

ПОЖАРНИ ИНЦИДЕНТИ В ТРАНСПОРТНИ ТУНЕЛИ – СТАТИСТИКА, АНАЛИЗ, МОДЕЛИРАНЕ

Диана Македонска ¹, Елена Власева ²

¹ Редовен докторант в Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, didi_fire@abv.bg

² Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", elena.vlasova@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Пожарните инциденти в транспортните тунели за периода 1995-2009 са завършили с 1193 жертви и големи материални щети. Тези събития провокират предявяване на високи изисквания за безопасност в съвременните тунели като още на проектно ниво се приема система за безопасност за дадения тунел. Тази система включва различни подсистеми, които при несъгласуваност при аварийна ситуация може да влошат вместо да подобрят условията в тунела. Статията представя подробна статистика за пожарни инциденти в тунели като изяснява най-честите причини за тях. На тази основа се дискутират приложими методи и подходи за моделиране на аварийни събития с цел изучаване поведението на вентилационната система при авария в тунела и на възможностите на противопожарните системи в него.

Ключови думи: пожари в тунели, аварийна вентилация, пожарогасителни системи, система за безопасност

FIRE ACCIDENTS IN ROAD TUNNELS – STATISTICS, ANALYSIS, MODELLING

Diana Makedonska, Elena Vlasova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, didi_fire@abv.bg; elena.vlasova@mgu.bg;

ABSTRACT. For the period of 14 years (1995-2009) fire accidents in transport tunnels cause serious material damage and 1193 human lives. These events instigated greater requirements for safety system in transport tunnels. Yet at a design level safety system should be a part of the whole project documentation. Safety system incorporates different sub-systems which non-coordinated performance in accident might worsen the situation rather than improve it. This paper presents throughout statistics for fire incidents in transport tunnels making stress on most frequent reasons for their occurrence. The reflection of monitoring systems' parameters and accidental ventilation mode on accident development and elimination are discussed. Further applicable methods and approaches for accidental situations modeling are presented in order to study in advance ventilation system behavior and its interaction with other safety sub-system in the tunnel – monitoring and fire suppression systems.

Keywords: fire in road tunnels, emergency ventilation, fire suppression systems, safety system

Въведение

През последните 15 години в света са построени 39 тунела (автомобилни и железопътни) с дължина по-голяма от 13 километра, което превишава построените от този клас за предходните три десетилетия (70-90 години) на миналия век. Заедно с това нараства и общата дължина на пътните тунели. Увеличаването на индивидуалната дължина на тунелите влияе както на вероятността за възникване на аварии в тях, така и на тежестта на последиците при реализацията на тези опасности. Увеличава се и времето за пребиваване на пътниците в тунелите, т.е. нараства експозицията при поява на опасността.

Стремешът за създаване на по-ефективна автотранспортна система в условията на нарастване на моторните превозни средства и плътност на трафика е основният стимул за нарастване на броя и дължината на автотунелите. В таблица 1 са показани страните с най-много транспортни тунели с дължина над 1500 m [13].

В България общата дължина на транспортните тунели е около 8 km, като най-дългият тунел е Витиня с дължина 1155 m. Независимо, че в нашата страна транспортните тунели не са с голяма дължина и брой, включването на страната ни в транспортната система на Европа предполага спазване на изискванията за безопасност, както и на издадената преди година Наредба за проектиране на пътни тунели [17]. Още повече, че има идеи и проекти за изграждане на нови подземни съоръжения в пътната инфраструктура на България.

Таблица 1. Тунели с дължина над 1500 m

Страна	Брой	Дължина, km
Китай	500	1811
Италия	219	554
Япония	123	411
Швейцария	89	270
Австрия	56	190
Франция	39	123
Германия	37	83

В литературата няма представителна статистика, която да доказва, че честотата на произшествия в тунелите е по-голяма отколкото по сравними авто-пътища извън тях. В същото време няма съмнение, че последиците от аварии в тунелите създават по-големи опасности и по-тежки загуби за пътниците и материалната среда, включително за конструкцията, оборудването на тунела и превозните средства в него. Това налага пълна количествена оценка на риска във фазата на проектиране и предвиждане на адекватни решения за управление на опасностите и рисковете при аварии в тунелите.

В системата за безопасност на транспортен тунел може да се отделят 7 подсистеми, представени на фиг.1. С изключение на „Пасивна защита“ и „Сензори“ всички останали елементи на системата за безопасност са динамични системи, чиито действия се определят от конкретната аварийна ситуация и трябва да се разглеждат като взаимно зависещи една от друга. В нормите за проектиране [17] са дадени насоки при проектирането им, но специфичната конфигурация зависи от реалните обекти.



Фиг.1. Система за безопасност на тунел

Целта на настоящата статия е на основата на статистиката за станали аварии в тунелите с приоритет на тези, започнали с пожар или инцидент довел до последващ пожар да се отделят най-често срещаните причини, довели до пожарен инцидент. Подробен анализ на реализирани такива аварии би послужил за изясняване на взаимодействието на системите за безопасност на тунела – положително и отрицателно. На тази база се очертават възможности за моделиране на пожарни събития в зависимост от вида на тунела и трафика в него и на приложимите системи за пожарогасене.

Статистика на реализирани пожарни аварии в транспортни тунели

За последните 18 години само в Европа са регистрирани 10 големи пожара и много малки пожарни инциденти. Само за 2 години (2002-2003) при пожари в тунели са загинали 221 души, причинени са сериозни конструктивни повреди донесли големи финансови загуби. В таблица 2 [2] са

показани пожарите в тунели с жертви за периода 1995-2009.

В Табл.3 е показана сборна информация за 177 пожарни инцидента [2,6,7,8] в тунели (автомобилни, ЖП тунели и метро) по държави. Голям брой пожарни инциденти са станали в метро и жп тунели. Тук те не се дискутират, защото възможните причини за пожар, както и системите за безопасност се различават значително, в сравнение с пътните тунели.

Таблица 2. Загинали при пожари в тунели (1995-2009)

ТУНЕЛ	ДЪРЖАВА	БРОЙ ЖЕРТВИ
	Босна	35
Mont Blanc	Франция	39
Tauern Tunnel	Австрия	12
Vierzy Tunnel	Франция	108
Pfänder Tunnel	Австрия	3
Huguenot Tunnel	Южна Африка	3
Nihonzaka	Япония	7
St Gottard Tunnel	Швейцария	11
Hokuriku	Япония	34
Pecorile Tunnel	Италия	8
O'Shimizu Tunnel	Япония	16
Salang Tunnel	Афганистан	700
Kings Cross	Англия	31
Izola della Fammine	Италия	5
Velsen	Холандия	5
Kaprun	Австрия	155
Палермо	Италия	5
Глайналм	Австрия	5
Флойфджел	Норвегия	1
Фрежус	Франция-Италия	2
Бърнли	Австралия	3
Айкесунд	Норвегия	5
ОБЩО		1193

Таблица 3. Пожари в тунели по държави

№	Държава	Период от-до	Брой пожари/дължина, km
1	Афганистан	1982	1/ 2.7
2	Австралия	2007	1/ 3.4
3	Австрия	1984-2002	15 / 78.5 ³
4	Азербейджан	1995	1 / metro
5	Белгия	1987-2004	2 / metro
6	Канада	1971-2000	6 / Metro
7	Китай	1998	1 / 0.8 ⁴
8	Дания	1994	1 / при строителство
9	Франция	1842-2004	21 / 26.5
10	Франция/Италия	1974-2004	7 / 82.5 ¹
11	Франция/Великобритания	1996	1 / 51
12	Германия	1968-2001	15 / 3.2 ²
13	Хонконг	2000	1 / 1.8
14	Италия	1983-2001	8 / 40
15	Япония	1967-1980	5 / 3.5
16	Мексико	1975-1985	2 / metro
17	Холандия	1978-2001	3 / metro, airport
18	Нова Зеландия	2002	1 / 1.2
19	Норвегия	1990-2003	11 / 42

20	Португалия	1976	1 / metro
21	Русия	1974-1991	4 / metro
22	Словения	2003-2004	3 / 1.5
23	Южна Африка	1994	1 / 3.9
24	Южна Корея	2003	1 / 0.4
25	Испания	1944-2003	3 / 33.3
26	Швеция	1955-1960	2 / metro
27	Швейцария	1969-2001	13 / 112.6
28	Великобритания	1866-1994	15 / metro
29	САЩ	1949-2007	30 / 10.7 + metro
30	Югославия	1971	1 / 1.5

¹ Включително 6 пожара в тунел Мон Блан (1974, 1978, 1981, 1988, 1990, 1999)

² Повечето пожари са в ЖП гари и във влакове

³ 4 пожарни инцидента в тунел Gleinalm (8.32 km) и 3 пожара в тунел Tauern (6.4 km);

⁴ – за Китай няма много данни, но има инциденти

На фиг.2 е показана информация за пожарите само в авто-тунели.



Фиг. 2. Пожарни инциденти по държави (1866-2007)

Причини за пожарни инциденти и последици от реализацията им

Пожарите в тунели се съпровождат от различни явления, някои от които са характерни за всички пожари, а други само за тези в тунелите, а именно:

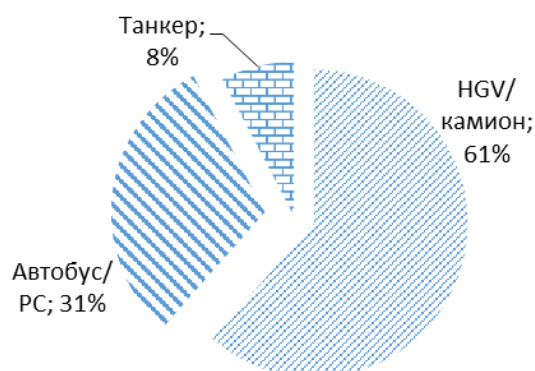
- Приток на въздух към зоната на горенето;
- Предаване на топлина към конструкцията на тунела и разпространение на продуктите на горенето в зависимост от работата на вентилационната система;
- Деформации и увреждане на строителни конструкции;

В табл. 4 са систематизирани причините за пожарите, систематизирани на фиг. 2. От данните в таблицата се вижда, че най-често срещаната причина за възникване на пожар е повреда на двигател на транспортно средство, като най-честа причина за такава повреда е дефект на електрическата система на автомобила. Като втора по значимост причина е катастрофа между два или повече автомобили.

Таблица 4. Причини за пожари в тунели

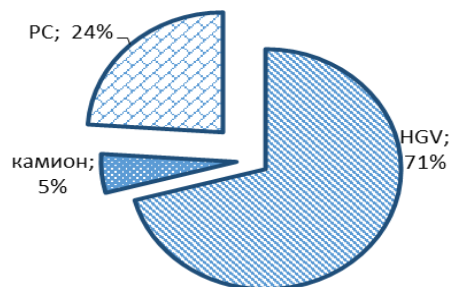
Причина за пожар в тунел	Относителен дял, %
Повреда в двигателя	36
Катастрофа	27
Опасни товари	8
Повреда на спирачна система	7
Петролни продукти	6
Аварии по време на строителство	5
Повреда в електрическата инсталация	5
Запалване на гуми и гумени уплътнения	3
Теч на хидравлична течност	2
Умишлен палеж	1

В едно мащабно изследване, финансирано от Европейския съюз [4,5], се анализират причините за пожари в тунели, както и вида на транспортните средства, участвали или причинили инцидента. На фиг. 3 е показан част от тези анализи, от които се вижда, че тежкотоварните (HGV) автомобили са с доста висок дял (61%).



Фиг. 3. Тип транспортни средства, участвали в пожарни инциденти

На фиг. 4. са показани процентите на жертви от пожари в тунели за периода 1987-2006 г по вид на транспортното средство, участвало в инцидента. Отново тежкотоварните автомобили доминират и в тази статистика.



Фиг. 4. Пожари с жертви – вид на транспортно средство

Както се вижда от графиките, тежкотоварните автомобили (HGV) имат сериозен дял при пожарите в тунели за последните 20 години. Освен тях, дял имат и танкерите, транспортиращи „опасни товари“ като петролни продукти и втечен газ (LPG), към които следва да се обърне специално внимание. HGVs транспортиращи обикновени стоки, напр. мебели, също са с висок рисков потенциал. С по-ограничено участие са автобусите, но при тях хуманният риск може да се окаже с по-висок

приоритет. Класификацията „опасни стоки“ предполага останалите, извън списъка да се считат за неопасни, което не винаги е така при анализа на реализирани инциденти.

Таблица 5. Мощност на пожар на транспортно средство

Един малък лек автомобил	2.5 MW
Един голям лек автомобил	5 MW
2-3 автомобиля	8 MW
Един ван	15 MW
Един автобус или лекотоварен камион	20 MW
Тежкотоварен камион без опасен товар	30 MW
Тежкотоварен камион или цистерна с опасен товар	100 MW
Цистерна с въглеродороди или трейлер	200 MW

Последиците от възникнал пожар зависят от пожарния капацитет – максималната мощност на пожара (HRR), който зависи както от вида на транспортното средство така и от запаления материал. Следвайки логиката на тази статистика в Наредбата за проектиране [17] са записани видовете пожари, които следва да се анализират в проекта на един тунел (табл. 5).

Анализ на пожари в транспортни тунели

Един от най-дискутираните възникнали до момента пожари е този в тунела Мон-Блан, станал на 24.03.1999 г. Пожарът е бил с продължителност около 50 часа, като последиците от него са 39 загинали включително и един пожарник, 34 унищожени моторни превозни средства (в това число и два противопожарни автомобили) и тежки щети нанесени на самият тунел.

Пожарът се е развил по следния начин: тежкотоварна кола се запалва внезапно в колоната, тръгнала от френската страна между шестия и седмия километър. Огънят бързо обхванал и останалите превозни средства. Образувалият се гъст дим, излизащ към Франция, попречил на спасителите да проникнат в тунела. Температурата в мястото на инцидента се е повишила да 1000 °C. От обгазяването един от пожарниците починал, а няколко други били сериозно увредени.

Тунел Мон Блан е еднотръбен с двупосочно движение и с полу-напречна система за проветряване [6], изградена 35 години преди събитието. Чист въздух се е доставял от 16 вентилатора с обща мощност 7000 KW и дебит 600 m³/s. Смукателната вентилация е с капацитет 300 m³/s. Операторът е знаел за недостатъците на системата, тъй като година по-рано е представен доклад за невъзможността да се справи в случай на пожар. В деня на инцидента се е променило необичайно атмосферното налягане и в резултат на естествената тяга се е получил обратен на нормалната посока въздушен поток от юг към север, който допълнително е попречил на работата на вентилационната система [22].

Анализът на последователността от събитията, развили се изключително бързо, включва несъгласуваност в работата на няколко системи за безопасност:

- Въздушната среда в тунела се е контролирала от два центъра (един в Италия и един във Франция), които не са обменяли информация;
- Поради грешен сигнал от предишния ден сензорите за дим във френския център са били изключени и не е имало видео информация;
- От Италианския център за управление подават чист въздух, за да спасят заседналите в тунела превозни средства от италианската част, с което пожарът се усилва и димните газове достигат скорост 6 m/s, с което само за 5 min се задимява зона от около 2 km.

След реконструкцията на тунела тези и други констатиран несъответствия са отстранени.

Един пример за добра комуникация между системите за безопасност [4, 21] е пожарът в тунел Burnley, Австралия, станал на 23 март 2007 г. Няколко последователни инцидента, причинени от спукана гума на камион – катастрофа с три HGVs и четири PC довежда до пожар при натоварен трафик. Трима пътника в три превозни средства загиват. Тунелът е двутръбен еднотръбен с три ленти във всяка тръба. Оборудван е със спринклерова водно оросителна система и със система за отвеждане на дима. В контролния център се получава видео сигнал и в рамките на две минути водната система е задействана ръчно. Така е ограничено разпространението на пожара, димът е насочен извън тунела през управляеми клапи на вентилационен канал под тавана. Пожарът е неутрализиран един час след инцидента [4]. Евакуирани са 400 души.

Анализът на други пожарни инциденти показва следните проблеми [14,15]:

- Късно локализиране на мястото на инцидента довело до задръстване на навлезли превозни средства (тунелът на шосе Токио-Нагоя през 1979 г.);
- Недобра сигнализация на участък с ремонтни дейности (в тунел „Тауерн“ до Залцбург през 1999 г.);
- Наличие на екстремно високи температури при развитието на пожара, които увреждат не само конструкцията на тунела, но и възпрепятстват действието на системите за безопасност (унищожени вентилатори и противопожарни системи (пожарите в тунела „Окленде“ в САЩ -1982г.; в „Тауерн“ -1999г., МонБлан 1999 г.);
- Не добре проектирана аварийна вентилация, която изиграва негативна роля при пожара (Фелбертауерн и Нихонзака);
- Превозване на опасни товари и леснозапалими течности; отделяне на вредни вещества при пожар от неклаифицирани като опасни товари.

Конструктивните особености на транспортния парк, както и възрастта му, също са съществен фактор. Увеличаването на резервоарите предполага по-голямо пожарно натоварване. Следва много строго да се контролира дистанцията при движение особено след и пред HGVs, включително и спазване на дистанция между спрелите превозни средства при пожарен инцидент. Неспазането на тези изисквания може да доведе до по-бързо разрастване на пожара от едно превозно средство към друго.

Моделиране на аварийни събития в тунели

Изясняване на съществени мероприятия за намаляване на пожарната опасност в транспортен тунел може да се осъществи чрез няколко подхода, взаимно свързани и последователно изпълнени:

- Моделиране на рискови сценарии със специализиран софтуер и с подходящ математически апарат;
- Вентилационни мероприятия за отвеждане на дим и пожарни газове, за безопасна евакуация на хората, за осигуряване на достъп на пожарни и други спасителни групи за овладяване на инцидента;
- Моделиране на действието и ефекта на противопожарни мероприятия за охлаждане на засегната зона и недопускане на сериозни конструктивни нарушения.

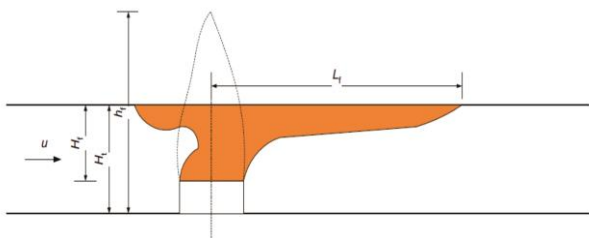
Моделиране със специализиран софтуер и с подходящ математически апарат

Моделирането на пожарни сценарии преминава през няколко етапа и зависи от параметрите на тунела (дължина, напречни връзки, трафик). В наредбата за проектиране на пътни тунели [17] оценката на риска се регламентира в зависимост от дължината и трафика в 5 категории. В първа категория се отнасят едотръбни тунели с двупосочен трафик, без механична вентилация и с дължина от 400 до 1000m, а във втора – тези над 1000 m. В останалите три категории се класифицират двутръбни тунели с еднопосочно движение. Според дължината се разделят както следва:

- III категория - от 400 до 1000 m;
- IV категория - от 1000 до 3000 m;
- V категория - над 3000 m.

За моделиране на пожари в тунел е необходимо да се изяснят следните параметри (фиг. 5):

- Източник на пожара (запалим материал) – скорост на отделяне на топлина, температура на пожарното огнище, видимост на разстояние от мястото на запалване, състав на пожарните газове, мощност на пожара [7,8,18];
- Диаметър на пожарното огнище (D_f), височина на пламъка (h_f), дължина на стратифицирания димен шлейф (L_f), време за достигане на тавана на тунела.



Фиг. 5. Параметри на пожар в тунел

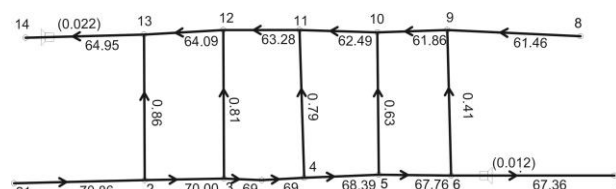
За всички категории пожари изброените по-горе характеристики трябва да се определят, като за тунели от I и II категория анализът на получените резултати е достатъчен като моделиране за оценката на риска.

За тунелите от другите три категории следва да се извърши моделиране със специализиран софтуер. Авторите на статията използват програмите на

американската компания Mine Ventilation Services INC (<https://www.mvsengineering.com/>), а именно:

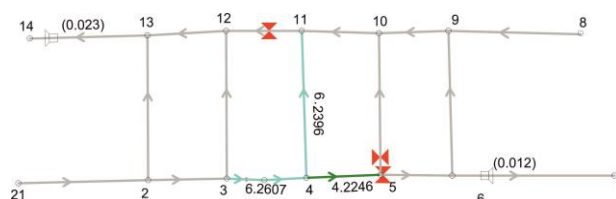
- VnetPC – моделиране на въздухоразпределението в тунела при зададени вентилаторни мощности в стационарен режим;
- Mfire и новата версия MfirePro+ - моделиране на пожар, отделяне на пожарни газове и топлина във времето (нестационарен режим) в тунела и свързващите галерии, както и вентилационни маневри за неутрализиране на аварийната ситуация.

Процесът на моделиране е представен на примера на еднопосочен двутръбен хоризонтален тунел с дължина 2750 m. През 500 m са изградени междинни връзки (свързващи галерии) между двете тръби на тунела. Предвидена е надлъжна схема на проветряване [3,20] с портални вентилатори. На фиг. 6 е показана мрежовата конфигурация на тунела.

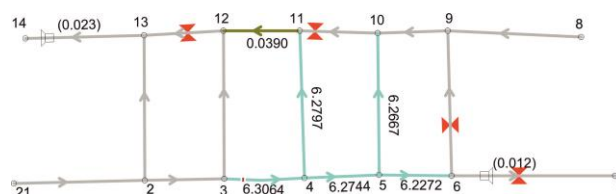


Фиг. 6. Топология на тунела

Моделира се запалване на лек автомобил в клон 3-4 – на около 900 m от входа на тунела. Пожарът е с мощност 6MW. На фиг. 7 е показано разпространението на димни газове – концентрация в частите на тунела след 10 и 20 min от началото на аварията. На фиг. 8 - в същите минути са показани температурите в участъците от тунела. При развитието на пожарната ситуация на 5 минута се обгазва третата напречна връзка, след което пожарни газове тръгват по непожарната тръба, а именно оттам трябва да се осъществи евакуацията на пътниците. Температурата в пожарното огнище 10 min след началото на пожара е 1291 °C.

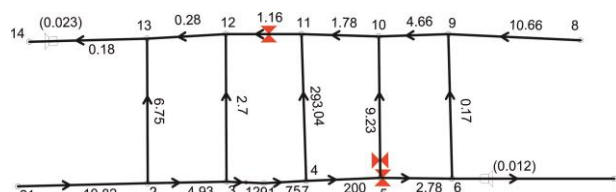


а) 10 min след началото на пожара



б) 20 min след началото на пожара

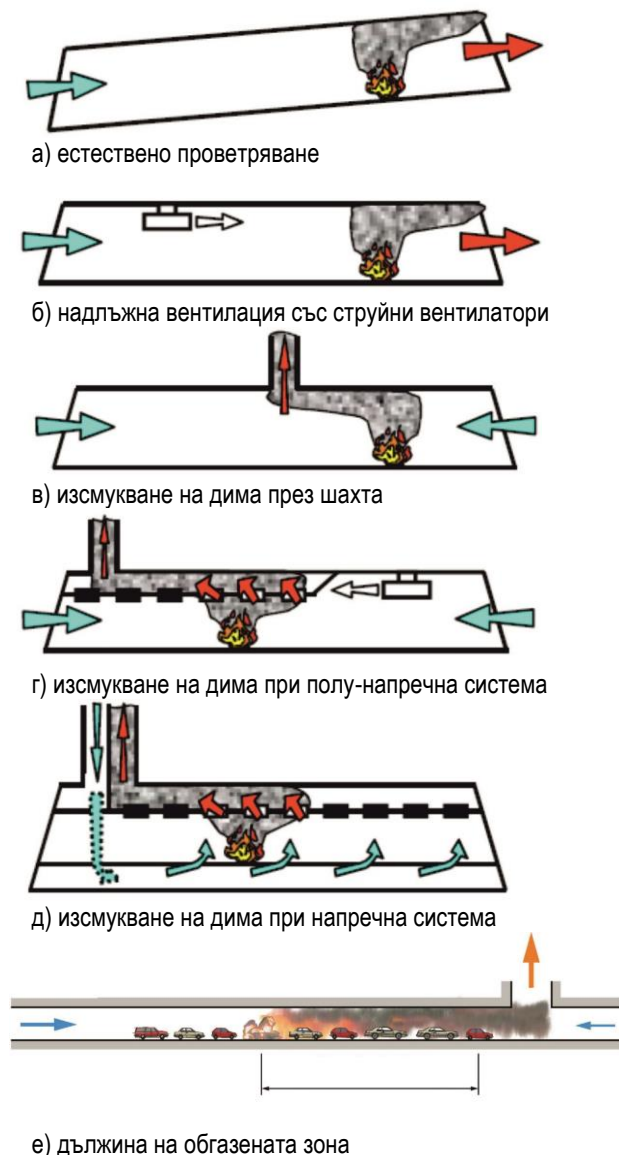
Фиг. 7. Разпространение на пожарни газове



Фиг. 8. Температура 10 min след началото на пожара

Моделирание на вентилационни мероприятия за отвеждане на дима

На фиг. 9 са показани възможни варианти за отвеждане на димни газове извън тунела [3]. Тези прийоми следва да се предвидят при оценката на риска от пожарни инциденти и да се включат в аварийния план на тунела. В пряка връзка с отвеждането на дима следва да се разглежда типа вентилация, която е проектирана, както и пожарогасителните инсталации в него.

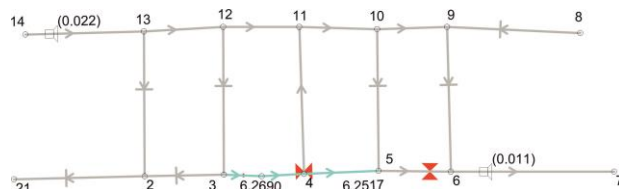


Фиг. 9. Отвеждане на пожарни газове извън тунела

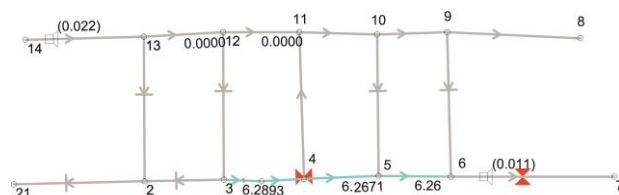
За примера на фиг. 6 с програма MFire се моделира следната вентилационна маневра:

- На 5-тата минута се реверсира вентилаторът в непожарната тръба, с което се осигурява чист въздух към евакуиращите се пътници;
- Също на 5-тата минута се отварят двете врати на втората съединителна галерия (клон 3-12).

На фиг. 10 е показано разпространението на димни газове 15 минути след началото на пожара и 10 минути след реверсията, а на фиг. 11 – още 5 минути след реверсията.



Фиг. 10. Концентрация на пожарни газове 10 min след реверсията



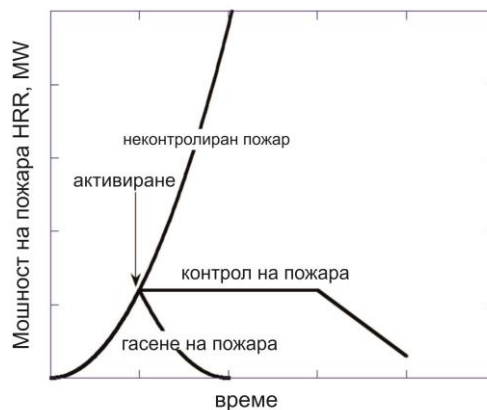
Фиг. 11. Концентрация на пожарни газове 15 min след реверсията

От показаните посоки на разпространение на димните газове става ясно, че пътят за евакуация е чист. Реверсията на вентилатора обръща посоката в непожарната тръба, като даже се обръща и посоката в първата свързваща галерия (клон 2-13). Формира се течение от чист въздух срещу евакуиращите се пътници по клон 3-12 и се намалява до минимум притокът на въздух към пожара.

Системи за гасене с вода и ограничаване разпространението на пожари в тунели

Пожарът в тунел не е нито пожар на открито, нито пожар в ограничено пространство. Той има елементи както от единия вид, така и от другия вид. В тунела винаги има насочено въздушно течение, за разлика от пожара на открито, но при пожар в затворено помещение няма допълнителен приток на кислород. От тези съображения прилагането на пожарогасителни инсталации има своите особености, които следва да се анализират при избора на подходяща система.

Потушаването на пожар е задача на пожарните служби. Пожарогасителните инсталации в тунела имат задача да трансформират неуправляем пожар в контролиран пожар (фиг. 12).



Фиг. 12. Задача на пожарогасителна инсталация в тунел

Активирането на инсталацията следва да се извърши възможно-най рано в процеса на увеличаване на мощността на пожара и да извърши следното [8,19]:

- Да намали топлинната мощност на пожара с което ще се намали вероятността да се запалят превозни средства в близост до пожара;
- Да се намали количеството и концентрацията на токсични газове;
- Да се защити конструкцията на тунела;
- Да се осигури достъп на пожарната за потушаване на пожара.

В международните документи [5], както и в националните наредби за изграждане на пожарогасителни инсталации в транспортни тунели няма твърдо указани изисквания и регламент. В много публикации [8,19] се анализират предимства и недостатъци на най-често срещаните пожарогасителни инсталации в тунели и в други обекти. Въпросът е до голяма степен открит и подлежи на изследвания, тестове и анализи.

Най-разпространените гасителни инсталации на база вода са т.нар. спринклерни или дренчерни инсталации [9, 10, 11, 12].

Принципът на работа на водните пожарогасителни системи (ПГС) [9,10,11,12] се базира на свойството на водата да прекратява горенето чрез охлаждане на горящия материал.

Спринклерната система [14] се състои от захранване с вода и една или повече спринклерни инсталации; всяка инсталация се състои от контролно-сигнално устройство и ред от тръби, снабдени със спринклерни глави. Спринклерните глави се монтират на определени места под тавана.

Спринклерите се задействат при предварително определени температури, за да изпускат вода в площта под тях. Потокът вода през сигналния клапан иницира пожарна тревога. В общия случай температурата на задействане се определя така, че да съответства на температурните условия на средата. Задействат се само спринклерите в близост до пожара, тези които са загряти. Спринклерната инсталация, с определени изключения, трябва да се разпростира в цялото помещение. Ефективното действие на спринклерните инсталации влияе върху бързото потушаване на пожара или постигане на управление на пожара в ранните му стадии.

Конвенционалните спринклерни пожарогасителни системи са едно от най-надеждните, икономични и безопасни средства за контролиране и потушаване на пожари. Те са безвредни за околната среда и безопасни за хората, но при поставяне в тунели следва да се изяснят възможностите за изграждане на такава инсталация [8].

Инсталациите за разпръскване на вода или така наречените дренчерни инсталации могат да бъдат подходящи в някои случаи за гасене на пожар, а в други случаи за предотвратяване на разпространение на пожар и могат да бъдат използвани самостоятелно или като допълнение към други форми на защита от пожар.

Инсталацията за разпръскване на вода се състои от захранване с вода и една или повече, нормално отворени разпръскващи дюзи; всяка инсталация се състои от контролно-сигнално устройство и тръбна редица, снабдена с разпръскващи дюзи.

Инсталациите за разпръскване на вода могат да бъдат монтирани за защита на сгради и обекти, при които се очаква бързо разпространение на огъня и водата е подходящо гасително вещество.

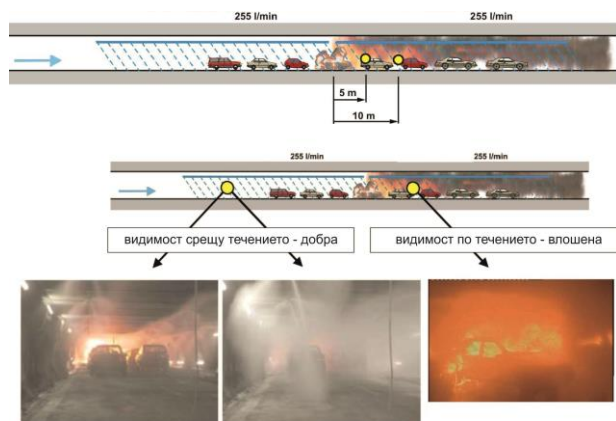
Друга система за пожарогасене в тунели, която все по-често се дискутира е автоматизирана система с водна мъгла (фиг. 13). Системите за пожарогасене с водна мъгла [19] са нов високоефективен метод за гасене с помощта на вода, който съчетава предимствата на газовите и конвенционалните спринклерни системи.



Фиг. 13. Система за водна мъгла в японски тунел

В Япония след пожара в тунел Нихонзака през 1979 г. такава система е задължителна за пътни тунели с дължина над 10 km, или за тунели с дължина над 3 km с голяма плътност на трафика (над 5000 PCU/24h). В Европа и в САЩ са известни само няколко приложения на този вид устройства, въпреки че резултати от изследвания и тестове са обнадеждаващи. Като голямо предимство може да се посочи ограничаване на разпространението на пожарни газове към колоната от автомобили зад пожара, но като недостатък се отбелязва влошаване на средата по пътя на евакуацията, както и отделянето на гореща пара в комбинация с дим (фиг. 14). Допълнителни проблеми може да възникнат при функциониране на всички елементи на системата (управление, помпи, дюзи, тръбопроводи) в условията на общо взето неблагоприятната и променлива през годината среда в тунела.

Системите с водна мъгла са подходящи за широк обхват от приложения. Използват се за гасене на пожари клас А, В и С: кабелни колектори/тунели, роторни турбини, трансформаторни подстанции, помещения с електрическо и електронно оборудване, химически предприятия, компютърни и телекомуникационни центрове, производствени помещения, машинни зали, двигатели и алтернатори, складове, архиви, тунели и др.



Фиг. 14. Действие на система с водна мъгла

Заклучение

Анализът на статистиката на пожарни инциденти показва недвусмислено, че системите за безопасност на транспортните тунели не винаги действат в синхрон при аварийно събитие. Изясняването на основните причини за пожари в тунели изисква моделиране на пожарния източник и характерни параметри за развитието на пожара. В тази връзка изясняването на подходящите методи и инструменти в зависимост от регламентираните в Наредбата за проектиране на пътни тунели категории е задача, върху която авторите ще продължат изследванията си. Важен елемент от осигуряване на безопасни условия в транспортните тунели е избор на подходяща система за пожарогасене в зависимост от конкретните параметри на тунела и пожарната опасност. Бъдещи изследвания са насочени към оразмеряване на характеристиките на тези инсталации – място и начини за монтиране на дюзите, размер на капките, синхронизиране с останалите системи за безопасност.

Литература

- [1] Case Study: A86 REAL SCALE FIRE TEST CAMPAIGN ASTRA, Road Tunnel Safety, 5th April 2006 TUNNEL VENTILATION AS A FIRE-FIGHTING MEASURE, Benefits, Drawbacks and Additional Measures, Alan Weatherill, Xavier Guigas, BG Consulting Engineers Ltd
- [2] www.promat-tunnel.com
- [3] O'Gorman S., Nuttall R., Purchase A., AN INVESTIGATION OF LONGITUDINAL VENTILATION FOR SHORT ROAD TUNNELS WITH HIGH FIRE HRR, 6th International Conference 'Tunnel Safety and Ventilation' 2012, Graz, pp. 149-155
- [4] Assessment of the Safety of Tunnels, Study, (IP/A/STOA/FWC/2005-28/SC22/29), IPOL/A/STOA/2006-26 PE 400.995
- [5] PIARC, Fires in Tunnels,

- [6] Carvel, R.; Marlair, G. "A history of fire incidents in tunnels". In Handbook of Tunnel and Fire Safety (Beard, A. and Carvel, R., Eds.) , 3-41, Thomas Telford Ltd., London, 2005
- [7] Lönnermark A.,(2005), On the Characteristics of Fires in Tunnels, PhD Thesis, ISBN 91-628-6637-0.
- [8] Häggkvist A., Fixed Fire Fighting Systems in Road Tunnels, An overview of current research, standards and attitudes, Luleå University of Technology, 2009, ISSN: 1402-1552; ISRN: LTU-DUPP--09/113--SE
- [9] БДС EN 12845:2004+A2 Стационарни пожарогасителни инсталации. Автоматични спринклерни инсталации. Проектиране, монтиране и поддържане.
- [10] БДС EN 12259-1:1999+A1:2001 Стационарни противопожарни системи. Съставни части на спринклери и системи за разпръскване на вода. Част 1 Спринклери.
- [11] www.synchron-s.com
- [12] СД CEN/TS 14816 Стационарни пожарогасителни инсталации. Инсталации за разпръскване на вода. Проектиране, монтиране и поддържане
- [13] http://www.lotsberg.net/
- [14] Т. Цветанов, Пожарна и аварийна безопасност на технологичните процеси, София, 1999
- [15] В. Чочев, Оперативна тактика за гасене на пожари, София, 2003
- [16] Цв. Милчев, Анализ на пожарната безопасност на тунел „Топли дол“ на АМ „Хемус“ при възникване на пожари на автотранспортни средства, превозващи ЛЗТ и ГТ, София, 2016 г.
- [17] Наредба № РД-02-20-2 от 21 декември 2015 г. за технически правила и норми за проектиране на пътни тунели, ДВ, бр.8/29.01.2016 г.
- [18] Договор 1998 (2011), "Симулационно моделиране за определяне на необходимия реверсивен дебит на главното проветряване в рудник "Челопеч", НИС на МГУ.
- [19] Starke H., Fire Suppression in Road Tunnel Fires by a Water Mist System – Results of the SOLIT Project, Fourth International Symposium on Tunnel Safety and Security, Frankfurt am Main, Germany, March 17-19, 2010.
- [20] Влацева Ел., Вентилация на транспортни тунели, Изд. къща "Св. Иван Рилски", София, 2015, стр.96, ISBN 978-954-353-286-5.
- [21] Dog. МТФ-142/2015, МОДЕЛИРАНЕ НА АВАРИЙНИ СЪБИТИЯ В ТРАНСПОРТНИ ТУНЕЛИ, архив на МГУ-НИД, 2015.
- [22] Влацева Ел., З. Динчев, ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЕСТЕСТВЕНАТА И МЕХАНИЧНА ВЕНТИЛАЦИЯ НА ТРАНСПОРТЕН ТУНЕЛ, Годишник на МГУ, 2015, том 58, стр. 67-72, Изд. къща "Св. Иван Рилски", ISSN 1312-1820.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Руднична вентилация и техническа безопасност“.