

DOI 10.37882/2223–2966.2023.04.12

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА НА СТАНЦИИ МОНОРЕЛЬСА

ENSURING FIRE SAFETY AND ORGANIZATION OF FIRE EXTINGUISHING AT THE MONORAIL STATION

**A. Ivanov
S. Anikin**

Summary. The analysis of the fire danger of the monorail station was carried out, the data obtained on the spread of fire hazards, evacuation, working hours by fire departments allowed us to form a model of the totality of factors affecting the organization of the work of fire departments, which in turn allowed us to develop a model for determining the optimal decision-making task by the fire extinguishing manager minimizing the consequences of insufficient training and accumulated combat experience.

Keywords: fire, evacuation, fire hazards, risk, decision-making.

Иванов Алексей Андреевич

Академия Государственной противопожарной
службы МЧС России (г. Москва)
skivanov@gmail.com

Аникин Сергей Николаевич

Академия Государственной противопожарной
службы МЧС России (г. Москва)
Neytrinos@mail.ru

Аннотация. В статье проведен анализ пожарной опасности станции монорельса, полученные данные о распространении опасных факторов пожара, эвакуации, времени работы пожарными подразделениями позволили сформировать модель совокупности факторов, влияющих на организацию работы пожарных подразделений, что в свою очередь позволило разработать модель определения оптимальной задачи принятия решения руководителем тушения пожара минимизируя последствия недостаточного уровня подготовки и накопленного боевого опыта.

Ключевые слова: пожар, эвакуация, опасные факторы пожара, риск, принятие решения.

Московская монорельсовая транспортная система — очень известный экскурсионный подвижной состав разработанный и введенный в эксплуатацию в конце 2004 года. Несмотря на весьма обширную критику в СМИ продолжает свою эксплуатацию. За все время эксплуатации монорельса произошло всего 3 возгорания:

25 декабря 2009 — произошло короткое замыкание в одном из вагонов монорельса [1];

07 ноября 2010 — На станции Выставочный центр монорельса загорелся моторный отсек одного из вагонов поезда [2];

23 декабря 2013 — пожар в подсобном помещении станции «Тимирязевская» [3].

Московская монорельсовая транспортная система состоит из самой дороги «монорельсовая транспортная система» и здания, которые соответствуют зданию классов функциональной пожарной опасности Ф3.3 — вокзалы.

Для получения достоверных данных произведем необходимые расчеты величин пожарного риска.

На основе планировок станций монорельсовой дороги было спроектировано здание с планировкой схожей с реальными помещениями.

Время блокировки путей эвакуации определено по зонной модели расчета динамики опасных факторов пожара (далее — ОФП), соответствующие требованиям действующего приказа [4].

С целью получения результатов расчета риска было произведено 2 расчета ОФП и эвакуации.

Расчет эвакуации производился по упрощенной аналитической модели движения людского потока в программном комплексе RiskManager, для определения расчетного времени эвакуации людей из помещений и зданий по расчету времени движения нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей.

Расчет эвакуации и распространения ОФП показал, что время блокирования составило 2,761 минуты, а наибольшее время эвакуации 1,758 минуты.

Согласно действующей методики необходимо произвести расчет вероятности эвакуации и риска.

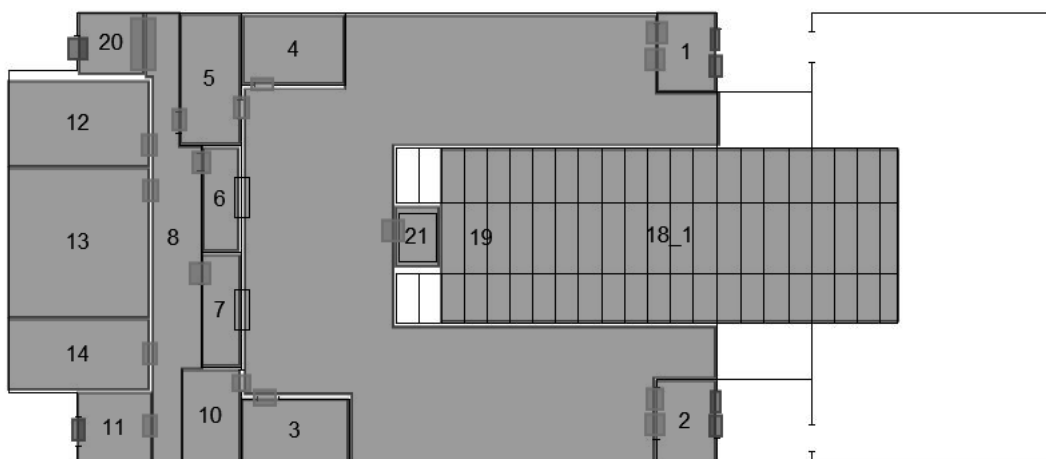


Рис. 1. Планировка первого этажа

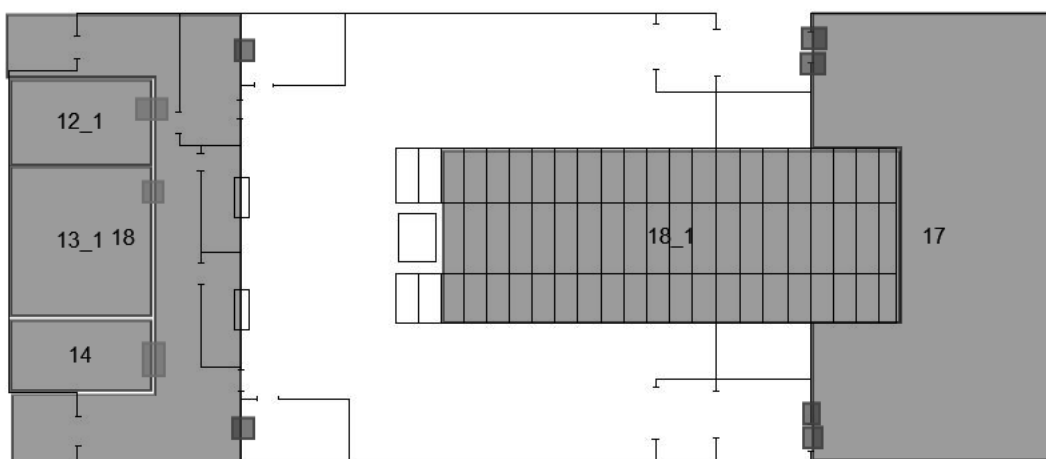


Рис. 2. Планировка второго этажа

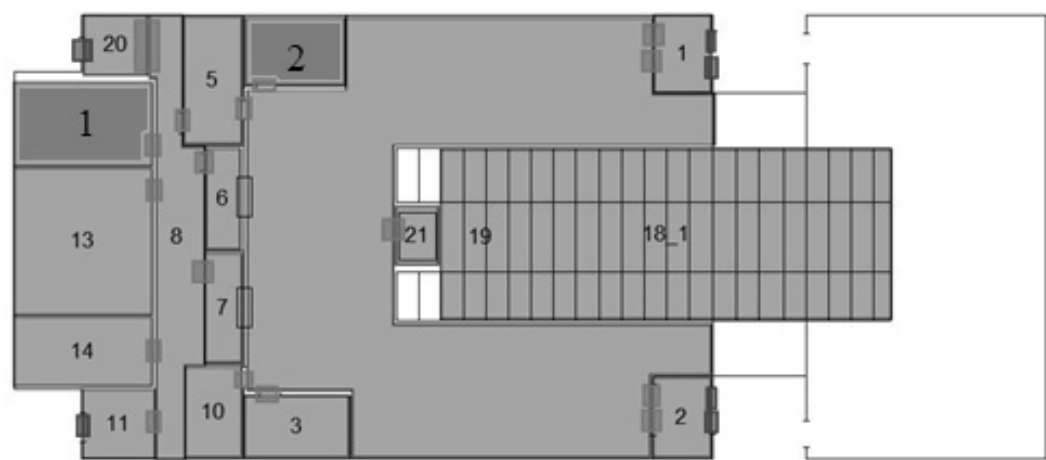


Рис. 3. Схема 1 этажа с выбранными помещениями с очагом пожара

Таблица 1. ОФП в расчетных точках

Контр. точка № / Помещение №	Контрольный участок пути / Время эвакуации	Время блокирования, мин.	Необходимое время, мин.	По температуре, мин.	По потере видимости, мин.	По недостатку кислорода, мин.	По содержанию углекислого газа, мин.	По содержанию угарного газа, мин.	По содержанию хлороводорода, мин.	По тепловому потоку, мин.
2 / 11	30–28/ 0,108	5	4	5	5	5	5	5	5	5
3 / 1	24–31/ 1,758	5	4	5	5	5	5	5	5	5
4 / 8	9–10/ 0,05	5	4	5	5	5	5	5	5	5
5 / 20	29–12/ 0,076	5	4	5	5	5	5	5	5	5
1 / 19	20–21 / 0,038	2,5762	2,0609	3,3495	2,5762	5	5	5	3,1183	5
2 / 1	24–31 / 1,758	2,7616	2,2093	3,3887	2,7616	5	5	5	3,1265	5
3 / 11	30–28 / 0,179	5	4	5	5	5	5	5	5	5
4 / 20	29–12 / 0,076	5	4	5	5	5	5	5	5	5

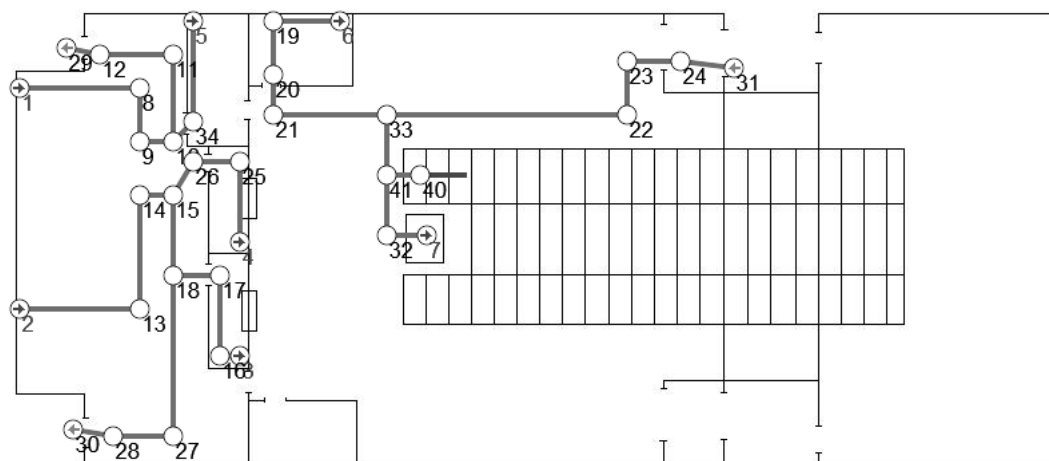


Рис. 4. Схема эвакуации 1 этаж

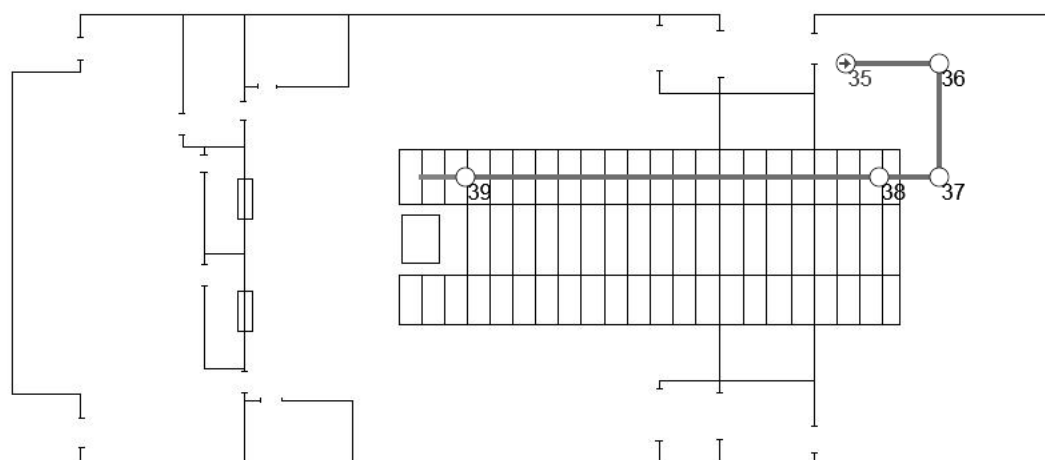


Рис. 5. Схема эвакуации 2 этаж

Таблица 2. Показатели развития опасных факторов пожара. 1 расчет

Контрольная точка	Фактическое (расчетное) время эвакуации (t_p) (мин)	Время блокирования ($t_{бл}$) (мин)	Необходимое время ($t_{бл} \cdot 0,8$) (мин)	Время начала эвакуации ($t_{нэ}$) (мин)	Вероятность эвакуации, $P_э$
Точка 2	0	5	4	2	0,999
Точка 3	0	5	4	2	0,999
Точка 4	0	5	4	2	0,999
Точка 5	0	5	4	2	0,999

Таблица 3. Показатели развития опасных факторов пожара. 2 расчет

Контрольная точка	Фактическое (расчетное) время эвакуации (t_p) (мин)	Время блокирования ($t_{бл}$) (мин)	Необходимое время ($t_{бл} \cdot 0,8$) (мин)	Время начала эвакуации ($t_{нэ}$) (мин)	Вероятность эвакуации, $P_э$
Точка 1	0	2,576	2,061	2	0,999
Точка 2	0	2,762	2,209	2	0,999
Точка 3	0	5	4	2	0,999
Точка 4	0	5	4	2	0,999

Определение вероятности эвакуации людей из здания при пожаре

Сравнение расчетов эвакуации и распространения опасных факторов пожара, с произошедшими пожарами сигнализирует нам о правильном урегулировании зависимостей, возникающих при принятии, применении и исполнении обязательных требований к зданиям и сооружениям, а также оценке соответствия требованиям [5].

Детерминированная часть расчетов методики [4] соответствует минимальным требованиям по обеспечению пожарной безопасности эвакуируемых в части распространения и воздействия ОФП, что позволяет, опираясь на расчетные данные, утверждать об обеспечении пожарной безопасности, сформулированной в ст. 5 «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» [6].

При проведении расчетов вероятности эвакуации людей и определении распространения ОФП, учитываются:

- ♦ установки автоматического пожаротушения и их требования;
- ♦ системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

В перспективе, с целью отказа от экспертного метода выбора сценария или сценариев пожара, при которых ожидаются наихудшие последствия для находящихся в здании людей автором предлагается прово-

дить расчет всех помещений на предмет наличия очага пожара (что достаточно трудоемко), либо разработка нового подхода, основанного на математическом обосновании выбора помещения с очагом.

Определение величины индивидуального пожарного риска

Расчетная величина индивидуального пожарного риска рассчитывается по формуле:

$$Q_{в, I} = Q_{н, I} \cdot (1 - K_{ан, I}) \cdot P_{нр, I} \cdot (1 - P_{э, I}) \cdot (1 - K_{пз, I})$$

Результаты расчетов риска по каждому из сценариев приведены ниже

1 расчет

$$Q_{в, 1} = 4 \cdot 10^{-2} \cdot (1 - 0,9) \cdot 0,54 \cdot (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,8704) = 2,7 \cdot 10^{-7}$$

2 расчет

$$Q_{в, 2} = 4 \cdot 10^{-2} \cdot (1 - 0,9) \cdot 0,54 \cdot (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,8704) = 2,7 \cdot 10^{-7}$$

Расчетная величина пожарного риска составила:

$$Q_{в} = \max\{Q_{в, 1}, Q_{в, 2}\} = 2,7 \cdot 10^{-7}$$

Управление пожарной безопасностью в жестких условиях соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности, указанных в ст. 6 Технического регламента [6], позволяет варьировать величине пожарного риска с целью достижения максимального

Таблица 4. Сводные расчётные данные по сценариям

Сценарий	Q_d	$K_{ап}$	$P_{пр}$	$P_э$	$K_{лз}$	$Q_в$
1 расчет	$4 \cdot 10^{-2}$	0,9	0,54	0,999	0,8704	$2,7 \cdot 10^{-7}$
2 расчет	$4 \cdot 10^{-2}$	0,9	0,54	0,999	0,8704	$2,7 \cdot 10^{-7}$

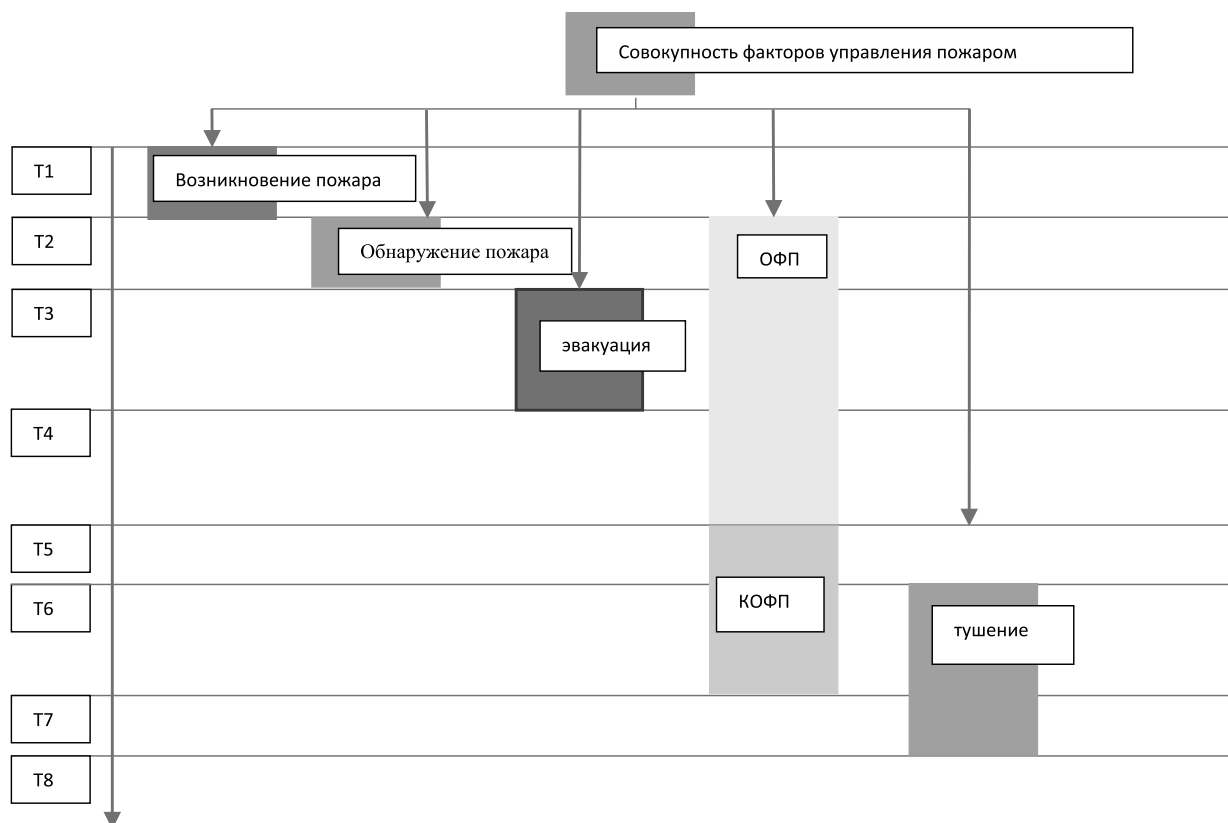


Рис. 6. Модель временных периодов пожара

Где: T1 — время возникновения пожара

T2 — время обнаружения пожара

T3 — начало эвакуации

T4 — окончание эвакуации

T5 — достижение критических значений ОФП

T6 — начало тушения

T7 — прекращение ОФП

T8 — ликвидация пожара

экономического эффекта без угрозы жизни, здоровью граждан и ущерба юридическим лицам.

Таким образом, сводные результаты показали, что в случае возникновения пожара безопасность людей, находящихся в здании, обеспечена, время эвакуации составит 1,75 мин (105 с), при минимально необходимом времени эвакуации — 2,06 мин (123,6 с), то есть, посетители успеют эвакуироваться из здания станции до наступления опасных факторов для жизни.

Учитывая вышеупомянутые расчеты распространения ОФП и эвакуации людей, была выдвинута временная модель пожара, учитывающая возможные сценарии развития пожара.

Данная модель помогает сформировать прогноз относительно поведения руководителя тушения пожара в тех или иных ситуациях. Стоит отметить высокую вариативность данной модели, позволяющую адаптироваться под любой пожар.

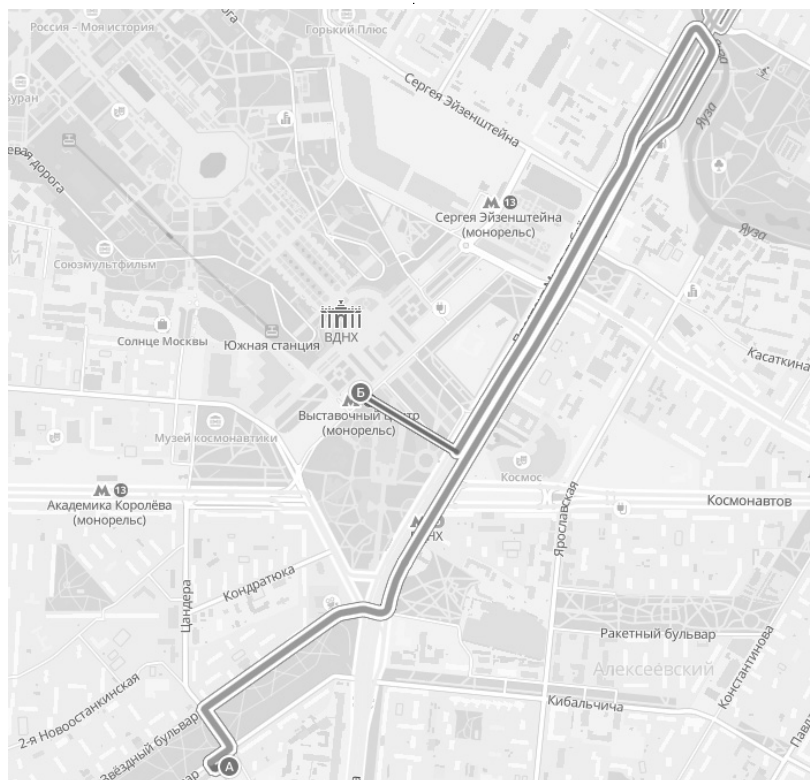


Рис. 7. Маршрут движения пожарно-спасательных подразделений

Учитывая прямую взаимосвязь организации успешного тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ (в том числе спасение людей) с минимальным ущербом от времени прибытия, нельзя усомниться в важности такого фактора, как время прибытия пожарно-спасательного подразделения к месту пожара.

В соответствии с приведенным расчетом, время эвакуации людей со станции монорельса («Выставочный центр»), составит 105 секунд, при этом время прибытия первых пожарно-спасательных подразделений специализированной пожарно-спасательной части № 69 Главного управления МЧС России по г. Москве (Звездный бульвар, д.7) к месту пожара составит не более 10 минут с учетом пробок. Для проработки маршрута следования использовались мощности интерактивной геопозиционной навигационной системы 2ГИС [7]. При расчете маршрута учитывается максимально загруженная дорожная обстановка, когда возможности следовать по встречной дорожной полосе для пожарно-спасательных подразделений отсутствует.

Управление силами и средствами на пожаре представляет собой совокупность целенаправленных действий, характеризующих постепенное поэтапное выполнение основной боевой задачи на пожаре.

В существующих современных условиях модернизации и унификации подходов в том числе и к управлению подразделениями пожарной охраны, значительную роль играют цифровизация и повсеместная компьютеризация. Данные веяния в настоящее время уже касаются и пожарной охраны, поскольку и документы предварительного планирования уже используются в цифровом виде на месте пожара, руководители разного уровня на пожаре оснащаются планшетами и компьютерами для решения оперативных задач управления, расчет алгоритмов по управлению силами и средствами также выполняется на компьютере, входящем в перечень оборудования штаба пожаротушения на месте пожара и т.д.

Возникающие вопросы к должностным лицам, ответственным в той или иной мере за развитие и организацию оперативно-служебной деятельности пожарно-спасательного подразделения, которые обсуждаются после отчетных оценочных периодов (квартал, год), предполагает формирование принятие концептуального решения, которые должны учитываться. Концептуальные решения предоставляют возможность оценивать проблемные ситуации при организации соответствующей деятельности, а также учитывать при подготовке решений на реализацию альтернативных вариантов решений, следовательно, осуществлять выбор наиболее оптимальных решений, влияющих

на возможные последствия при реализации решений, влияющих на успешность оперативно-служебной деятельности как таковой [8].

Вместе с тем, следует понимать, что реализация применения концептуальных решений не является априори абсолютно эффективной и верной, а является лишь определяющим вектором исследования текущих входящих данных по аналогичным пожарам. В любом случае, складывающаяся обстановка на пожаре в детерминантных показателях на конкретный момент времени всегда является уникальным явлением, обуславливаемым широким диапазоном вариативности этих показателей, а также возможными их комбинациями. Уникальность событий влечет необходимость принятия решений руководителем тушения пожара (далее — РТП), которое также может быть оценено как явление уникальное. То есть, с большой долей вероятности можно предположить, что фактически РТП принимает решение уникальное в своем роде, характерное для текущей складывающейся обстановки.

Таким образом, модель определения задачи принятия решения (SD) в определенный момент времени можно описать как элемент-решение, входящий в множество возможных конструктивных решений на пожаре (P) в принципе.

Таким образом:

$$SD(P) = (OP_n \in SP)$$

где $SD(P)$ — модель определения оптимальной задачи принятия решения;

SP — набор альтернатив решения текущей задачи ($S = \{O_1, O_2, O_3 \dots O_n\}$);

OP — исходные оперативные данные для решения боевой задачи;

OP_n — конкретный выбор (альтернатива) решения текущей задачи.

Вместе с тем, при тушении пожаров железнодорожных составов зачастую возникают ситуации, принципиально отличающиеся от абсолютного большинства подобных. При этом помимо конструктивных решений, позитивно влияющих на обстановку на пожаре, РТП в силу различных причин может принять решение с деструктивной совокупной диспозицией в части эффективности, тем не менее входящее в набор альтернатив. Описать это можно следующим образом:

$$SD(P) = (OP_n \in SP \supset DP_1)$$

где DP_1 — альтернатива с совокупной отрицательной диспозицией.

В конечном итоге, стремление РТП привести процесс организации тушения пожара железнодорожного транспорта (монорельса) к максимально позитивному сценарию очевиден, однако, следует брать в учет тот факт, что уровень подготовки и накопленный боевой опыт существенно влияет на результативность достижения этой цели в абстрактном понимании. Эта вариативность может быть сведена к минимуму, например, в результате применения соответствующего программного обеспечения. В качестве множества входных лингвистических переменных принимаются факторы обстановки на пожаре, характеризующие текущую ситуацию в определенный момент времени, начиная с момента поступления сообщения [9,10].

Учитывая ограниченные возможности по одновременной обработке и анализу входящих данных отдельного человека, нельзя не отметить, что формализация входных данных по складывающейся обстановке на пожаре позволит сформировать массив данных, который впоследствии может быть с кратно более высокой скоростью обработан при помощи компьютера. В частности, данная проблема может быть решена путем применения предварительно обученной нейросети [11].

Вопрос реализации оптимального решения в дискретный в оперативно-тактическом смысле момент времени, является ключевым для руководителя тушения пожара. Вместе с тем, нельзя отрицать влияния пласта определяющих факторов, предшествующих формированию оперативной обстановки к моменту прибытия пожарно-спасательных подразделений, таких как корректная работа пожарной автоматики, поведение людей и т.д., поскольку, например, только неуспешная эвакуация из помещений объекта защиты кардинально меняет модель передачи команд руководящим составом на начальном этапе тушения пожара.

Заключение

Подведя итог, следует сказать, что совокупность работы таких факторов, как пожарная автоматика на станции монорельса, корректная работа оповещения, грамотные действия работников станции, личная дисциплинированность пассажиров, внедряемые цифровые технологии в области организации пожаротушения железнодорожных составов способны существенно улучшить ситуацию с безопасностью людей в случае возникновения пожаров на станции монорельса. Динамическое развитие компьютерных мощностей позволяет в короткие сроки определить и представить различные варианты для действий, что в конечном итоге приведет к качественному совершенствованию общей модели оперативной организации тушения пожаров подвижного железнодорожного состава в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Задымление в одном из составов монорельсовой дороги возникло из-за короткого замыкания. / Новости. Первый канал www.1tv.ru / URL: https://www.1tv.ru/news/2009-12-25/157595-zadymlenie_v_odnom_iz_sostavov_monorelsovoy_dorogi_vozniklo_iz_za_korotkogo_zamykaniya (дата обращения: 16.12.2022).
2. На монорельсовой дороге в Москве загорелась проводка / РИА Новости www.ria.ru / URL: <https://ria.ru/20101107/293570738.html> (дата обращения: 16.12.2022).
3. На станции «Тимирязевская» монорельсовой системы загорелась подсобка / Москва Новости www.mosday.ru / URL: <https://mosday.ru/news/item.php?250217> (дата обращения: 16.12.2022).
4. Приказ МЧС РФ от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (с изменениями и дополнениями) / информационно-правовой портал гарант.ру. URL: <https://base.garant.ru/12169057/> (дата обращения: 16.12.2022).
5. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» / информационно-правовой портал гарант.ру. URL: <https://base.garant.ru/12129354/> (дата обращения: 16.12.2022).
6. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» / информационно-правовой портал гарант.ру. URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения: 16.12.2022).
7. База данных и карта 2ГИС / 2ГИС / URL: <https://2gis.ru/moscow/firm/70000001027739102?m=37.632529%2C55.814477%2F16>
8. Берсуцкий, А.Я. Развитие концептуальных подходов к формированию систем принятия решений // Экономика промышленности. 2005. № 5. С. 102–109.
9. Денисов А.Н., Цокурова И.Г., Аникин С.Н. Модель и алгоритм управления рисками гибели пожарных при тушении пожаров на металлургических предприятиях // Computational Nanotechnology, 2021. Т. 8. № 3. С. 76–85.
10. Денисов А.Н., Данилов М.М., Аникин С.Н., Цокурова И.Г. Условия многозадачности управления пожарно-спасательными подразделениями при тушении подвижного железнодорожного состава на металлургических предприятиях // Computational Nanotechnology. 2022. Т. 9. № 1. С. 39–46.
11. Цокурова И.Г., Аникин С.Н., Данилов М.М., Денисов А.Н. Критерий многозадачности управления силами при тушении подвижного железнодорожного состава на металлургических предприятиях // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. 2022. № 11. С. 194–199.

© Иванов Алексей Андреевич (skivanovy@gmail.com), Аникин Сергей Николаевич (Neytrinos@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

