

В.И. Жуков, В.С. Слепцов

(Московский государственный университет путей сообщения;
e-mail: sliptoms1990@mail.ru)

О БЕЗОПАСНОСТИ ОТ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ АКТОВ И АВАРИЙ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ

Проведён анализ чрезвычайных ситуаций, возникавших в Московском метрополитене в результате терактов и аварий.

Ключевые слова: системы видеонаблюдения, метрополитен.

V.I. Zhukov, V.S. Sleptsov

ABOUT SECURITY AGAINST TERRORIST ATTACKS AND ACCIDENTS IN METRO

Emergency situations in Moscow metro as a result of terrorist attacks and accidents were analyzed.

Key words: video surveillance systems, metro.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 17 сентября 2015 г.

Московский метрополитен, введённый в эксплуатацию в 1935 году, сегодня является наиболее эффективным видом общественного транспорта Москвы, крупнейшим метрополитеном России, одной из крупнейших внеуличных транспортных сетей в мире. Для достижения необходимого сообщения на метрополитене действуют 26 пересадочных узлов в составе 66 станций, услугами которых пользуются ежедневно 5,8 млн пассажиров (свыше 60 % всего пассажиропотока). Московское метро успешно сочетает комфорт перевозок со скоростью передвижения, пассажирские технологии постоянно совершенствуются, особое внимание уделяется постоянному повышению уровня безопасности и надёжности перевозок[1].

Основные преимущества Метрополитена, по сравнению с другими видами городского транспорта: не нарушает исторически сложившуюся архитектуру города, так как является подземным транспортом; доступность в черте города [2]. На сегодняшний день доля Московского метрополитена в перевозке пассажиров, среди предприятий городского пассажирского транспорта столицы, составляет 56 %. В настоящее время Московский метрополитен имеет сеть из 12 линий общей протяжённостью 305,5 км со 196 станциями, 288 выходами и 15 электродепо, интервал в "часы пик" достигает 40-50 с; высокая стабильность как общественного городского транспорта, так как не подвергается воздействию городских пробок и транспортных заторов, в отличие от наземных видов общественного транспорта [2].

При всех достоинствах является объектом повышенной опасности как для пассажиров, так и для рабочего персонала. Среднесуточный пассажиропоток в Московском метрополитене составляет 8-9, в праздничные и дни массовых гуляний 11-12 млн человек. В ночное время проводится техническое обслуживание станций метрополитена рабочим персоналом, что снижает вероятность травматизма и гибели пассажиров в случае чрезвычайного происшествия. Необходимость организации безопасных перевозок пассажиров и выполнение плановых работ по обслуживанию метрополитена требует особых технических средств и норм, позволяющих исключить причинение вреда пассажирам и рабочему персоналу [3]. Реализация этих, а также многих других технических и организационных мероприятий позволяет повышать безопасность, качество и культуру обслуживания пассажиров в Московском метрополитене [4].

Правила пользования Московским метрополитеном, утверждённые в виде Приложения к Постановлению Правительства Москвы от 16 сентября 2008 г. № 844-ПП, подтверждают (п. 1.2), что "Московский метрополитен – транспортное предприятие, связанное с повышенной опасностью". Понятно, что вопросы безопасности на станциях, эскалаторах и переходах московского метрополитена – это большой и сложный комплекс проблем [5].

Ещё более сложно действовать и обеспечивать безопасность пассажиров в метрополитене из-за технического расположения под землёй и большой массы людей (в случае ЧС или паники неуправляемой толпы).

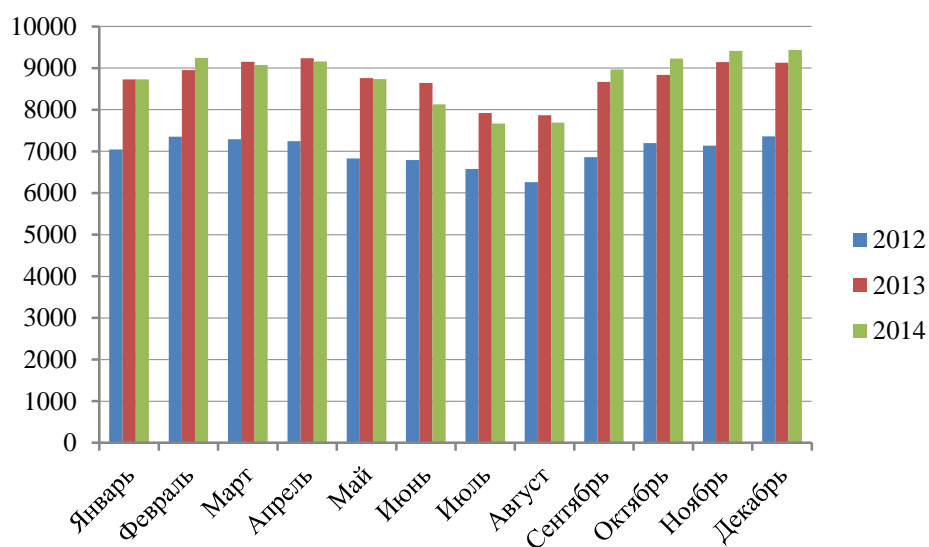


Рис. 1. Среднесуточная перевозка пассажиров за один календарный месяц

Одна из главных задач обеспечения безопасности в метрополитене – работа по противодействию терроризму и ранней локализации природных и техногенных катастроф [6]. Основой любой системы безопасности является видеонаблюдение. Системами видеонаблюдения оборудованы все станции и подуличные переходы [1].

В метрополитене непрерывно ведётся работа по обеспечению безопасности пассажиров – существуют и выполняются в установленном порядке соответствующие планы мероприятий, в которые включены и мероприятия по защите от терроризма.

Для предупреждения террористических актов, в метрополитене ежедневно проводится комплекс организационных предупредительно-профилактических мероприятий, который включает в себя:

- проведение тщательного 100 % осмотра составов в электродепо перед выдачей их на линии с обязательной проверкой функционирования связи "пассажир-машинист";

- проведение осмотров платформ, вестибюлей, межстанционных и подулочных переходов. Производится обязательная проверка вагонов на конечных станциях и при направлении составов в электродепо в целях недопущения проникновения посторонних лиц и завоза предметов;

- проверка готовности аварийно-восстановительных средств метрополитена;

- контроль целостности запорных устройств киосков вентиляционных шахт;

- проверка кинологами электричек при выезде и возвращении в депо;

- проверка сотрудниками ППС торговых объектов и павильонов в подземных переходах, ведущих в метро;

- трансляция по громкоговорящей связи через каждые 10 мин. специального текста по разъяснению пассажирам правил их поведения при обнаружении бесхозных предметов и вещей;

- отработка действий оперативного персонала метрополитена (от работника станции, машиниста и диспетчерского персонала до высшего командного состава) по взаимодействию при эвакуации пассажиров и ликвидации последствий террористических акций с УВД на метрополитене, территориальными органами управления и подразделениями ГУВД, МВД России, МЧС России, пожарной охраны.

Для персонала метро и сотрудников УВД на метрополитене в должностные обязанности введены периодические тренировки, на которых отрабатываются действия сотрудников в различных экстремальных ситуациях [2].

29 марта 2010 года в 7.52 во втором вагоне поезда, прибывшего на второй путь станции метро "Лубянка" в Москве, произошёл взрыв. В 8.36 в третьем вагоне поезда, прибывшего на второй путь станции "Парк Культуры" Сокольнической линии, произошёл второй взрыв. В общей сложности, погибли 38 человек, 64 ранены. Вторым взрывом отчётливо продемонстрировал несоответствующий уровень систем безопасности. Из остановивших свою работу станций метро было эвакуировано несколько тысяч человек, а для проведения следственных мероприятий и технических работ по восстановлению движения было

привлечено более 600 работников специальных служб и метрополитена.

В ходе следствия изображения предполагаемых террористов-смертников, полученные с существующих камер и систем видеонаблюдения метрополитена, оставляли желать лучшего. События 29 марта 2010 г. связаны с преднамеренными действиями специально подготовленных людей. Организация и обеспечение защищённости от таких действий – это одно из главных направлений обеспечения безопасности на метрополитене.

Другое направление обеспечения безопасности связано с техническими неисправностями самого оборудования и подвижного состава.

За 2013 год в Московском метро произошло 35 внештатных ситуаций – возгорания, задымления, сбой в работе подвижных составов, пострадали 44 человека (некоторые были госпитализированы). Аварии в московском метро случались и раньше, причём в последние годы особенно часто. Если в 2011 году были 22 внештатные ситуации, то в 2014 – больше 50.

Системы безопасности метрополитена являются важнейшей составляющей безопасности всей городской инфраструктуры. Новейшие технологии позволяют существенно повысить уровень безопасности граждан на территории метрополитена [5].

В условиях эксплуатации метрополитена взрывы приобретают особо опасный эффект за счёт ограниченного пространства под землёй, что увеличивает поражающий эффект в 2,4 раза. При этом большая масса людей в метрополитене влечёт многочисленные жертвы.

Московский метрополитен неоднократно являлся объектом террористической атаки, начиная с 11 июня 1996 года, в результате чего имеются многочисленные жертвы и пострадавшие, нанесён большой ущерб станциям метрополитена (табл. 1).

Таблица 1

Теракты в московском метрополитене

Теракт	Жертвы	Пострадавшие	Ущерб метрополитену, руб.
11 октября 1996 г., перегон "Тульская" – "Нагатинская"	4	14	35 млн
1 января 1998 г., станция "Третьяковская"	-	4	95 тыс.
8 августа 2000 г., станция "Пушкинская"	13	61	123 тыс.
5 февраля 2001 г., станция "Белорусская"	-	-	20 тыс.
6 февраля 2004 г., перегон "Автозаводская" – "Павелецкая"	41	250	53 млн
31 августа 2004 г., станция "Рижская"	8	50	15 тыс.
29 марта 2010 г., станции "Лубянка" и "Парк культуры"	38	88	75 млн

Для качественного анализа и моделирования происшествий взрывов в метрополитене построим *дерево отказов (ДО)* (рис. 2).

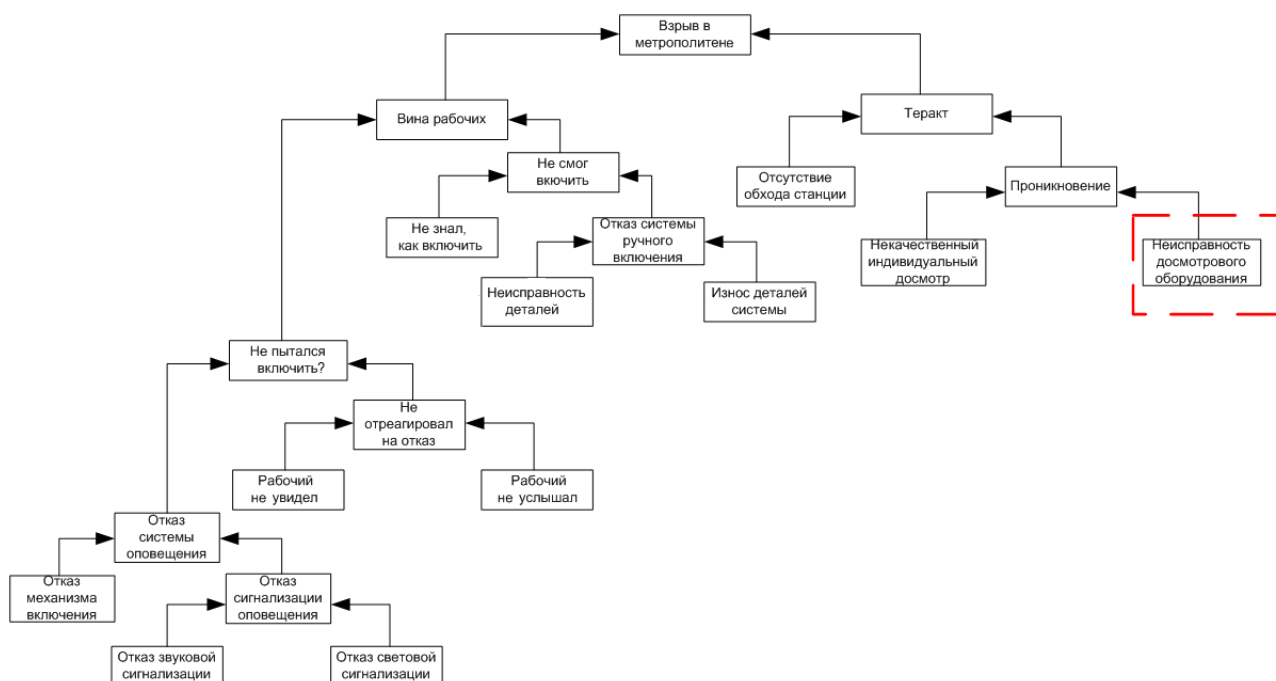


Рис. 3. Дерево отказов (ДО) происшествий взрывов в метрополитене.

Для записи структурной функции построенного дерева отказов введём следующие символические обозначения событий.

а) Базисные события:

A – "Отсутствие обхода помещений";

C – "Отказ включения механизма";

D – "Отказ звуковой сигнализации";

E – "Отказ световой сигнализации";

F – "Рабочий не увидел";

G – "Рабочий не услышал";

I – "Не знал, как включить механизм";

K – "Неисправность деталей";

L – "Износ деталей";

W – "Некачественный индивидуальный досмотр";

Y – "Неисправность досмотрового оборудования".

б) События четвертого уровня:

M – "Отказ сигнализации".

в) События третьего уровня:

Q – "Отказ системы оповещения";

N – "Не проигнорировал на отказ системы";

P – "Отказ ручного включения механизма".

г) События второго уровня:

R – "Не пытался включить механизм";

S – "Не смог включить механизм";

B – "Проникновение террористов".

д) События первого уровня:

V – "Вина рабочих";

T – "Терракт".

е) Событие нулевого (высшего) уровня:

X – "Взрыв в метрополитене"

$$X = T V, \quad (1)$$

Запишем структурную функцию, которая определяет итоговое событие X с событиями более низких уровней:

$$X = (A + (W + Y))\{[(DE + C) + FG] + [I + (K + L)]\}, \quad (2)$$

Аналогично определяется вероятность безотказной работы системы $P(t)$:

$$P(t) = P(T > t), \quad (3)$$

где T – время безотказной работы системы.

Если отказ любого элемента приводит к отказу всей системы, то при условии независимости отказов элементов вероятность безотказной работы системы определяется так:

$$P(t) = \prod_{i=1}^n p_i(t), \quad (4)$$

где $p_i(t)$ – вероятности безотказной работы элементов;

n – число элементов системы.

Другим показателем качества элемента системы является вероятность его отказа, которая определяется как вероятностью того, что время T безотказной работы элемента не превышает заданного значения времени

$$q(t) = P(T \leq t), \quad (5)$$

Если отказ системы происходит только в случае отказа всех её элементов, то при условии независимости отказов элементов вероятность отказа системы определяется с помощью теоремы умножения вероятностей [8]:

$$Q(t) = \prod_{i=1}^n q_i(t), \quad (6)$$

Используя эти выражения, можно получить выражение для вероятности безотказной работы системы при таком же условии для её отказа:

$$P(t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - p_i(t)], \quad (7)$$

Для определения вероятности события X будем считать, что вероятности базисных событий во время движения не меняются. Зададимся следующими значениями данных вероятностей:

$$q(A) = 0,05; \quad q(W) = 0,02; \quad q(Y) = 0,1;$$

$$q(C) = 0,05; \quad q(D) = 0,01; \quad q(E) = 0,02;$$

$$q(F) = 0,1; \quad q(G) = 0,05; \quad q(I) = 0,1;$$

$$q(K) = 0,01; \quad q(L) = 0,02.$$

Фактор уменьшения риска рассчитывается по формуле[6]:

$$I^{RDF} = \frac{Q(X)}{Q(q_{i=0})}, \quad (8)$$

Фактор увеличения риска для А определяется так[6]:

$$I^{RIF} = \frac{Q(q_{i=1})}{Q(X)}, \quad (9)$$

Таблица 2

Основные результаты математического анализа

Вид события	Фактор уменьшения риска	Фактор увеличения риска	Показатель чувствительности
<i>A</i> – "Отсутствие обхода помещений"	3,45	14,52	20,5
<i>C</i> – "Отказ включения механизма"	1,15	5,12	4,61
<i>D</i> – "Отказ звуковой сигнализации"	1,12	2,31	4,21
<i>E</i> – "Отказ световой сигнализации"	1,07	2,07	2,05
<i>F</i> – "Рабочий не увидел"	1,04	1,44	1,49
<i>G</i> – "Рабочий не услышал"	1,02	1,45	1,25
<i>I</i> – "Не знал, как включить механизм"	1,03	1,72	1,25
<i>K</i> – "Неисправность деталей"	1,0	1,01	1,07
<i>L</i> – "Износ деталей"	1,01	1,25	1,02
<i>W</i> – "Некачественный индивидуальный досмотр"	1,56	5,83	8,5
<i>Y</i> – "Неисправность досмотрового оборудования"	2,11	14,75	10,75

В данном анализе наиболее вероятным будет событие *A* "Отсутствие обхода помещений", далее *Y* "Неисправность досмотрового оборудования", *W* – "Некачественный индивидуальный досмотр", *C* "Отказ включения механизма", *K* "Неисправность деталей", *L* "Износ деталей", *G* "Рабочий не услышал", *F* "Рабочий не увидел", *D* "Отказ звуковой сигнализации", *E* "Отказ световой сигнализации".

На основе анализа взрыва в метрополитене, построены дерево отказов и дерево событий. Согласно общим правилам построения дерева отказов, построение начинается с события наивысшего уровня – "Взрыв в метрополитене". После построения дерева проведён качественный и количественный анализ. Затем было проведено вычисление вероятности события высшего уровня по вероятностям базисных событий с использованием аппроксимации неисправности досмотрового оборудования [9].

События Y, I, C, K, L, G, F связаны с неисправностями той или иной системы. Сбои происходят из-за неправильной эксплуатации, некачественного ремонта и износа деталей (табл. 2). Наиболее вероятным событием является неисправность комплекса досмотрового оборудования, который расположен на входе станции метрополитена, что позволяет всей технологии срабатывать на "опережение". При срабатывании металлодетекторов (рамок) или мониторов радиационного фона, в случае превышения допустимых норм радиационного фона или металлоизделий, производится автоматическая фотофиксация, после чего пассажир досматривается индивидуально специально обученными людьми. Основной задачей досмотрового оборудования является индивидуальная профилактика терроризма среди массового пассажиропотока граждан при входе в метрополитен. Оборудование досмотровой зоны обладает высокой устойчивостью к сложным условиям работы (электромагнитные помехи, большой пассажиропоток, виброустойчивость), что немаловажно для метрополитена.

Литература

1. <http://www.mosmetro.ru/about/information>.
2. *Дубченко Е.Г.* Правила технической эксплуатации метрополитенов Российской Федерации. 25.09.2001. 110 с.
3. *Шевандин М.А., Ботоев Б.Б., Рубцов Б.Н., Тыльков С.Д.* Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Гражданская оборона: учеб. пособие. М.: Маршрут, 2004. 364 с.
4. *Бобок С.А., Юртушкин В.И.* Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий: учеб. пособие. М.: изд-во ГНОМ, 2000. 288 с.
5. *Федеральный закон* от 9 сентября 2007 года № 16-ФЗ "О транспортной безопасности".
6. *Дудко М.Н., Локтионов Н.И., Юртушкин В.И.* Безопасность в ЧС: учеб. пособие. М.: ГГУ, 2000. 288 с.
7. *Пономарев В.М., Жуков В.И., Рохманов Б.Н. и др.* Безопасность труда на железнодорожном транспорте: учеб. пособие. М.: МИИТ, 2011. 670 с.
8. *Белов П.Г.* Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере. М.: ИЦ Академия, 2007. 512 с.
9. *Северцев Н.А., Дедков В.К.* Системный анализ и моделирование безопасности. М.: Высшая школа, 2006. 462 с.