

Список литературы

1. Патент РФ 2125653. Способ удаления выхлопных газов двигателя внутреннего сгорания из карьерного пространства. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2125653> (дата обращения: 09.10.2019)
2. Дома на Неве. На каком этаже можно жить. [Электронный ресурс]. Систем. Требования: AdobeAcrobatReader. URL: <https://domananeve.ru/info/poleznoe/na-kakom-etazhe-mozhno-zhit-i-ne-tuzhit.html> (дата обращения: 10.10.2019)
3. Патент РФ 2487245. Способ работы и устройство для вентиляции автодорожных тоннелей. [Электронныйресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2487245> (дата обращения: 09.10.2019).
4. Кожекенова А.А., Шаяхмедов Р.И. Прием «матрешки» в создании новых конструкций и технологий при строительстве зданий и сооружений // Материалы XI международной научно-практической конференции «Перспективы социально-экономического развития стран и регионов». Астрахань. 2017 С. 142-147.
5. Иванов Г. И. Формула творчества. - М.: «Просвещение», 1995г. 220 с.
6. Шаяхмедов Р.И. Инновационный консалтинг в привитии студентам первичных навыков научно-исследовательской деятельности // Материалы XI международной научно-практической конференции «Перспективы социально-экономического развития стран и регионов». Астрахань. 2017 С. 130-138.
7. Шаяхмедов Р.И. От цепа до молотилки//Сельский механизатор. 2016 №5. С. 22.

УДК 614.841.33(083.7)

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЖАРА НА КОНСТРУКЦИИ АВТОСТОЯНОК ОТКРЫТОГО ТИПА

В. Е. Сугрова, П. А. Матвиенко

«Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ)

(г. Москва, Россия)

Представлен анализ тепловой нагрузки на конструкции открытой автостоянки при различных сценариях развития пожара и типах транспортных средств. На основе фактических данных о мощности тепловыделения при пожаре получены температурно-временные кривые, которые показывают, что реальное воздействие пожара менее существенное, чем стандартный температурный режим.

Ключевые слова: локальный пожар, открытая автостоянка, категории автомобилей, мощность теплового потока, сценарий пожара, нагрев конструкций

The thermal loading of an open car park building structure is going to be analysed, based on different fire scenarios that depend on the type of vehicle. Based on the actual data on the heat release rate in a fire, temperature-time curves are obtained that show that the real fire exposure is less significant than the standard temperature regime.

Keywords: local fire, open car park, car categories, heat release rate, fire scenario, thermal structures.

В настоящее время за счет увеличения количества автотранспортных средств, в мегаполисах и крупных городах очень остро стоит проблема парковочного пространства. Статистические данные о реальных пожарах на открытых автостоянках показывают, что автомобильные пожары никогда не были опасными ни для устойчивости конструкций, ни для людей [1]. Огонь обычно остается локальным, и максимальное количество автомобилей, вовлеченных в пожар, составляет три машины.

В соответствии со строительными нормами парковка считается открытой, если общая площадь проемов (на каждом уровне) превышает 35% общей площади стен, а расстояние между стенами с проемами меньше 100 м. Эти два условия обеспечивают естественную вентиляцию, как показано на рис. 1, что позволяет избежать накопления дыма и дополнительного повышения температуры.

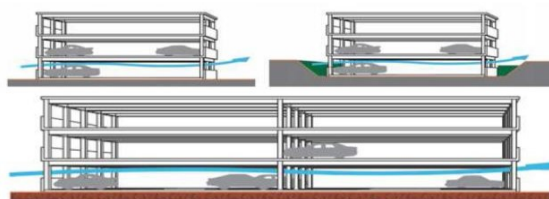


Рис. 1. Естественная вентиляция на открытой автостоянке

Для определения структуры открытой автостоянки и сценария, были проанализированы некоторые статистические данные пожаров, произошедших на автостоянках [1]. Статистика, полученная в результате анализа этих отчетов, приводится с точки зрения времени сопротивления, количества автомобилей, причастных к пожару, классификации автомобилей (табл. 1), травм, времени возникновения пожара.

Таблица 1

Классификация автомобилей по тепловой энергии, выделяемой при пожаре

Производитель	Категория 1	Категория 2	Категория 3	Категория 4	Категория 5
Peugeot	106	306	406	605	806
Renault	Twingo-clio	Mégane	Laguna	Safrane	Espace
Citroen	Saxo	ZX	Xantia	XM	Evasion
Ford	Fiesta	Escort	Mondeo	Scorpio	Galaxy
Opel	Corsa	Astra	Vectra	Omega	Frontera
Fiat	Punto	Bravo	Temptra	Croma	Ulysse
Wolkswagen	Polo	Golf	Passat	//	Sharan
Теоретическая энергия	6000 MJ	7500 MJ	9500 MJ	12000 MJ	

Рассмотрим некоторые характерные примеры пожаров на автостоянках. Описанный в работе [2] пожар произошел на автостоянке под жилым домом. Вероятно, пожар начался в задней части гаража, и во время пожара было задействовано 12 автомобилей. Из-за густого дыма жителей пришлось эвакуировать из здания. Бетон был сильно поврежден с полной потерей защитного слоя для плит, стен и некоторых колонн (рис. 2). После пожара здание некоторое время не использовалось. Конструкция была отремонтирована с помощью торкретирования и дополнительного армирования.



Рис. 2. Железобетонные перекрытия автостоянки после пожара

11 ноября 2007 г. в Ruitersstraat Hilversum (Нидерланды) произошел пожар в гараже, в котором были задействованы две машины. Гараж находился под жилым двухэтажным жилым зданием и был снабжен системой механической вентиляции. Стены и перекрытия гаража выполнены из монолитного железобетона. Повреждения от пожара в виде отколов защитного слоя до нижней арматуры были ограничены областью конструкции, расположенной непосредственно над огнем (рис. 3).



Рис. 3. Структурные повреждения конструкций после пожара автомобилей на автостоянке

Для расчета скорости теплоотдачи в ряде стран были проведены экспериментальные исследования горящих автомобилей [3]. Большинство испытаний проводилось в закрытых условиях. Первые испытания, проведенные в открытых условиях, относятся к 90-м годам. Суммарная теплоотдача автомобиля 70-х годов прошлого века при сжигании на открытой автостоянке равна 4000 МДж.

Испытания показали, что пламя из горящего автомобиля распространяется, главным образом, через ветровое стекло и заднее стекло. Горячие газы в пламени и над ними движутся вверх; этот поток газов соответствует факелу огня. Горящая машина разделена на два факела – передний и задний (рис. 4), а их сумма тепловыделения равна тепловыделению автомобиля.

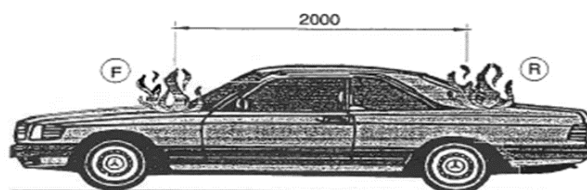


Рис. 4. Передние (F) и задние (R) огневые факелы

Несмотря на разнообразие форм автомобилей, с помощью статистических оценок можно определить размеры «стандартного» транспортного средства и стандартного стояночного места – 5,0 м в длину и 2,5 м в ширину (рис. 5). Данная модель пожара может быть применена к любому автомобилю на парковке.

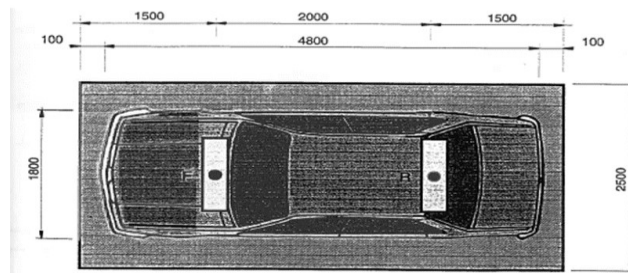


Рис. 5. Парковочный отсек

На основании испытаний были определены эталонные кривые скорости тепловыделения для двух автомобилей класса 3 (один автомобиль является источником огня, а другой – подвержен распространению огня с 12-минутной задержкой). Эти кривые позволяют моделировать несколько горящих автомобилей. На рисунке 6 представлены эталонные кривые для трех последовательных горящих автомобилей класса 3 с максимальной мощностью 8,3 МВт. Для коммерческих транспортных средств предполагается максимальное значение скорости тепловыделения, равное 18 МВт, и эта величина считается «безопасным значением» для проектирования.

Оси пожарных факелов размещаются на расстоянии 2 м в соответствии с размерами обычных легковых автомобилей (см. рис. 6). Для расстояния H уровень огня в автомобиле может быть принят приблизительно 0,3 м над уровнем пола.

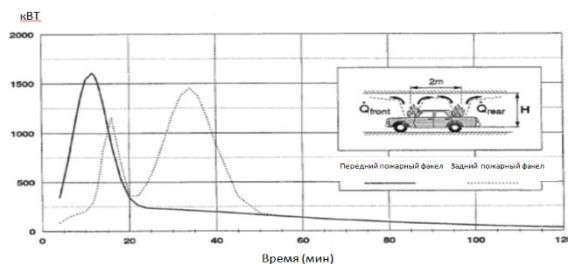


Рис. 6. Кривые мощности теплового потока для трёх последовательно горящих автомобилей

Температура среды пожара в открытой автостоянке зависит от мощности теплового потока (HRR) для каждого типа автомобиля, которая определяется на основании принятых сценариев пожара. Опорные кривые для HRR были определены на основе результатов экспериментальных испытаний, проведенных на реальных транспортных средствах [4].

Скорость тепловыделения зависит от времени для каждой категории транспортных средств и показана в табл. 2.

Таблица 2

Мощность теплового потока HRR различных категорий автомобилей

Время, мин	Мощность теплового потока при пожаре Q_c , кВт				
	категория 1	категория 2	категория 3	категория 4	категория 5
0	0	0	0	0	0
4	884	1105	1400	1768	1768
16	884	1105	1400	1768	1768
24	3474	4342	5500	6947	6947
25	5242	6553	8300	10448	10448
27	2842	3553	4500	5684	5684
38	632	789	1000	1263	1263
70	0	0	0	0	0

Тепловое воздействие локализованного пожара можно оценить с помощью метода Heskestad, включенного в Eurocode 1991-1-2 (рис. 7). Длина пламени локализованного огня L_f определяется как

$$L_f = -1,02D + 0,25Q_c^{2/5}. \quad (1)$$

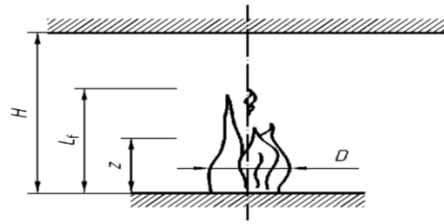


Рис. 7. Модель пожара, когда длина пламени не касается потолка

Если огонь не достигает потолка, температура пламени $\theta(z)$ вдоль симметричной вертикальной оси определяется как:

$$\theta(z) = 20 + 0,25Q_c^{2/3}(z - z_0)^{-5/3}, \quad (2)$$

где D – диаметр пламени, м;

Q – мощность теплового потока пожара, Вт;

Q_c – конвективная доля мощности теплового потока, Вт,
по умолчанию $Q_c = 0,8Q$;

z – высота вдоль оси пламени, м;

H – расстояние между источником огня и потолком, м;

z_0 – виртуальное начало оси:

$$Z_0 = 0,00524Q^{0.4} - 1,02D. \quad (3)$$

Для определения наиболее опасных сценариев пожара была выбрана структура автостоянки, показанная на рис. 8. Возгорание транспортного средства класса 3 определило возможные сценарии:

- 1) сценарий пожара 1, когда один автомобиль горит под второстепенной балкой в середине пролета (наиболее серьезный случай);
- 2) сценарий пожара 2 с двумя автомобилями, горящими под главной балкой;
- 3) сценарий пожара 3 с тремя автомобилями, горящими около колонн.



Рис. 8. Предполагаемые сценарии пожара

Из предыдущих экспериментальных исследований в реальных открытых парковочных зданиях известно, что большинство незащищенных стальных открытых автостоянок со стальным каркасом обладают достаточной внутренней устойчивостью, чтобы противостоять воздействию любых пожаров, которые могут произойти. Противопожарную защиту железобетонных каркасов открытых автостоянок также можно проектировать, принимая во внимание подход, основанный на фактическом поведении конструкции [5].

Традиционные методы проектирования основаны на использовании только стандартных кривых температуры-времени для проектирования отдельных элементов. Когда сооружение подвержено реальному пожару, определенному кривыми мощности теплового потока HRR, необходимо использовать более точные методы расчета конструкций, чтобы учесть косвенные эффекты из-за сдерживаемых тепловых расширений [6, 7].

Упрощенный метод был реализован для расчета температуры среды при возможном пожаре и температуры прогрева балки перекрытия, на различных расстояниях от источника огня (рис. 9):

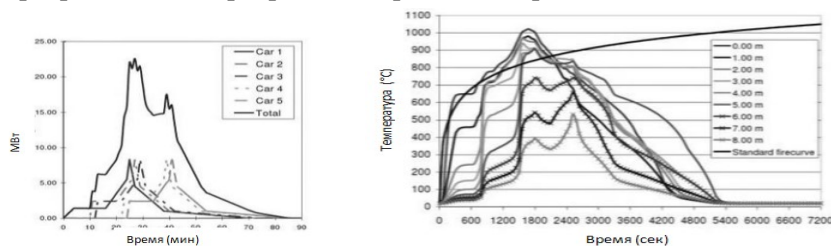


Рис. 9. Мощность теплового потока пожара HRR (слева) и изменение температуры поверхности в разных точках балки перекрытия (справа)

Приведенные результаты ясно показывают преимущество использования методологии проектирования, основанной на сценариях пожара, по сравнению с использованием стандартной температурной кривой ISO. Железобетонные конструкции перекрытий открытых автостоянок, спроектированные с учётом фактической мощности теплового потока, способны противостоять воздействию пожара при использовании различных сценариев.

Методология проектирования, основанная на сценариях пожара, позволит оптимизировать конструкцию, чтобы получить эффект от снижения противопожарной защиты и, следовательно, конечной стоимости этого типа здания при сохранении необходимого уровня пожарной безопасности.

Список литературы

1. ArcelorMittal, Building Research Institute (ITB). Design Guide-Open Steel Car Parks Design for the Polish Market / ArcelorMittal Construction Poznan University of Technology, 2011. p. 20.
2. Annerel E., Taerwe L., Merci B., Jansen D., Bamonte P., Felicetti R. Thermo-mechanical analysis of an underground car park structure exposed to fire // International Association for Fire Safety Science. Fire Safety Journal, 2013. P. 97-98.
3. Li Y. Assessment of Vehicle Fires in New Zealand Parking Buildings. Fire Engineering Research Report 04/2, Master Thesis, University of Canterbury, New Zealand, May 2004.
4. Pope N. Computational Fluid Dynamics modelling of large-scale compartment fires. PhD thesis, University of Manchester (UK). 2005.
5. Федоров В.С., Левитский В.Е. Объектно-ориентированный подход к оценке огнестойкости конструкций // Материалы VIII Международного научного форума молодых учёных, инноваторов, студентов и школьников «Потенциал интеллектуально одаренной молодежи – развитию науки и образования» (23–25 апреля 2019 г.) – Т. 2. Научный потенциал организационно-управленческого инжиниринга в реализации инвестиционно-строительного и жилищно-коммунального комплекса : материалы XXVII Международной научно-практической конференции. – Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. – С. 39-51.
6. Федоров В.С., Левитский В.Е., Соловьев И.А. Модель термосилового сопротивления железобетонных элементов стержневых конструкций // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 5 (61). – С. 47-55.
7. Федоров В.С. Актуальные проблемы оценки огнестойкости конструкций в составе несущей системы здания // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования. Материалы Национальной научно-практической конференции (9 февраля 2018 г.). – Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2018. С. 3-7.

УДК 624.014.2:614.841.33(083.7)

ЖИВУЧЕСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Е. В. Клокова

*«Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ)
(г. Москва, Россия)*

Рассматриваются подходы к решению проблемы обеспечения живучести строительных конструкций и конструктивных систем при проектировании зданий и сооружений. Приведен обзор некоторых исследований по оценке живучести конструкций. Приведены подходы к предотвращению прогрессирующего обрушения здания и сооружения. Приведены некоторые результаты анализа расчета живучести железобетонных конструкций и конструктивных систем.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, конструктивные системы, хрупкое разрушение, прогрессирующее разрушение, живучесть.

The approaches to solving the problem of ensuring the survivability of building structures and structural systems in the design of buildings and structures are considered. A review of some studies assessing the survivability of structures is given. The approaches to the prevention of progressive collapse of buildings and structures are given. Some results of the analysis of calculations of the survivability of reinforced concrete structures and structural systems are given.

Keywords: reinforced concrete structures, structural systems, brittle fracture, progressive failure, survivability.

В последние годы обозначился интерес к проблеме живучести зданий и сооружений. Во многих отраслях техники сформированы методы и модели оценки живучести сложных систем.

Как правило, под живучестью понимают способность системы сохранять заданные параметры при воздействии внешних факторов катастрофического характера. При этом в результате такого воздействия на весь объект или на отдельный элемент возможно снижение эксплуатационных параметров в пределах допустимых значений. Живучесть определена как свойство объекта противостоять развитию критических отказов из дефектов и повреждений при установленной системе технического обслуживания, или свойство объекта сохранять ограниченную работоспособность при воздействиях, не предусмотренных условиями эксплуатации, или свойство объекта сохранять ограниченную работоспособность при наличии повреждений определенного вида или при отказе некоторых компонентов.