

ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Дегаев Евгений Николаевич

к.т.н., доцент кафедры «Жилищно-коммунального комплекса»
Национального исследовательского Московского государственного
строительного университета (НИУ МГСУ), (Москва, Россия); e-mail:
degaev@inbox.ru

Аннотация: В статье рассматривается комплексный подход к обеспечению безопасности объектов транспортной инфраструктуры за счет интеграции автоматизированных систем управления транспортными сооружениями. Рассматриваются чрезвычайные ситуации, источниками которых выступают техногенные аварии, непосредственно на объектах транспортной инфраструктуры. Спрогнозированы последствия возникновения чрезвычайных ситуаций, произведен расчет возможных повреждений и потерь при реализации проектных угроз. Представлены структурно-функциональные схемы и алгоритмы по организации и интеграции автоматических систем управления инженерными системами сооружения, даны рекомендации по снижению проектных угроз безопасности при строительстве и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: комплексная безопасность, пожарная безопасность, промышленная безопасность, проектные риски; расчетные угрозы

DESIGN SOLUTIONS FOR PREVENTION OF MAN-MADE EMERGENCIES AT TRANSPORT INFRASTRUCTURE FACILITIES

Degaev Evgeniy Nikolaevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Housing and Communal Complex, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), (Moscow, Russia);
e-mail: degaev@inbox.ru

Abstract: The article discusses a comprehensive approach to ensuring the safety of transport infrastructure facilities through the integration of automated control systems for transport facilities. The consequences of emergencies were predicted, and the calculation of possible damages and losses during the implementation of design-basis threats was made. The author has developed structural and functional diagrams for the organization and integration of automatic control systems for engineering systems of a structure, recommendations are given for reducing design safety threats during the construction and operation of transport infrastructure facilities.

Keywords: complex safety, fire safety, industrial safety, design risks; calculated threats

Актуальность работы

Современные тенденции развития транспортной инфраструктуры, особенно в крупных городах, приводят к необходимости строительства все большего количества автодорожных эстакад, развязок и т.д. Многочисленные

чрезвычайные ситуации (ЧС) произошедшие во многих странах мира привели к тому, что дорожные объекты были охарактеризованы как «зоны повышенного риска» для людей.

Так 26 августа 2004 года на мосту Вильталь в Германии топливозаправщик столкнулся со спортивным автомобилем. Автомобиль, ехавший по мосту на полном ходу, врезался в заправленную топливом автоцистерну, произошел взрыв, практически разрушивший мост

Взрыв автоцистерны 6 августа 2018 года на шоссе возле итальянского города Болонья привел к обрушению участка эстакады, на котором произошел инцидент. Случай произошел в результате столкновения бензовоза с другим автомобилем. Грузовик перевозил химикаты, которые взорвались и разгорелись в результате сильного удара. В трагедии пострадали 55 человек, 14 из них госпитализированы в тяжелом состоянии.

Нарушение эффективности функционирования объектов дорожного хозяйства, с учетом перевозимых грузов, приводит к экономическим и экологическим потерям, в результате которых гибнут люди, значительно снижается уровень и условия проживания населения страны.

Сооружения дорожного хозяйства относятся к стратегически важным объектам и должны быть надежно защищены от всевозможных видов угроз безопасности [6].

Целью работы является разработка рекомендации по снижению проектных угроз безопасности на объектах транспортной инфраструктуры.

Формулировка задачи

Под техногенной аварией понимается опасное событие искусственного характера, в результате которого на объекте или на определенной территории возникла чрезвычайная ситуация. В зависимости от расположения источника аварийных ситуаций по отношению к проектируемому объекту, угрозы условно можно разделить на внутренние (возникающие непосредственно на объекте проектирования) и внешние (возникающие вне проектируемого объекта, но создающие аварийные ситуации на нем).

Под безопасностью объекта понимается, прежде всего, свойство ограничивать опасное техногенное воздействие на людей и окружающие объекты, в случае аварии и во время нормальной эксплуатации объекта [1 - 4]. Чрезвычайные ситуации на объектах транспортной инфраструктуры могут возникать в результате дорожно-транспортных происшествий и террористических актов.

Анализ ситуации и динамики дорожно-транспортных происшествий показывает, что уровень дорожно-транспортных происшествий в России остается неприемлемо высоким. Основными причинами увеличения аварийности являются:

- наличие на рынке транспортных услуг большого количества малых предприятий, не имеющих соответствующей производственной базы и ремонтно-диагностического оборудования;

- «взрывной» рост количества автомобилей и, как следствие, плохая практическая подготовка, низкая дисциплина вождения и недостаточное знание водителями правил дорожного движения (более 50% всех ДТП совершается индивидуальными водителями);

- критический износ автомобилей, низкий уровень российского автомобилестроения по техническому уровню и безопасности выпускаемых автомобилей

Результаты статистики показывают, что основной причиной аварии становится недисциплинированность водителей, что выражается в нарушении правил дорожного движения [5, 6].

Наиболее распространенным террористическим актом является подрыв заряда конденсированного взрывчатого вещества (ВВ). В связи с тем, что, как правило, за опорами мостового сооружения организован видеоконтроль, то наиболее вероятным местом совершения террористического акта может быть проезжая часть. При оценке возможных последствий теракта в настоящей работе рассматривается гипотетический сценарий подрыва заряда

конденсированных ВВ в автомобиле, движущемся по проезжей части мостового сооружения [11].

Для достижения цели работы необходимо рассмотреть гипотетическую возможность возникновения чрезвычайной ситуации при реализации проектных угроз.

Результаты исследования

Проведем оценку возможных последствий пожаровзрывоопасной аварии, связанной со столкновением легкого автомобиля и бензовоза с разгерметизацией цистерны непосредственно на проезжую часть мостового сооружения. Согласно «Руководству по оценке пожарного риска для промышленных предприятий» условная вероятность различных сценариев развития аварий с выбросом нефтепродуктов при полном разрушении оборудования может быть следующей [7] (табл. 1):

Таблица 1

Сценарий аварии	Вероятность, P
Горение пролива	0,2
Огненный шар	0,1
Сгорание облака	0,2
Сгорание с взрывным превращением облака и развитием избыточного давления	0,2
Рассеивание паров нефтепродуктов без пожара или взрыва	0,3

Учитывая, что вероятность горения пролива, а также взрыва облака топливовоздушной смеси (ТВС) достаточно высока, по возможным их последствиям проведена оценка для двух сценариев (см. рис. 1).

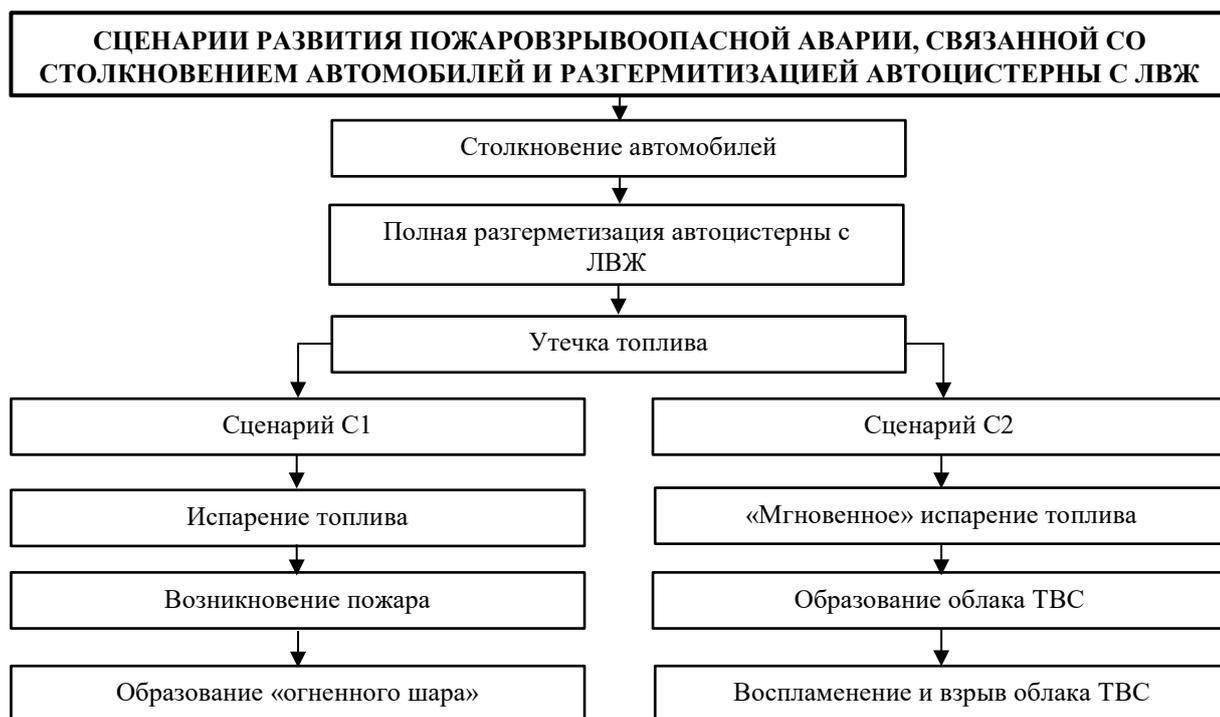


Рис. 1. Сценарии развития пожаровзрывоопасной аварии

Оценка зон действия взрыва при аварии проведена для следующих исходных данных (табл. 2) [7]:

Таблица 2

Топливо	Бензин АИ-95
Температура воспламенения	255-370 °С
Взрывоопасная концентрация паров бензина в смеси с воздухом	0,76-6,0 %
ПДК паров бензина в воздухе	100 мг/м ³
Количество топлива в автоцистерне	8000 кг
Плотность бензина	751 кг/м ³
Условия разлива	свободное
Пространство	открытое

При определении зон действия основных поражающих факторов при авариях использовались методики:

- расчета радиусов зон поражения при воздействии теплового излучения пожара пролива и «огненного шара» [8];
- расчета радиусов зон поражения при воздействии избыточного давления [9].

Результаты расчетов пожаровзрывоопасной аварии приведены в табл. 3.

Таблица 3

Сценарий С1		
Площадь пролива, м ²	14,01	
Время существования огненного шара, с	2,58	
Максимальный радиус зоны поражения при его воздействии на человека, м	до 206 м	
Сценарий С2		
Степень поражения	Избыточное давление, кПа	Радиус зоны (открытое пространство), м
Полное разрушение зданий	100	53
50% разрушение зданий	53	75
Средние повреждения зданий	28	109
Умеренные повреждения зданий	12	194
Нижний порог повреждения человека	5	388
Малые повреждения	3	604

Согласно статистическим данным, вероятность подобных аварий на автомобильном транспорте находится в пределах 1×10^{-4} случаев в год [5]. Анализ опасностей, связанных с авариями на автотранспорте, показывает, что наиболее возможным событием, инициирующим техногенные аварии, может быть столкновение автомобилей и разгерметизация топливного бака одного из них [5, 6, 10].

В случае взрывоопасной аварии с участием легковых автомобилей, в зоне действия основных поражающих факторов могут оказаться люди, находящиеся вблизи места аварии. Санитарные потери могут составить до 3 человек, безвозвратные потери - 2 человека. Общие потери - 5 человек.

В качестве ВВ при расчетах возможного террористического акта принят тротил в количестве 50 кг, находящийся в автомобиле. Расчеты проводились по «Методике прогнозирования взрывов конденсированных ВВ». Результаты прогнозирования последствий теракта с подрывом ВВ приведены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристика зон поражения	Радиус зон поражения, м
Зона смертельного поражения людей	12,0
Зона полного разрушения конструкций сооружения	15,0
Зона сильного разрушения конструкций сооружения	20,0
Зона среднего разрушения конструкций сооружения	25,0
Зона слабого разрушения конструкций сооружения	35,0
Зона разбитого 50% остекления	50,0

Общие проектные требования по предупреждению чрезвычайных ситуаций техногенного характера на объектах транспортной инфраструктуры должны содержать следующие технические решения (рис. 2):



Рис. 2. Проектные требования по обеспечению комплексной защиты объекта транспортной инфраструктуры

Решения по безаварийной остановке технологических процессов при возникновении чрезвычайной ситуации должны предусматривать ограничения (полное прекращение) доступа автотранспорта на объект с помощью светофоров и шлагбаумов.

Управление светофорами перераспределения автотранспортных потоков, должно быть предусмотрено в ручном, дистанционном и автоматизированном режиме системой управления движения ГИБДД.

Перед эстакадами за 150 м должны быть установлены информационные знаки, запрещающие перевозку опасных грузов (ЛВЖ, ГЖ и др. опасных веществ) колонной более 3-х автомобилей.

Решения по светомаскировке объекта должны соответствовать СП 165.132580. Общие технические решения и организационные мероприятия должны быть направлены на:

- разработку планов и организационных мероприятий по светомаскировке, с целью сведения до минимума демаскирующего светового излучения;

- организацию дежурства в темное время суток на пункте отключения наружного и внутреннего освещения сооружений.

Кроме перечисленных организационных мероприятий, исходя из требований СП 264.1325800, необходимо предусматривать централизованное отключение наружного освещения в рамках полной светомаскировки города при получении сигнала «Воздушная тревога» от щита диспетчера [12].

Организация и выполнение уведомления о чрезвычайных ситуациях должна осуществляться в соответствии с «Положением о системах оповещения населения» [13].

Основным способом доведения информации до людей, находящихся на территории объекта транспортной инфраструктуры, является подача сигнала «Внимание всем!...» с помощью сирен, установленных на объекте. Все современные автотранспортные средства оборудованы радиоприемниками, в связи с чем, для оповещения также могут быть задействовано эфирное радиовещание в УКВ и FM диапазонах [13].

Система обнаружения и извещения о чрезвычайных ситуациях должна включать в себя следующие подсистемы:

1. Подсистема видеоконтроля движения автотранспорта;
2. Подсистема видеоконтроля в подэстакадном и подмостовом пространствах;
3. Подсистема теплового контроля (тепловизоры) возникновения пожара.

Система позволяет своевременно обнаружить любые чрезвычайные ситуации:

- на проезжей части;

- в подэтакадном пространстве;
- в русле реки (загорание водного транспорта).

Для условий ограниченной видимости (сильного тумана, задымления и др.) в систему должны быть интегрированы специальные тепловизоры [14-16].

Для управления системами безопасности, противопожарной защиты, контроля движения автотранспорта и водного транспорта должен предусматриваться диспетчерский пункт. Структурно-функциональная схема видеоконтроля представлена на рис. 3.



Рис. 3. Интегрированная система видеоконтроля движения автотранспорта и подэтакадного пространства мостового сооружения

Решения по беспрепятственной эвакуации людей с территории объекта, а также по обеспечению беспрепятственного ввода и передвижения на проектируемом объекте сил и средств ликвидации последствий аварий, играет ключевую роль в математическом моделировании возможных параметров чрезвычайных ситуаций. Решения позволяют определить тип и количество специальной техники, оценить тактические возможности гарнизона пожарной охраны и аварийно-спасательных служб. Применение этих решений в проекте

позволяет максимально точно следовать рекомендациям по составлению планов тушения пожара [17, 18].

Решения по обеспечению взрывопожарной безопасности на объектах транспортной инфраструктуры должны быть разработаны в соответствии с требованиями следующих документов:

- Постановления Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 года № 87;
- ст. 48, ст. 49 Федерального закона от 29.12.2004 г. №190-ФЗ;
- ст. 5.1, п. 2 ст. 7 Федерального закона от 27.12.2002 г. №184-ФЗ;
- ст. 8, ст.15, ст. 17 Федерального закона от 30.12.2009 г. №384-ФЗ;
- Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ.



Рис. 4. Структурная схема противопожарных технических решений по транспортным схемам и пешеходным потокам

Конструктивные особенности мер пожарной безопасности в каждом объекте должны соответствовать требованиям действующего законодательства в области пожарной безопасности.

Организационно-технические противопожарные мероприятия включают в себя целый ряд инструкций, программ и регламентов, использование

которых существенно снижает вероятность возникновения ЧС (или пожара), а при ее возникновении способствуют успешной ликвидации [19-21].

Выводы

Технические решения по обеспечению безопасности объектов транспортной инфраструктуры должны быть разработаны на основании законодательной и нормативной документации. Приведенные требования и технические решения являются минимально необходимыми для обеспечения взрывопожарной безопасности в случае чрезвычайной ситуации на объектах транспортной инфраструктуры. В зависимости от объекта строительства технические решения могут быть значительно расширены.

Литература

1. Федеральный закон от 9 февраля 2007 г. N 16-ФЗ «О транспортной безопасности».
2. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
3. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 3 июня 2020 г. № 814 «Об определении объектов транспортной инфраструктуры, вокруг которых устанавливаются зоны безопасности».
5. Транспорт России. Информационно-статистический бюллетень. Январь – декабрь 2019 года. Москва 2020 г. С. 68.
6. Дегаев Е.Н. Автомобильный транспорт - зона повышенной пожарной опасности. В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015). Сборник статей VII Международной научно-технической конференции. Е.В. Агеев (отв. редактор). 2015. С. 35-37.
7. «Руководство по оценке пожарного риска для промышленных предприятий». Федеральное государственное учреждение «Всероссийский ордена "Знак почета" Научно-исследовательский институт противопожарной обороны», Москва, 2006 год.
8. ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ. «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».
9. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 536 от 15 декабря 2020 года «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением».
10. Теличенко В.И., Король Е.А., Хлыстунов М.С., Завалишин С.И. Глобальные риски и новые угрозы безопасности ответственных строительных объектов мегаполиса. В книге: Городской строительный комплекс и проблемы жизнеобеспечения граждан. Сборник докладов научно-технической конференции. 2005. С. 211-218.
11. «Методика прогнозирования взрывов конденсированных ВВ» (ВИУ, 1999 г.).
12. СП 264.1325800.2016 «Световая маскировка населенных пунктов и объектов народного хозяйства».
13. Приказ Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Министерства

цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации № 578/365 от 31 июля 2020 года «Об утверждении Положения о системах оповещения населения».

14. Король Е.А., Харькин Ю.А. К вопросу о выборе программного комплекса для моделирования напряженно-деформированного состояния трехслойных железобетонных элементов и конструкций с монолитной связью слоев. Вестник МГСУ. 2010. № 3. С. 156-163.

15. Дегаев Е.Н., Родин А.И. Автоматизированное проектирование систем пожарной безопасности в AUTOCAD. В сборнике: Реальность - сумма информационных технологий. Сборник научных статей международной молодежной научно-практической конференции. 2016. С. 89-93.

16. Родин А.И. Обеспечение пожарной безопасности DATA-центров. В сборнике: Юность и Знания - Гарантия Успеха - 2016. Сборник научных трудов 3-й Международной молодежной научной конференции. Ответственный редактор Горохов А.А., 2016. С. 317-320.

17. Чижиков Владимир Петрович. Обеспечение безопасной эвакуации людей при пожарах в транспортных тоннелях: диссертация кандидата технических наук: 05.26.03. - Санкт-Петербург, 2002. - 139 с.

18. Anisimov M.A., Degaev E.N. Warehouse premises and tank farms fire safety problem. Vestnik MGSU. 2018. Т. 13. № 10 (121). С. 1243-1250.

19. Родин А.И., Дегаев Е.Н. Административная и уголовная ответственность в сфере пожарной безопасности. В сборнике: Актуальные вопросы развития современного обществ. Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции. 2016. С. 244-248.

20. Теличенко В.И., Король Е.А., Хлыстунов М.С., Прокопьев В.И. Мониторинг геофизической устойчивости зданий и сооружений с использованием грависейсмометрической станции СГМ-3В. Предотвращение аварий зданий и сооружений. 2009. № 8. С. 27.

21. Король Е.А., Завалишин С.И., Хлыстунов М.С. Состояние нормативного обеспечения безопасности ответственных строительных объектов в условиях экстремальных динамических нагрузок. Вестник МГСУ. 2009. № S2. С. 23-27.