокой интенсивностью движения через крупные реки или акватории. Проводя процедуру оценки для каждой точки ветвления определенного сценария, можно рассчитать общую сумму косвенного ущерба. Эта цифра может быть использована в качестве исходных

данных для расчета риска конкретного сценария. Она также является основой для проведения анализа затрат и выгод.

#### 2.2.4 Оценка риска

Сначала рассчитывается риск до введения любых мер защиты. После осуществления мер защиты риск пересчитывается с использованием тех же методов и разница в результатах используется для оценки экономической эффективности мер в анализе затрат и выгод.

Ниже представлена формула для расчета общего риска,  $R$ , в случае, когда к концу ветви изменяется только количество погибших:

$$R = \sum(n_f) \cdot C_f + \frac{\sum(n_f)}{n_p} \cdot C_v + C_r + C_l, \quad (2.12)$$

где  $n_f$  - ожидаемое число погибших;

$C_f$  - стоимость смертельного исхода;

$n_p$  - количество чел./ТС;

$C_v$  - стоимость автомобиля;

$C_r$  - стоимость реконструкции (разница между стоимостью до события и после реконструкции);

$C_l$  - косвенные расходы.

В случае если уровень риска выше допустимого, должны быть реализованы мероприятия защиты.

Эксплуатационные затраты (ежегодные затраты) используются для оценки каждой дополнительной меры или комбинации мер и включают в себя:

- затраты на проектирование, закупки и осуществление мер физической и инженерной защиты;

- затраты на отопление, электричество, техническое обслуживание и косвенные расходы, связанные с возможным сокращением и ограничением использования объекта по сравнению с использованием объекта без меры защиты.

Ежегодные затраты  $C_y$  (на км или на объект) могут быть рассчитаны по формуле

$$C_y = C_j \cdot \frac{(1+d)^n \cdot d}{(1+d)^n - 1} + C_o, \quad (2.13)$$

где  $C_i$  – инвестиционные затраты, руб.;

$C_o$  – эксплуатационные затраты / стоимость обслуживания, руб./год;

$n$  – продолжительность применения меры, лет;

$d$  – ставка дисконтирования, %.

## 2.2.5 Оценка экономической эффективности отдельных мер защиты

Защитные меры могут быть выбраны для изменения вероятности каждого ветвления, что позволяет повторно использовать оценку последствий в случае без мер защиты, сравнивать эффективность различных мер с помощью анализа затрат - выгод. После реализации мер защиты расчет общего риска ведется по приведенной выше формуле (2.12). При использовании общего анализа затрат и выгод требуется информация о частоте возникновения каждого конкретного сценария, например, в случае ДТП эта частота получается путем использования статистических данных. Однако не существует адекватных данных, чтобы вычислить частоту возможных террористических актов. Поэтому в данном случае предпочтительнее рассчитывать частоту безубыточности, т.е. частоту, при которой только затраты экономически эффективны. Компетентные органы должны решить, представляется ли эта частота реалистичной. Блок-схема оценки экономической эффективности приведена на рисунке 2.7

Анализ состоит из следующих этапов [22 - 24]:

- расчета стоимости: ежегодные расходы основаны на расходах на внедрение, эксплуатацию и техническое обслуживание. Этот расчет совпадает с общим анализом затрат-выгод;
- анализа рисков: рассчитываются ситуации с использованием и при отсутствии мер. Вместо частот используются условные вероятности;
- оценки экономической эффективности: сначала рассчитывается частота безубыточности. Затем оценивается, сопоставима ли эта частота с реалистичными значениями.

Частота безубыточности определяется по формуле

$$F_{BE} = \frac{C_y}{\sum_{i=1}^n (p_{0,i} \cdot \sum_{j=1}^m I_{0,i,j} \cdot \omega_j) - \sum_{i=1}^n (p_{1,i} \cdot \sum_{j=1}^m I_{1,i,j} \cdot \omega_j)}, \quad (2.14)$$

где  $F_{BE}$  – частота безубыточности, частота террористических атак, для которых стоимость эквивалентна снижению риска;

$C_y$  – ежегодные затраты на дополнительные меры или комплексы мер, руб./год;

$p_{0j}$  – относительная вероятность сценария  $i$  для ситуации без дополнительных мер защиты;

$p_{1j}$  – относительная вероятность сценария  $i$  для ситуации с дополнительной мерой защиты или комплексом мер;

$I_{0jj}$  – влияние на тип сценария  $i$  и тип влияния  $j$  на ситуацию без дополнительных мер защиты;

$I_{1jj}$  – влияние на тип сценария  $i$  и типа влияния  $j$  на ситуацию с дополнительными мерами защиты или комплексом мер;

$W_j$  – предельные издержки на единицу типа воздействия  $j$ .



Рисунок 2.7 – Блок-схема оценки экономической эффективности

Это означает следующее:

$$\text{Частота безубыточности} = \frac{\text{Ежегодные затраты}}{\text{Общий риск без меры защиты} - \text{Общий риск с защитными мерами}}$$

Данный подход позволяет определить экономическую эффективность отдельных мер защиты и их комбинаций. Кроме того, он может использоваться для оценки всех возможных результатов террористической атаки (прямые или косвенные последствия).

Частоты безубыточности представляются лицам, принимающим решения. Они должны определить, является ли возможность реализации подобного сценария атаки правдоподобной или нет. Такое решение должно учитывать возможности и намерения террористических групп. Если частота безубыточности выше частоты правдоподобия, то меры должны быть реализованы. В противном случае, меры не являются рентабельными. Эта

вероятность применяется как для свободных, так и для плотных транспортных потоков.

Проведенный анализ методов оценки уязвимости ОТИ от АНВ показал отличие алгоритмов обеспечения защищенности ОТИ в России и экономически развитых странах (США, ЕС), которое состоит в следующем:

- в России оценка уязвимости заключается в экспертной оценке вероятности своевременного обнаружения нарушителей и прибытия сил охраны к критическому элементу объекта (вероятность прерывания АНВ) и вероятности успеха сил охраны в противодействии нарушителям при условии их своевременного (раньше нарушителей) прибытия к критическому элементу. При этом не осуществляется ранжирование по степени значимости различных инженерно-технических и организационно-технических мероприятий по защите объектов, не проводится экономическая оценка затрат на их реализацию;

- система обеспечения безопасности ОТИ в США построена на основе оценки и управления рисками.

Основной критерий оценки уязвимости – уровень допустимого риска, который определяется как произведение вероятности события (ЧС) на величину возможного вреда здоровью, окружающей среде, имуществу от разных видов опасностей при разных сценариях развития ЧС (видах подрыва, совершения ДТП, аварии).

Управление рисками базируется на организации мер защиты для выработки стратегии снижения рисков. На основании потенциальных угроз для ОТИ определяются возможные последствия, если угрозы осуществляются. Если последствия являются приемлемыми, то может быть принято решение ничего не предпринимать. Если последствия являются неприемлемыми, то реализуются два варианта действий:

- уменьшение угрозы – меры, которые могут быть приняты в краткосрочной перспективе (3–6 месяцев) с целью снижения привлекательности объекта или запрещения доступа на объект с помощью технических средств, оперативных и физических мер;

- смягчение последствий – действия относятся к средне - и долгосрочным по времени. Они позволяют уменьшить ущерб в результате АНВ путем совершенствования конструкции, инженерных мер и оперативных стратегий.

Затем производится оценка стоимости снижения угрозы или смягчения последствий и расчет риска с учетом рекомендованных мер защиты, чтобы убедиться, что после снижения риск достигнет приемлемого безопасного уровня. В результате получается ранжированный список мероприятий, который показывает преимущества реализации каждой из мер защиты.

## **3 Мосты как основной объект транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства**

### **3.1 Типизация мостов**

Мосты классифицируют по следующим признакам: назначению, типу опор и пролётных строений, виду материала, расположению уровня проезда, статической системе, обеспеченности в отношении пропуска высоких вод, характеру пересечения препятствия и длине моста.

По назначению различают мосты: автодорожные, железнодорожные, городские, пешеходные, совмещённые (для автомобилей и железнодорожных поездов), специальные (для пропуска трубопроводов, кабелей и т.п.).

По типу применяемых опор: мосты на жёстких опорах, на плавучих опорах (понтонках, баржах).

По типу пролётного строения: неподвижные, разводные (в которых для пропуска судов устраивают специальный разводной пролёт размерами, требуемыми для судоходства).

По виду применяемых материалов: деревянные, металлические, железобетонные, бетонные и каменные. Определяющим является материал пролётного строения.

По уровню расположения проезжей части различают мосты с движением: поверху, когда проезжая часть расположена по верху пролётного строения; понизу, когда проезжая часть находится на уровне низа пролётного строения; посередине, когда проезжая часть находится в средней по высоте части пролётного строения.

По статической схеме главных несущих конструкций пролётных строений различают мосты: балочные (разрезные, неразрезные, консольные); распорных систем (арочные; рамные; висячие; комбинированные, в которых сочетаются системы первых двух групп).

По обеспеченности в отношении пропуска высоких вод и ледохода: высоководные и низководные.

По характеру пересечения препятствия: прямые (ось моста перпендикулярна берегам реки), косые (пересекает их под углом, отличным от прямого), криволинейные (ось моста - кривая линия).

Мосты длиной до 25 м называются малыми; длиной 25...100 м – средними; более 100 м – большими. Мосты длиной менее 100 м, но с одним из пролетов более 60 м относятся к большим мостам.

Мост состоит из пролётных строений, поддерживающих проезжую часть, и опор, передающих давление пролётных строений на грунт. Крайние опоры, расположенные в местах сопряжения моста с насыпями подходов, называются устоями, а промежуточные опоры – быками.

Конструктивное решение моста во многом зависит от геометрических и гидравлических параметров речной долины (ширины, глубины, скорости

течения потока), геологического строения русла и поймы, условий ледохода, требований речного судоходства, расчётного отверстия моста.

Исходной информацией для оценки уязвимости, живучести и в конечном итоге защищенности мостовых переходов от АНВ являются заложенные в них конструкторские решения, длина пролетов, используемые материалы, природно-климатические условия и географическое расположение.

Важным моментом для выявления критически важных ОТИ для организации их защиты также является численность искусственных сооружений на дорожной сети. В таблице 3.1 приведена численность мостов, путепроводов, тоннелей и других сооружений на федеральных и региональных дорогах общего пользования.

Из таблицы 3.1 следует, что всего на дорогах общего пользования находится более 40 тыс. мостов и путепроводов общей протяженностью почти 5800 пог. км. Из общего количества мостов 13,1% составляют мосты из железобетона и металлических конструкций на федеральных дорогах, 66% – такие же мосты на территориальных дорогах, остальные 20,9% – деревянные мосты на федеральных (84 ед.) и территориальных (8 539 ед.) дорогах.

Таблица 3.1 – Численность мостов, путепроводов, тоннелей и других сооружений на федеральных и региональных дорогах общего пользования (штук (пог.м.))

№ п/п.	Наименование объекта	Дороги общего пользования федеральные	Дороги муниципального значения	Всего
1	Мосты и путепроводы	6140 (4361173,2)	34028 (1 407192,2)	40168
2	Тоннели автомобильные	27 (18771,0)	17 (6163,2)	44
3	Подпорные стены	(151246,6)	(130849,6)	
4	Снегозащитные галереи и тоннели, км	107,7	74,6	182,3
5	Административные, жилищно-бытовые, производственные здания, базы и пункты	2073	5092	7165

Деревянные мосты, требующие безотлагательной замены, как на федеральных, так и территориальных дорогах не должны учитываться при оценке уязвимости и защищенности от АНВ, так как затраты на их категорирование, разработку и реализацию плана мероприятий по повышению безопасности могут быть значительно больше, чем затраты на строительство нового моста.

В таблице 3.2 приведены типичные схемы и внешний вид наиболее распространенных конструкций мостов.

Из данных, приведенных в таблице 3.2, следует, что все существующие конструкции мостов могут быть объединены в 38 типовых групп, каждая из которых имеет свои критически важные элементы.

Таблица 3.2 – типичные схемы и внешний вид наиболее распространенных конструкций мостов [24]

Система	Секция	Материал	№ типа	Пример
1	2	3	4	5
Однопролётный балочный мост	Плоская	армированный или преднапряжённый бетон	1	
		сталь	2	
	Однотавровая	Преднапряжённый бетон	3	
		Композитный материал	4	
		сталь	5	
	коробчатая	Преднапряжённый бетон	6	
		Композитный материал	7	
		сталь	8	
	плоская	Армированный или преднапряжённый бетон	9	
		сталь	10	
Многопролётный балочный мост	Однотавровая	Преднапряжённый бетон	11	
		Композитный материал	12	
		сталь	13	
	Коробчатая	Преднапряжённый бетон	14	
		Композитный материал	15	
		сталь	16	
Мост из балок Гербера	плоская	Преднапряжённый бетон	17	
	Однотавровая	Преднапряжённый бетон	18	
	коробчатая	Преднапряжённый бетон	19	
Однопролётный рамный мост/шпренгельный рамный мост/встроенный мост	плоская	Армированный или преднапряжённый бетон	20	
		Преднапряжённый бетон	21	
	Однотавровая	Композитный материал	22	
Арочный мост	Бетонная арка	Плита из армированного или преднапряжённого бетона	23	
		Композитная плита	24	
	Стальная арка	Композитная плита	25	
		Стальная плита	26	
	Кирпичная арка	Кирпичная кладка/камень	27	
Вантовый мост	Различные	Композитный материал	28	
		Сталь	29	
Подвесной мост	Различные	Композитный материал	30	
		сталь	31	

### Окончание таблицы 3.2

1	2	3	4	5
Мост со сквозными фермами	Различные	Композитный материал	32	
		сталь	33	
Разводной мост	Различные	сталь	34	
Мост со сквозными фермами и крытым верхом	Различные	сталь	35	
		Армированный бетон	36	
Другое	Различные	дерево	37	
		прочее	38	

Критически важные элементы типичных групп мостовых сооружений: балочные и плиточные мосты (типы 1-8) – полки балок в зонах максимальных моментов, а также в середине пролета;

- балочные (неразрезные) (типы 9-16) – надопорное сочленение, верхняя полка или плита проезжей части;

- балочные разрезные (типы 17-19) – стенки балок в приопорных зонах;

- консольно-подвесные (типы 20-27) – опорные части (на предмет сбрасывания балок с них), стойки немассивных опор или облегченные рамные надстройки опор с массивным цоколем; любые виды гибких стоечных или стенчатых опор;

- рамные (типы 20-22) – опорные части, элементы ригелей или стоек в зонах максимальных моментов;

- вантовые мосты (типы 28-31) – канаты подвесок висячих мостов, ванты вантово-балочных мостов и их анкера, стойки пилонов (башенных опор), главный кабель висячего моста в сечении возле пилона;

- решетчатые сквозные фермы (типы 32, 33) – узлы креплений консольно-подвесных участков, анкерные тяги консольных систем, сжатые пояса ферм и раскосы, опорные части и стойки облегченных опор;

- арочные мосты (типы 35, 36) – затяжки арок, сечения арок в зонах максимальных моментов, пяты арок, стойки или подвески для проезжей части.

Основными критическими элементами наиболее распространенных конструкций мостов (типов 1-19) являются пролетные строения, которые могут быть сброшены или сдвинуты с опор скоростным напором ударной волны или обрушены в результате разрывов основных несущих конструкций и связей.

Из опор наиболее подвержены разрушению береговые, особенно при высоких земляных насыпях. Однако и промежуточные опоры могут потерять устойчивость, особенно если разрушено пролетное строение моста арочной конструкции (типы 22-27). В этом случае появляется односторонний распор со стороны арок неразрушенных пролетов и недостаточно устойчивые пролеты разрушаются.

### **3.2 Исходные данные по объекту исследования**

За объект исследования принят Николаевский мост в городе Красноярске через реку Енисей, соединяющий Октябрьский и Свердловский районы города.

Полная длина Николаевского автомобильного моста составляет 1650 метров, в том числе длина русловой части – 776 метров, длина левобережной эстакады – 377 метров, длина правобережной эстакады 497 метров. Ширина моста 31,5 м., ширина дорожного полотна 22,5 м.

Пролетные строения имеют балочную неразрезную конструкцию, материал – сталежелезобетон (стальные конструкции и железобетонные элементы).

Весь мостовой переход состоит из 24-х пролетов, в том числе русловая часть состоит из 6 пролетов, из которых 4 имеют длину по 147 метров, 2 пролета по 92 метра, остальные пролеты левобережной и правобережной эстакад имеют различную длину от 22 до 84 метров.

У моста двадцать четыре опоры. Опоры со свайными фундаментами и естественным основанием. В пределах русла реки опоры сборно-монолитные, на береговых участках – из монолитного железобетона.

Проезжая часть – ортотропная плита, материал главной части – сталь. Количество полос – 6, по три полосы в каждом направлении. Ширина полос – 3,75 метров. Расчетная скорость движения 100 км/час. По бокам проезжей части имеются тротуары для пешеходов.

Согласно проектно-расчетным документам нормативная пропускная способность одной полосы движения может составлять 1200 автотранспортных средств в час по одной полосе. С учетом коэффициента уровня загрузки движением часовая интенсивность движения наиболее загруженного направления составляет 3285 – 3375 приведенных единиц транспорта.

Стоимость строительства мостового перехода – 12 млрд. рублей.

Ежегодные эксплуатационные расходы составляют 27 млн. рублей, в том числе стоимость обслуживания системы видеонаблюдения – 11 млн. рублей.

В целях своевременного обнаружения нарушителей и недопущения террористических актов на объекте приняты меры с помощью технических средств, оперативных и физических мер:

- установлено 30 камер наблюдения, 13 сверху моста и 17 внизу;
- установлен охранный пост на левом берегу;
- выполнено электроснабжение и освещение моста – установлено 135 фонарей;
- установлено ограждение по всему периметру левобережной и правобережной эстакады.

### **3.3 Сценарии реализации АНВ на мосту**

Наиболее важные критические элементы автодорожного моста, уязвимые

в диверсионно-террористическом отношении, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Критические элементы моста

№ п./п.	Название предмета физической защиты объекта	Потенциальные угрозы	Характер ожидаемых последствий при реализации угрозы
1.	Опора моста	Частичное (полное) повреждение опоры с выбиванием бетона и арматуры, с обрушением пролетного строения	Экономический ущерб, млн. руб. Время восстановления, сут.
2.	Пролетное строение	Повреждение пролетного строения с обрушением	Экономический ущерб, млн. руб. Время восстановления, сут.

Для опор моста основными факторами, влияющими на его живучесть, являются диаметр опоры и ее конструктивные особенности. Все опоры рассматриваемого моста находятся на основании из буровых свай. Размеры массивной (надземной, надводной) части насадки: 14 м вдоль оси моста и 22,5 м поперек оси моста. Для моста характерен следующий тип опор: насадки опираются на железобетонные стойки переменного сечения. Высота стоек составляет от 8 до 23 м в зависимости от продольного профиля трассы моста.

Пролетные строения – сталежелезобетонные, расположенные на прямой. В поперечном сечении пролетных строений размещены балки с вертикальными стенками высотой 3,1 м, расстояние между осями балок 4,0 м. Проезжая часть – ортотропная плита, материал главной части – сталь.

Потенциальными угрозами для моста могут быть:

- закладка взрывчатых веществ (ВВ) и подрыв (контактным или неконтактным зарядом) основных несущих конструкций (опоры и пролетные строения) с частичным или полным их разрушением;
- установка на проезжей части моста посторонних предметов с целью совершения дорожно-транспортных происшествий;
- совершение диверсии на водном транспорте, пересекающем подмостовое пространство, путем подрыва и крушения водных транспортных средств, что, в свою очередь, может привести к обрушению опоры и пролетных строений;
- подрыв грузового автомобиля-бомбы вблизи одной из пролетных опор моста во время его движения по мосту в составе транспортного потока.

, Установлено, что основными критическими элементами наиболее распространенных конструкций мостов (типов 1-19), к которым относится Николаевский мост, являются пролетные строения, которые могут быть сброшены или сдвинуты с опор скоростным напором ударной волны или обрушены в результате разрывов основных несущих конструкций и связей.

## **4 Оценка ущерба и интегрального риска. Допустимый риск от АНВ на мостах**

### **4.1 Исходные предпосылки для оценки ущерба и интегрального риска**

Последствиями ЧС на мостах в результате АНВ могут быть:

- полный технический отказ – невозможность эксплуатации моста в целом; требует полного прекращения движения;
- частичный отказ различается по протяженности: при полном отказе части моста и возможности эксплуатации других частей (с устройством объездов) и по существенному ухудшению эксплуатационных показателей (скорость, безопасность и др.), что делает движение нерациональным из-за значительного увеличения транспортных расходов;
- локальный отказ – возникают существенные помехи движению в ограниченном месте по длине или ширине мостового перехода. Движение возможно при существенном снижении скорости (пропускной способности) в аварийном месте.

ЧС на мостах, вызывающие гибель и ранения людей, потери материальных ценностей, наносят существенный социально-экономический вред (ущерб) прежде всего на уровне отдельного региона.

Согласно методическим подходам к оценке ущерба от террористических атак на мостах, принятым в странах ЕС [19, 22-24], а также в межведомственной методике оценки ущерба от ЧС техногенного, природного и террористического характера [5], в публикации [10] для оценки уровня допустимого риска могут быть использованы матрицы риска [11] или индекс безубыточности [24]. Оценка величины ущерба является ключевым звеном оценки уязвимости и обеспечения защищенности (безопасности) моста. Величина ущерба людям, имуществу, окружающей среде является основным показателем оценки эффективности использования различных мероприятий как по повышению живучести конструкций мостов, снижению их уязвимости, так и оснащению мостов инженерно-техническими средствами охраны и организации физической защиты.

Расчет ущерба распределен во времени (вследствие длительности проводимых мероприятий), для его полной оценки требуется привлечение данных с большого количества объектов различных видов собственности, источников различной информации. При составлении методики оценки ущерба необходимо, чтобы ее структура содержала ограниченное количество однозначно определяемых составляющих во избежание повторного учета и для единообразия понимания учитываемых процессов и полученных результатов. Должен оцениваться прямой и косвенный ущерб, а также затраты, связанные с предупреждением и ликвидацией ЧС в результате совершения АНВ [5].

Различают следующие виды ущерба:

- ущерб жизни и здоровью конкретных людей, который определяется конкретными нарушениями их здоровья, приводящими к социальным потерям;
- ущерб социально-экономической системе (социально-экономический ущерб), который состоит в утрате того или иного вида собственности, затратах на переселение людей, выплате компенсаций пострадавшим, упущенной выгоде от незаключенных и расторгнутых контрактов, нарушении процесса нормальной хозяйственной деятельности, ухудшении условий жизнедеятельности людей и т.д.;
- ущерб государству (социально-политический);
- ущерб природной среде (экологический ущерб), под которым понимается ухудшение природной среды или затраты на ее восстановление, потеря народнохозяйственной ценности территорий или затраты на ее реабилитацию;
- другие виды ущерба, в том числе ущерб культурным ценностям, моральный ущерб и т.д.

Величину ущерба (вреда) от ЧС на мостах в результате АНВ следует оценивать на основе расчета прямых и косвенных народнохозяйственных потерь, учитывающих:

- гибель или ранения людей;
- повреждения транспортных средств;
- порчу груза;
- повреждение моста и подъездов к нему, другие факторы.

Оценки ущерба, как правило, не должны выходить за рамки отдельного региона и должны учитывать в числе косвенных потерь [10]:

- выбытие производственных и непроизводственных фондов и порчу продукции;
- снижение выпуска продукции и неоказание услуг (сокращение продаж);
- увеличение транспортных расходов предприятий, вызванных нарушением и удлинением маршрутов доставки грузов и пассажиров;
- отвлечение значительных средств на проведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ, компенсацию потерь.

Террористические акты на мостах наносят вред окружающей среде, вызывая непредвиденное загрязнение воздуха из-за увеличения плотности транспортных потоков, устройства временных объездов, использования загрязняющих окружающую среду аварийных технических средств, загрязнения водных объектов, почвы и т.п. Оценка экологического ущерба [1, 14, 16] в результате ЧС на мостах заключается в определении фактических и возможных (предотвращенных) материальных и финансовых потерь и убытков от изменения качественных и количественных параметров окружающей среды, а также ухудшения социально-гигиенических условий проживания населения. Основные виды экологического ущерба (вреда) в случае реализации АНВ на мостах следующие [16]:

- загрязнение водных объектов поверхностным стоком с мостов, содержащим части конструкции моста, ТС, продукты износа дорожной одежды, шин, других трущихся узлов и агрегатов ТС, нефтепродукты и другие вещества, находящиеся в перевозимых грузах;
- захламление, деградация и химическое загрязнение земель, почв опасными веществами, образующимися в результате ЧС;
- загрязнение атмосферного воздуха вредными веществами и шумовое загрязнение в результате совершения террористического акта на мосту и при движении АТС по объездным дорогам;
- отвлечение земель под размещение машин, механизмов, оборудования, материалов, необходимых для восстановления моста и возобновления его эксплуатации;
- уничтожение и повреждение зеленых насаждений, повреждение мест обитания животных.

Общей частью методов оценки разных видов ущерба является определение силы поражающих факторов и зоны их распространения, с учетом особенностей размещения на которой различных элементов находится величина полученного ими физического (натурального) ущерба. В свою очередь на основе структуры и величины натурального ущерба получают стоимостную оценку ущерба.

Затраты, связанные с предупреждением и ликвидацией ЧС и ее последствий, по своему экономическому содержанию также отнесены к составляющим экономического ущерба от ЧС. Различают затраты, осуществляемые до наступления ЧС (на проведение превентивных мероприятий), в процессе ЧС (на проведение аварийно - восстановительных и спасательных работ, связанных с ликвидацией и локализацией ЧС), после ЧС (на ликвидацию последствий ЧС и полное или частичное возмещение ущерба).

## **4.2 Реализация процедуры риск-менеджмента безопасности для обеспечения защищенности моста от АНВ**

На основании обобщения отечественной и зарубежной методики оценки уязвимости и защищенности ОТИ от АНВ, выполнена оценка уязвимости Николаевского автомобильного моста в городе Красноярске с использованием дополнительного параметра оценки - экономической оценке эффективности мер защиты и установления допустимого уровня риска по величине частоты безубыточности.

Оценка уязвимости Николаевского моста выполнена по техническим данным, указанным в 3-ей главе и данным о транспортном потоке на мосту.

### **4.2.1 Предварительная оценка критичности моста**

Для ранжирования моста по риску критичности (привлекательности для

совершения террористического акта) используется методика[9], согласно которой уровень интегрального риска уязвимости моста определяется как произведение факторов опасности  $OF_j$ , уязвимости  $VF_j$  и значимости  $IF$  по формуле (2.7).

Для данных факторов экспертными методами установлены значения весовости входящих в них показателей, исходя из условий проектирования, строительства и эксплуатации мостовых переходов в Российской Федерации, показаны на рисунке 4.1-4.3).

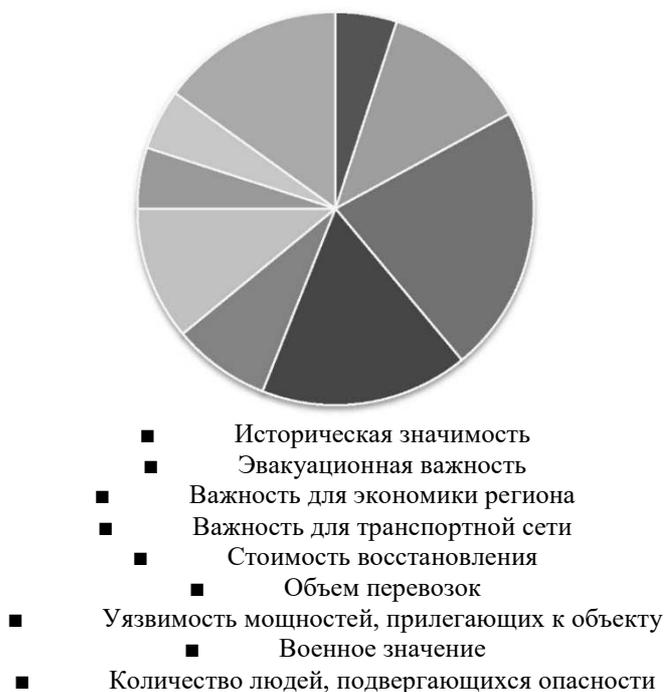


Рисунок 4.1– Относительные весовости показателей, используемых для вычисления фактора значимости  $IF$

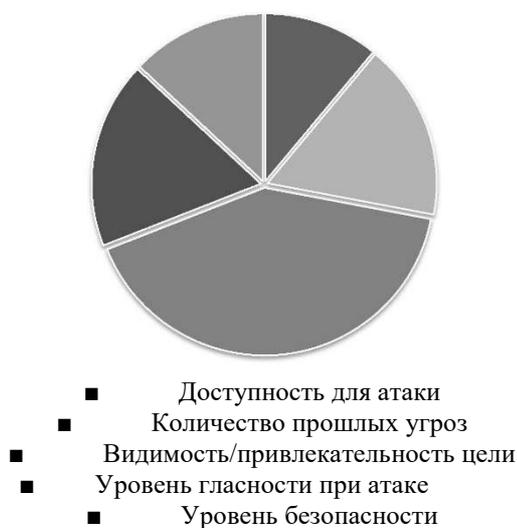
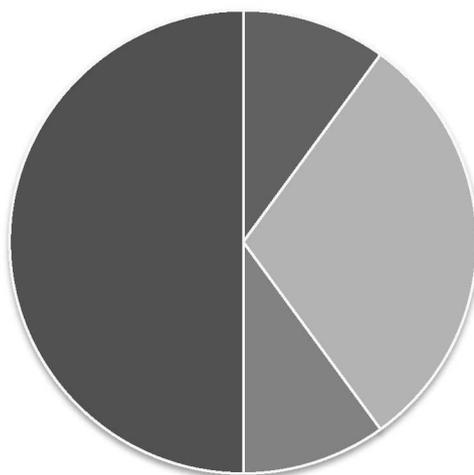


Рисунок 4.2 – Относительные весовости показателей, используемых для вычисления фактора опасности  $OF_i$



- Экологический ущерб
- Ожидаемый ущерб
- Ожидаемое время простоя
- Ожидаемое количество жертв

Рисунок 4.3 – Относительные весомости показателей, используемых для вычисления фактора уязвимости  $VFi$

После принятия значений весовых коэффициентов значимости также экспертными методами установлены значения показателей в диапазоне от 0 до 1 (1 – самые высокие) для характеризующих факторов в привязке к объекту.

Значения факторов для рассматриваемого моста приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Значения факторов и их весомостей при оценке риска моста

Анализируемый фактор	Весомость фактора	Значение фактора
Важность	1	
Историческая значимость	0,05	0,5
Эвакуационная важность	0,12	0,65
Важность для экономики региона	0,22	0,8
Важность для транспортной сети	0,17	0,9
Стоимость восстановления	0,08	0,6
Объем перевозок	0,11	0,4
Уязвимость мощностей, прилегающих к объекту	0,05	0,1
Военное значение	0,05	0,2
Количество людей, подвергающихся опасности	0,15	0,9
$IF = 0,674$		
Вероятность	1	
Доступность для атаки	0,11	0,9
Количество прошлых угроз	0,17	0,1
Видимость/привлекательность цели	0,41	0,8
Уровень гласности при атаке	0,18	0,9
Уровень безопасности	0,13	0,5

#### Окончание таблицы 4.1

Анализируемый фактор	Весомость фактора	Значение фактора
$OFi = 0,671$		
Уязвимость	1	
Экологический ущерб	0,1	0,7
Ожидаемый ущерб	0,3	0,8
Ожидаемое время простоя	0,1	0,6
Ожидаемое количество жертв	0,5	0,9
$VFi = 0,820$		
Итого: интегральный риск		$R = 0,371$

Значение риска критичности для моста, начиная с которого мост представляет интерес для осуществления террористических акций, принимается равным 0,3. Полученное значение риска в таблице 4.1 превышает установленное в качестве допустимого, следовательно, данный мост может являться целью, выбранной для проведения террористического акта, и требует оценки уязвимости и использования мер защиты.

#### 4.3 Оценка прямых и косвенных затрат (ущербов) и интегрального риска для моста

Оценку затрат и риска начинаем с определения численности и структуры АТС, а, следовательно, количества людей, попавших в зону поражения. Определяем типичные характеристики транспортного потока на мосту в период максимальной плотности движения (образование транспортных заторов) с использованием известных методов имитационного моделирования, анализ которых приведен, в [15], или на основании результатов натурных наблюдений, указанных в таблице 4.3).

Таблица 4.3 – Интенсивность движения и состав транспортного потока на мосту

Интенсивность движения на полосу	Всего	Грузовые	Легковые	Автобусы
Часовая, авт/час	1 090	73	1 008	9
Суточная, авт/сут	26 160	1 752	24 192	216

В среднем интенсивность транспортного потока на мосту составляет 156 960 авт/сут, из которых 6,7 % приходится на грузовые автомобили массой свыше 3,5 тонн и 0,9 % – на автобусы. Предполагается наличие заторов на мосту в часы пик. Средняя наполняемость легкового автомобиля считается 1,5 человека, автобуса – 50 человек. Стоимость строительства моста оценивается в 12 млрд. рублей.

#### 4.3.1 Оценка риска без мер защиты

Для оценки рисков как условных вероятностей используем диаграммы деревьев событий. С левой стороны диаграммы дерева событий отображаются основные условия, оказывающие существенное влияние на успешное развитие террористического акта. С правой стороны диаграммы отражаются сценарии возможного развития событий, в которых точками ветвления выбраны: условия движения (свободный транспортный поток/затор); наличие автобусов (да/нет).

При отсутствии защитных мер, условные вероятности для всех предпосылок принимаются равными 1,00. Продолжительность заторов в течение дня на данном направлении составляет 6 ч./сут. Соответственно, вероятность затора составляет

$$P_{\text{зат}} = 6 : 24 \cdot 100 \% = 25 \%$$

Вероятность того, что в зоне поражения окажется автобус, рассчитываем в зависимости от длины моста, интенсивности движения, процентной доли автобусов в транспортном потоке и средней скорости движения (для свободного движения –  $V = 40$  км/час). Чтобы преодолеть 250 метров моста, автобусу потребуется  $0,250/40 = 0,00625$  час. При суточной интенсивности автобусов на одну полосу 216 авт/сут, общее время, когда автобусы находятся на мосту каждый день, составляет

$$T = 0,00625 \times 216 = 1,35 \text{ час.}$$

Это дает вероятность

$$P_{\text{автб}} = 1,35 : 24 \cdot 100 \% = 5,6 \%$$

С учетом полученных условных вероятностей строим диаграмму дерева событий для взрыва пролета моста в ситуации без применения мер защиты – показана на рисунке 4.4. Условная вероятность каждого состояния отображается цифрами.

#### 4.3.2 Оценка ущерба (последствий террористического акта на мосту)

Ущерб (последствия) складывается из гибели, травмирования людей (социальный ущерб), стоимости реконструкции, повреждения ТС (имущественный ущерб), а также и косвенных затрат (издержки для общества из-за отсутствия пути сообщения в период реконструкции) и загрязнения окружающей среды (экологический ущерб).

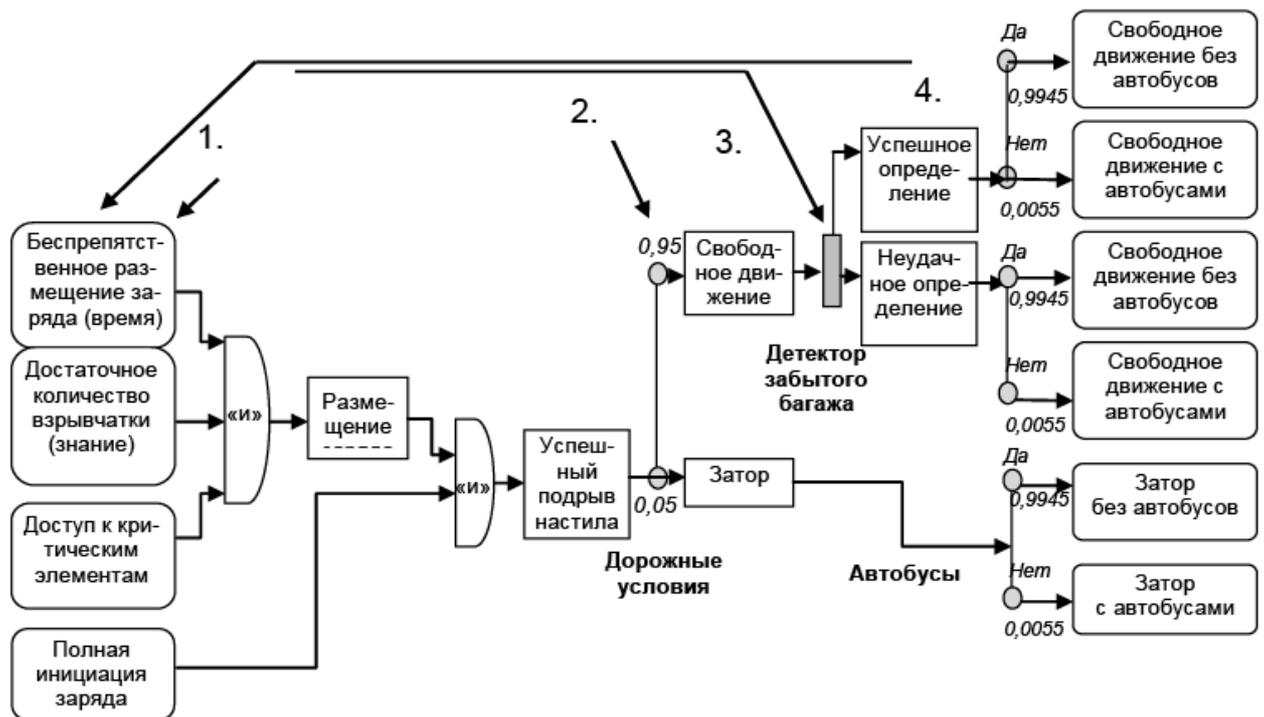


Рисунок 4.4 – Диаграмма дерева событий для взрыва пролета моста в ситуации без применения мер защиты.

#### 4.3.2.1 Социальный ущерб

Количество погибших определяем отдельно для каждой ветви дерева событий. Смертельным считается исход для всех людей, находящихся в ТС на мосту во время взрыва. При свободном движении среднее количество транспортных средств на мосту в случайный момент времени составляет

$$N_{\text{авт}} = 1090 : 3600 = 0,302 \text{ авт/сек на полосу}$$

При скорости 50 км/ч это соответствует расстоянию между автомобилями

$$L_{\text{авт}} = 13,89 : 0,302 = 46 \text{ м/авт}$$

Радиус зоны значительных разрушений с летальным исходом составляет 75 м. Количество АТС, находившихся в этой зоне, с учетом 6 полос движения на мосту составит

$$N_{\text{авт}}^{\text{лет}} = (6 \cdot 2 \cdot 75) : 46 = 20 \text{ авт.}$$

В среднем в транспортном средстве находится 1,5 человека, поэтому при умножении получаем 30 летальных исходов.

Расходы, связанные с летальным исходом, принимаются равными 2,4 млн. руб. [12]. Общие расходы с учетом количества погибших при

свободном транспортном потоке составят 72 млн. руб.

В случае затора все полосы в одном направлении предположительно полностью занимают АТС. Количество людей в АТС определяем из предположения о средней длине автомобиля, расстояния между машинами и их размещения относительно эпицентра взрыва. В этом случае предполагается, что средняя длина автомобиля плюс зазор между АТС составляет 7 м. При той же средней заполняемости АТС (1,5 человека), как и для свободного движения, количество людей на мосту, оказавшихся в зоне значительных разрушений

$$N_{\text{чел}} = (3 \cdot 2 \cdot 75) : 7 \cdot 1,5 = 96 \text{ чел.}$$

По встречному направлению в этом случае осуществляется свободное движение транспортного потока со скоростью 40 км/ч

$$N_{\text{чел}} = (3 \cdot 2 \cdot 75) : 46 \cdot 1,5 = 15 \text{ чел.}$$

Общее количество погибших составит  $96 + 15 = 111$  чел. Расходы, связанные с летальным исходом, составят 266,4 млн. руб.

Количество людей, оказавшихся в зоне повреждений средней тяжести (130 м) и получивших серьезные травмы, определяем для свободного движения как

$$N_{\text{чел}} = (6 \cdot 2 \cdot 55) : 46 \cdot 1,5 = 22 \text{ чел.}$$

Средняя стоимость таких травм (с учетом получения инвалидности и возможности или отсутствия возможности работать) оценивается в 1,4 млн. руб. Суммарные затраты на травмы средней тяжести составляют 30,8 млн. руб.

То же для транспортного затора в одном направлении

$$N_{\text{чел}} = (3 \cdot 2 \cdot 55) : 7 \cdot 1,5 = 71 \text{ чел.}$$

По встречному направлению

$$N_{\text{чел}} = (3 \cdot 2 \cdot 55) : 46 \cdot 1,5 = 11 \text{ чел.}$$

Итого количество пострадавших, получивших травмы средней тяжести, составит  $71 + 11 = 82$  чел. Суммарные затраты оцениваются в 114,8 млн. руб.

Количество людей, оказавшихся в зоне легких повреждений (200 м от эпицентра взрыва) и получивших легкие травмы, определяем для свободного движения как

$$N_{\text{чел}} = (6 \cdot 2 \cdot 70) : 46 \cdot 1,5 = 28 \text{ чел}$$

Средняя стоимость таких травм (с учетом продолжительности пребывания в больнице) оценивается в 0,35 млн. руб. Суммарные затраты на легкие травмы составляют 9,8 млн. руб.

То же для транспортного затора в одном направлении

$$N_{\text{чел}} = (3 \cdot 2 \cdot 70) : 7 \cdot 1,5 = 90 \text{ чел.}$$

По встречному направлению

$$N_{\text{чел}} = (3 \cdot 2 \cdot 70) : 46 \cdot 1,5 = 14 \text{ чел.}$$

Итого количество пострадавших, получивших легкие травмы, составит  $90 + 14 = 104$  чел. Суммарные затраты оцениваются в 36,4 млн. руб.

В случае, когда в транспортном потоке присутствуют автобусы, количество погибших увеличивается на 50 человек для каждого автобуса. Вероятность того, что поблизости окажутся автобусы, рассчитываем в зависимости от процентной доли их в составе транспортного потока. Для свободного движения

$$N_{\text{автб}} = 54 \cdot 0,009 = 0,5 = 1 \text{ автб.}$$

Для затора

$$N_{\text{автб}} = 198 \cdot 0,009 = 1,8 = 2 \text{ автб.}$$

Для свободного движения расходы, связанные с летальным исходом, увеличатся на 120 млн. руб. Для затора расходы, связанные с летальным исходом, увеличатся на 240 млн. руб.; расходы, связанные с травмами средней тяжести – на 70 млн. руб. Итоговое максимально возможное количество погибших и раненых и связанные с ними ущербы для различных сценариев реализации теракта приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Максимально возможное количество погибших и раненых и связанные с ними ущербы для различных сценариев реализации теракта

Сценарий (ветвь)	Колич-во погибших чел	Ущерб, млн. руб.	Колич-во раненых, чел.	Ущерб, млн. руб.	Кол-во легкораненых, чел.	Ущерб, млн. руб.	Итого ущерб, млн. руб.
Свободное движение без автобусов	30	72,0	22	30,8	28	9,8	112,6

#### Окончание таблицы 4.4

Сценарий (ветвь)	Колич-во погибших чел	Ущерб, млн. руб.	Колич-во раненых, чел.	Ущерб, млн. руб.	Кол-во легкокор-ненных, чел.	Ущерб, млн. руб.	Итого ущерб, млн. руб.
Свободное движение с автобусами	80	192,0	22	111,8	28	9,8	232,6
Затор без автобусов	111	266,4	82	114,8	104	36,4	417,6
Затор с автобусами	161	386,4	132	184,8	104	36,4	607,6

#### 4.3.2.2 Имущественный ущерб

Время реконструкции и стоимость оцениваем на основании данных для европейских объектов-аналогов. С учетом обрушения моста продолжительность восстановительных работ при повреждении мостового сооружения приведена в таблице 4.5.

Период восстановления и реконструкции принимается для самого неблагоприятного прогноза продолжительностью 21,5 мес.

Согласно данным для европейского объекта-аналога и с учетом корректировки стоимость реконструкции принимаем равной 0,5 млрд. руб.

Таблица 4.5 – Продолжительность восстановительных работ

№ п/п	Описание работ	Время, месяцы
1	Предварительно-восстановительные работы (немедленные меры защиты, оценка ущерба, мнения экспертов и т.д.)	0,25 - 1,5
2	Процедура тендера и выбор исполнителя проектных работ	0,25 - 1,0
3	Проектные работы	0,5 - 4,0
4	Процедура тендера и выбор исполнителя строительных работ	1,0 - 3,0
5	Строительные работы	1,0 - 12,0
	Итого	3,0 - 21,5

#### 4.3.2.3 Повреждение транспортных средств и близлежащих зданий

Количество поврежденных автомобилей было рассчитано выше при определении количества пострадавших, получивших травмы средней тяжести, и погибших людей. При расчетах это значение умножаем на среднюю сумму выплат страховых компаний в части возмещения ущерба, причиненного имуществу. Средняя стоимость компенсации ущерба от повреждения АТС принята 1,5 млн. руб. для легковых и грузовых автомобилей и 4,5 млн. руб. для автобусов. Количество поврежденных транспортных средств и связанные с их восстановлением расходы приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Расходы от повреждения транспортных средств

Сценарий (ветвь)	Поврежденные АТС (кроме автобусов)	Поврежденные автобусы	Стоимость, млн. руб.
Свободное движение без автобусов	35	0	52,5
Свободное движение с автобусами	35	1	57,0
Затор без автобусов	129	0	193,5
Затор с автобусами	129	2	202,5

В зону повреждения остекления попадает один жилой дом. Стоимость замены остекления с учетом стоимости 1 м<sup>2</sup> остекления в 5,0 тыс. руб. составит около 1,8 млн. руб.

#### 4.3.2.4 Экологический ущерб

Экологический ущерб определяется как вред, нанесенный поверхностным водам при попадании в них нефтепродуктов от находившихся в зоне поражения транспортных средств. Оценка величины ущерба от загрязнения водной среды проводится по методике [1] с использованием региональных показателей удельного ущерба, представляющих собой удельные стоимостные оценки ущерба на единицу (1 условную тонну) приведенной массы загрязняющих веществ.

При реализации наиболее неблагоприятного сценария на мосту находится полуприцеп с нефтепродуктами ППЦ-40, следовательно, в водный объект попадет порядка 40 т нефтепродуктов. Экологический ущерб, нанесенный водному объекту, составит 8,11 млн. руб.

#### 4.3.2.5 Косвенный ущерб

Косвенные последствия рассчитываются с помощью метода, приведенного в [22]. Для его использования необходима информация об условиях движения транспорта на дорожной сети (интенсивность, скорость движения, состав потока), включающей в себя участок дороги с данным мостом и на альтернативных маршрутах. В настоящих расчетах косвенные расходы оценивались по объекту-аналогу и приняты равными 1,6 млрд. руб.

#### 4.3.3 Расчет интегрального риска

Общий риск рассчитан, как произведение условных вероятностей на соответствующий ущерб при реализации наиболее неблагоприятного сценария по формуле (2.8).

Расчет интегрального риска выполнен по формуле (2.9). Результаты

оценки интегрального риска представлены в таблице 4.7.

Таким образом, максимально возможный суммарный ущерб от разрушения моста при отсутствии дополнительных мер защиты в результате террористического акта (реализация наиболее неблагоприятного сценария) может составить ориентировочно 2-3 млрд. руб. Величина интегрального риска равна 225-1181 млн. руб.

Таблица 4.7 – Результаты оценки интегрального риска

Сценарий (ветвь)	Условная вероятность	Прямые издержки, млн. руб.				Экологический ущерб, млн. руб.	Косвенные издержки, млн.руб.	Суммарный ущерб, млн. руб.	Риск, млн. руб.
		Социальный ущерб	Имущественный ущерб						
			стоимость летальных исходов	стоимость реконструкции	стоимость поврежденных АТС				
Свободное движение без автобусов	0,519	112,6	500	52,5	1,8	8,11	1600	2275,01	1180,7
Свободное движение с автобусами	0,231	232,6	500	57,0	1,8	8,11	1600	2399,51	554,3
Затор без автобусов	0,173	417,6	500	193,5	1,8	8,11	1600	2721,01	470,7
Затор с автобусами	0,077	607,6	500	202,5	1,8	8,11	1600	2920,01	224,8
Общий риск									2430,5

#### 4.4 Оценка влияния разных факторов на уровень уязвимости и защищенности моста. Обоснование мер по повышению его защищенности от АНВ

В случае если уровень риска критичности моста оказался выше допустимого, должны быть реализованы мероприятия защиты.

Рассмотрим эффективность мер защиты, ориентированных на обнаружение и предотвращение возможного террористического акта путем инженерно-технической (физической) защиты, а также повышения живучести конструкции моста.

Меры защиты включают в себя:

- укрепление пролета (повышение живучести конструкции);
- видеонаблюдение,
- посты охраны

Учитываем затраты на принятие мер защиты прямые и косвенные.

##### 4.5.1 Укрепление пролета

Усиление конструкции пролета с помощью бетона, стали или уг-

леродного волокна позволяет снизить возможные повреждения при реализации террористического акта и повысить живучесть конструкции. Инвестиционные затраты принимаем 40 млн. руб., срок службы 20 лет, а стоимость обслуживания 16 млн. руб./год. Ежегодные затраты (эксплуатационные затраты) рассчитываем по формуле (2.13)

$$C_y = 40 \cdot \frac{(1+0,02)^{20} \cdot 0,02}{(1+0,02)^{20} - 1} + 16 = 18,3 \text{ млн. руб./год}$$

#### 4.4.2 Видеонаблюдение и пост охраны

Другой метод - контроль критических элементов с помощью видеонаблюдения и поста охраны. Он требует либо постоянного наблюдения за видеоматериалами, либо использования автоматической системы обнаружения. Инвестиционная стоимость автоматической системы обнаружения системой с четырьмя камерами составляет 800 тыс. руб. при сроке службы 10 лет, стоимости обслуживания и содержания поста охраны 11 млн. руб./год и эксплуатационных расходах 400 тыс. руб./год. Ежегодные затраты (эксплуатационные затраты) рассчитываются по формуле (2.13)

$$C_y = 6 \cdot \frac{(1+0,02)^{10} \cdot 0,02}{(1+0,02)^{10} - 1} + 3 + 11 = 11,9 \text{ млн. руб./год}$$

#### 4.4.3 Оценка риска с защитными мерами

Реализация меры «Укрепление пролета» учитывается путем изменения условной вероятности предпосылки «Достаточное количество взрывчатых веществ» с 1 до 0,25 (экспертная оценка). Форма диаграммы дерева событий не меняется, изменяются только условные вероятности. Условная вероятность каждого состояния отображается цифрами. Диаграмма дерева событий для взрыва пролета моста в случае укрепления пролета показана на рисунке 4.5.

Реализация меры «Видеонаблюдение» учитывается путем изменения условной вероятности предпосылки «Беспрепятственное размещение зарядов» с 1 до 0,10 (экспертная оценка). Форма диаграммы дерева событий не меняется, изменяются только условные вероятности. Условная вероятность каждого состояния отображается цифрами. Диаграммы дерева событий для взрыва пролета моста, в случае установки видеонаблюдения и поста охраны, показана на рисунке 4.6.

В зависимости от условной вероятности при использовании каждой из мер защиты пересчитан ущерб по приведенному выше алгоритму. Результаты суммарного ущерба и риска сведены в таблицу 4.8.

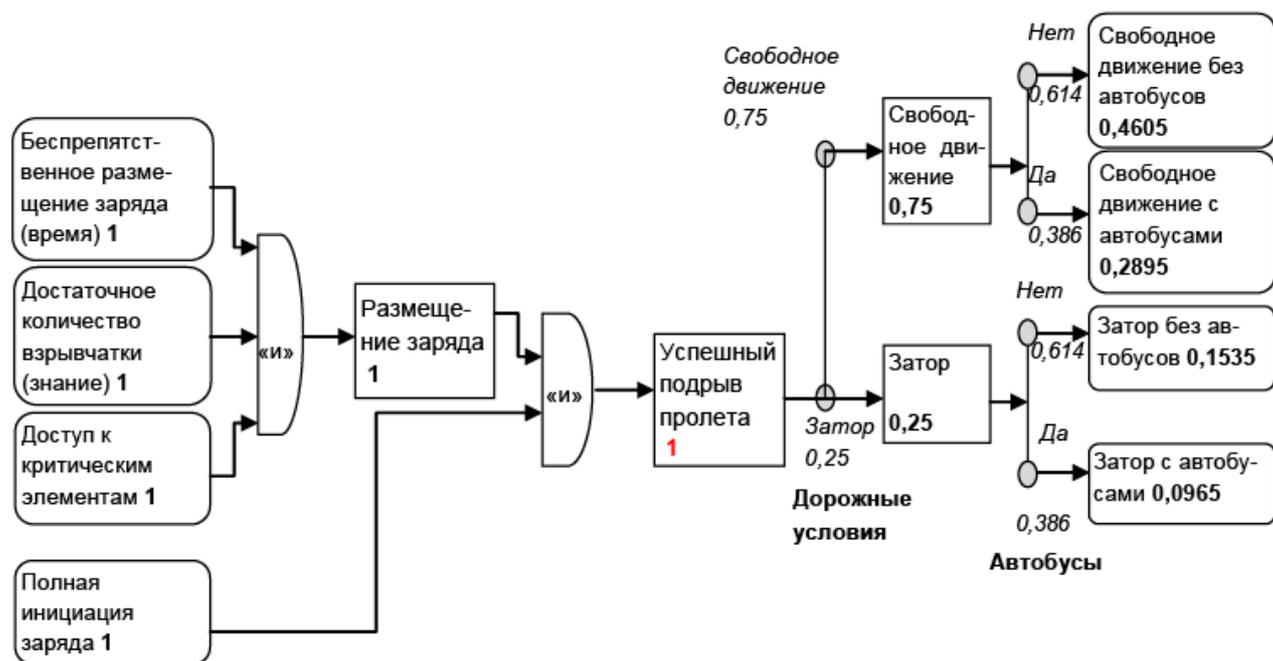


Рисунок 4.5 – Диаграммы дерева событий для взрыва пролета моста в случае укрепления пролета

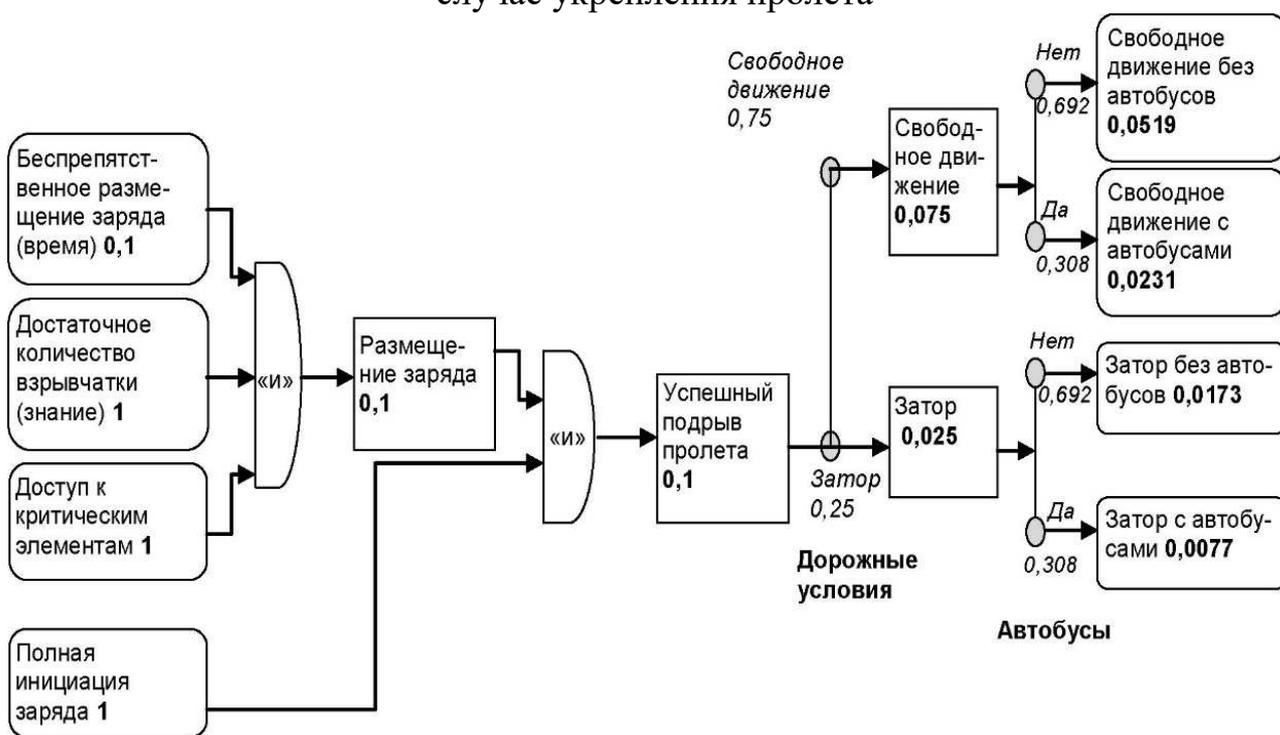


Рисунок 4.6 – Диаграммы дерева событий для взрыва пролета моста в случае установки видеонаблюдения и поста охраны

Расчет общего риска ЧС от АНВ на мосту после внедрения мер защиты выполнен по формуле (2.12), результаты сведены в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – Результаты расчета риска ЧС от АНВ на мосту после внедрения мер защиты

Сценарий (ветвь)	Условная вероятность			Суммарный ущерб, млн. руб.			Риск, млн. руб.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Свободное движение без автобусов	0,519	0,1298	0,0519	2275,01	2275,01	2275,01	827,3	295,3	118,1
Свободное движение с автобусами	0,231	0,0578	0,0231	2399,51	2399,51	2399,51	554,3	138,7	55,4
Затор без автобусов	0,173	0,0433	0,0173	2721,01	2721,01	2721,01	470,7	117,8	47,1
Затор с автобусами	0,077	0,0193	0,0077	2920,01	2920,01	2920,01	224,8	56,4	22,5
Общий риск							2077,1	608,2	243,1

В таблице 4.8 условная вероятность обозначена: 1 – отсутствие мер защиты; 2 – укрепление пролета моста; 3 – введение системы видеонаблюдения и поста охраны.

Из приведенных результатов следует, что применение выбранных мер защиты от АНВ (укрепление пролетного строения, установка комплексной системы видеонаблюдения и поста охраны) значительно снижает уязвимость (повышает защищенность) рассматриваемого моста, что выражается в снижении прямых и косвенных ущербов в случае реализации террористической атаки с наиболее неблагоприятными последствиями.

Как отмечалось выше, при использовании общего анализа затрат и выгод требуется информация о частоте возникновения каждого конкретного сценария. Но не существует адекватных данных, чтобы вычислить частоту возможных террористических актов. Поэтому целесообразно рассчитывать частоту безубыточности, т.е. частоту, при которой только затраты экономически эффективны. Результаты расчета частот и периода безубыточности по формуле (2.14) приведены в таблице 4,9

Таблица 4.9 – Результаты расчета частоты и периода безубыточности

Меры защиты	Ежегодные расходы, млн. руб./год	Общий риск без мер защиты, млн. руб.	Общий риск с учетом мер защиты, млн. руб.	Частота безубыточности, год <sup>-1</sup>	Период безубыточности, лет
Укрепление пролета	18,3	2077,1	608,2	$1,2 \cdot 10^{-2}$	83
Видеонаблюдение, охрана	11,9	2077,1	243,1	$0,6 \cdot 10^{-2}$	166

Из данных таблицы 4.9 следует, что период безубыточности для мер «Укрепление пролета» и «Видеонаблюдение и охрана» составляет 83 и 166 лет, соответственно. Это означает, что укрепление пролета должно осуществляться, если по оценкам этот тип атаки случается чаще, чем каждые 83 лет, а системы

видеонаблюдения и пост охраны должны быть установлены, если существует вероятность, что нападение осуществится раз в 166 лет.

На рассмотренном примере – оценке уязвимости автомобильного моста через водный объект - проверена работоспособность методики, использующей методологию риск - менеджмента безопасности ОТИ от АНВ.

Использование данной методики не исключает и не заменяет, а конкретизирует и совершенствует существующую методику путем введения дополнительного параметра оценки уязвимости - экономической оценке рисков обеспечения защищенности ОТИ, путем сравнения затрат и выгод от конкретных мер защиты объекта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современном мире, где ежедневно происходит перемещение сотен миллионов человек различными видами транспорта, вопросу обеспечения транспортной безопасности уделяется особо пристальное внимание.

Транспортная безопасность направлена на защиту пассажиров, владельцев, получателей и перевозчиков грузов, владельцев и пользователей транспортных средств, транспортного комплекса и его работников, экономики и бюджета страны, окружающей среды от угроз в транспортном комплексе.

Наличие терактов на транспорте свидетельствует о том, что система транспортной безопасности не обеспечивается в полной мере и требует более эффективного проведения работ по оценке уязвимости ОТИ.

В целях разработки методов для повышения эффективности оценки уязвимости ОТИ в магистерской диссертации выполнено следующее:

- рассмотрена структура системы обеспечения транспортной безопасности в нашей стране, Федеральный государственный контроль в области транспортной безопасности, порядок категорирования и оценки уязвимости;

- выделены основные факторы (критерии) уязвимости ОТИ от АНВ;

- определены параметры оценки уязвимости экспертным путем с использованием характеристики модели нарушителя;

- проведен сравнительный анализ методов оценки уязвимости ОТИ от АНВ в России и экономически развитых странах (США, ЕС), при этом, в России оценка уязвимости заключается в экспертной оценке вероятности своевременного обнаружения нарушителей и прибытия сил охраны к критическому элементу объекта, а в США эта система построена на основе оценки и управления рисками, которая является более эффективной, поэтому принята для оценки уязвимости стратегически важного объекта в городе Красноярск – Николаевский мост;

- выполнены расчеты оценки риска, периода безубыточности без мер защиты и с мерами защиты Николаевского моста;

- установлено, что применение выбранных мер защиты от АНВ (укрепление пролетного строения, установка комплексной системы видеонаблюдения и поста охраны) значительно снижает уязвимость рассматриваемого моста.

На рассмотренном примере – оценке уязвимости автомобильного моста через водный объект - проверена работоспособность методики, использующей методологию риск - менеджмента безопасности ОТИ от АНВ.

Использование предложенной методики не исключает и не заменяет, а конкретизирует и совершенствует существующую методику путем введения дополнительного параметра оценки уязвимости - экономической оценке рисков обеспечения защищенности ОТИ.

Предложенный дополнительный параметр дает более точную

характеристику оценки уязвимости объекта, и позволяет более эффективно организовать работу по защите важных стратегических объектов от АНВ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Федеральный закон от 09.02.2007 № 16-ФЗ «О транспортной безопасности»
- 2 Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 12.04.2010 № 87 «О Порядке проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств»;
- 3 Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06.10.2016 № 1318-ст «Об утверждении национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 57119-2016 "Методика проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств. Общие требования"»
4. Верешков, В.Л. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба / Л.В. Верешков, В.Л. Грошев, В.В. Гаврилов. - URL: <http://www.gosthelp.ru/text/Vremennayametodikaopredel.html>
5. ГОСТ 27751-88 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету». - URL: <http://sniphelp.ru/constructing>
6. ОДМД. Методика проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры в сфере дорожного хозяйства. - М.: Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2010. - 50 с.
7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010 - 2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска (ISO/IEC 31010:2009 Risk management - Risk assessment techniques). - М.: Стандартинформ, 2012. - 70 с.
8. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций - М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2004. - 141 с.
9. The Blue Ribbon Panel on Bridge and Tunnel Security. Recommendations for Bridge and Tunnel Security. The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) Transportation Security Task Force - 2003.- 64 pp.
10. Council Directive 2008/114/EC of 8 December 2008 on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection/ Official Journal of the European Union, 23.12.2008, p.p. 74-82.
11. Risk Management Series. Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings. December 2003. FEMA. FEMA 426 p.
12. Вакарев, А.А. Методические подходы к определению экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций для региональной экономики / А.А. Вакарев. // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 3, Экономика и экология. - 2011. - №1(18). - С. 54-60.
13. Волынский-Басманов, Ю.М. Некоторые замечания и предложения к Методическим рекомендациям по проведению оценки уязвимости объекта

транспортной инфраструктуры и транспортных средств воздушного транспорта / Ю.М. Волынский-Басманов, Ю.Б. Михайлов // Транспортная безопасность и технологии. - 2012. - №1(28). - С. 102-107.

14. Крепышева, Н.В. Методические и организационно-правовые проблемы оценки ущерба от дорожно-транспортных происшествий / Федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2006-2012 год. Опыт разработки и реализации / Н.В. Крепышева. - М., 2012.- С. 92-97.

15. Станиславский, А.Б. Управление рисками нарушения безопасности инфраструктуры транспортного комплекса: автореф. дис. ... д.т.н. / А.Б. Станиславский; ИСА РАН, 2010. - 50 с.

16. Трофименко, Ю.В. Оценка вреда, наносимого окружающей среде автотранспортным комплексом региона / Ю.В. Трофименко // Вестник МАДИ. - 2009. - Вып. 2 (17), июнь. - С. 97-102.

17. Трофименко, Ю.В. Обеспечение защищенности автомобильных мостов от актов незаконного вмешательства// Учебное пособие МАДИ. - 2014. - 177 с.

18. Трофименко, Ю.В. Экология: Транспортное сооружение и окружающая среда / Ю.В. Трофименко, Г.И. Евгеньев. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - 400 с.

19. Турыгин, В.И. Соблюдение законодательства в части организации охраны, противопожарного, аварийно-спасательного обеспечения на транспорте. Аттестация аварийно-спасательных и поисково-спасательных формирований / В.И. Турыгин // Транспортная безопасность и технологии. - 2012. - №3(30). - С. 30-32.

20. COPERT 4 (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport). - URL: <http://www.emisia.com/copert>

21. Cost-effectiveness of Protection Measures to Mitigate Terrorist Attacks on Bridges and Tunnels/ Christian A. Andersen, Kasper C. Jørgensen, Erik K. Lauritzen/ NIRAS. - 2012. - 11 pp / SeRoN. - URL: <http://www.seron-project.eu>

22. Issa L. Development of an inspection checklist for risk assessment of bridges in New Jersey. - New Brunswick, New Jersey. - May, 2008. - 87 pp.

23. M. Leung, J.H. Lambert, A. Mosenthal. A Risk-Based Approach to Setting Priorities in Protecting Bridges Against Terrorist Attacks // Risk Analysis, Vol. 24, No. 4, 2004. - P.963-984.

24. Security of Road Transport Networks Deliverable D200 Task 203/204 Identification and Classification of European Bridge and Tunnel Types (concise version) FP7-ICT-SEC-2007-1 Grant Agreement n 225354/ July 2011. - 27 pp.

25. Security of Road Transport Networks Deliverable D500 Risk assessment (concise version) FP7-ICT-SEC-2007-1 Grant Agreement n 225354/ March 2012. v.1.0 - 118 pp.

26. Security of Road Transport Networks Deliverable D600 Validation/ FP7-ICT-SEC-2007-1 Grant Agreement n 225354/ 28/09/ 2012. - 40 pp.



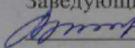




Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра транспорта

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Е.С. Воеводин

«    »    2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Совершенствование методики оценки уязвимости  
объектов транспортной инфраструктуры

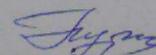
23.04.01 «Технология транспортных процессов»

«Оценка соответствия и экспертизы безопасности на транспорте»

Научный руководитель

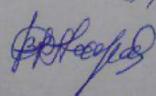
д.т.н., профессор И.М. Блянкинштейн

Выпускник

01.07.2020 

А.Б. Пурис

Рецензент



директор ЦПК СТК СФУ В.Ф. Лесун

Красноярск 2020