В.М. Есин, Нгуен Суан Хынг (Россия, Вьетнам)
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: nguyenxuanhung@mail.ru)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ НА ПОДЗЕМНЫХ АВТОСТОЯНКАХ ВЬЕТНАМА

Представлены результаты моделирования и расчёты температурного режима пожара в подземных автостоянках высотного здания с использованием программного комплекса FDS (Fire Dynamics Simulation). Проведена оценка огнестойкости их строительных конструкций при пожаре.

Ключевые слова: моделирование, пожар, температурный режим, подземная автостоянка.

V.M. Yesin, Nguyen Xuan Hung (Russia, Vietnam)

MODELING OF FIRE IN VIETNAM'S UNDERGROUND PARKING

The results of modeling and calculations of the temperature regime of fire in underground parking of the programmatic set of FDS (Fire Dynamics Simulation). An assessment of fire resistance of building structures with fire.

Key words: simulation, fire, temperature regime, underground parking.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 1 июля 2011 г.

В настоящее время во Вьетнаме происходит интенсивное строительство подземных автостоянок в зданиях и сооружениях, расположенных на территории крупнейших городов. В связи с этим задача обеспечения пожарной безопасности этих автостоянок и зданий и сооружений, в которых они имеются, является одной из приоритетных в области безопасности крупных городов страны. Строительство подземных автостоянок в многоэтажных зданиях различного назначения расширяется и является важным звеном в процессе урбанизации инфраструктуры крупных городов Вьетнама. Всё вышеизложенное свидетельствует об актуальности проблемы обеспечения противопожарной защиты подземных автостоянок.

Для разработки новых систем противопожарной защиты любых объектов необходимо оценить особенности их пожарной опасности. В связи с этим моделирование пожаров с использованием современных технологий и программных комплексов является оптимальным способом прогнозирования ***опасных факторов пожара*** (ОФП) в любых объектах с целью создания систем противопожарной защиты.

Оценка уровня пожарной опасности подземных автостоянок является весьма актуальной и имеет большое практическое значение. Среди научных исследований в данной области наиболее перспективным представляется изучение ОФП с использованием методов математического моделирования возникновения и развития пожара, среди которых, в свою очередь, наиболее надеж-

ными и информативными являются методы полевого моделирования CFD (Computational Fluid Dynamics).

В данной статье представлены результаты расчётов, проведенных с использованием программного комплекса FDS (Fire Dynamics Simulator) [1, 2]. Расчёты температурного режима пожара были проведены с целью оценки огнестойкости строительных конструкций подземных автостоянок при воздействии реальных пожаров. Пожарной нагрузкой являются мотоциклы.

В работах [3, 4] показано, что автостоянки Вьетнама отличаются от автостоянок многих стран мира качественным составом транспортных средств: основным транспортным средством вьетнамцев является мотоцикл. Наиболее оптимальным способом для исследования особенностей их горения и оценки пожарной опасности при пожарах на подземных автостоянках является моделирование.

Полевая модель (CFD) программного комплекса FDS

FDS – программный комплекс, разработанный для моделирования развития пожаров в замкнутых пространствах. С помощью FDS можно рассчитывать плотность газа, скорость потоков, температуру, тепловыделение, давление и концентрацию образующихся при горении веществ в каждом элементарном контрольном объеме, заданном в расчётной области.

FDS требует следующих входных параметров: геометрии моделируемого объема, размера вычислительной сетки, задания местоположения источника зажигания, типа и величины горючей нагрузки, теплофизических свойств материалов, из которых выполнены ограждающие конструкции, положений и размеров вентиляционных отверстий [1].

Программный комплекс FDS позволяет вычислять температуру, плотность, давление в пределах каждого вычислительного контрольного объема на каждом дискретном временном шаге. Кроме того, FDS вычисляет температуру на поверхности, падающий тепловой поток, массовую скорость выгорания (скорость тепловыделения) [2].

Моделирование горения мотоциклов

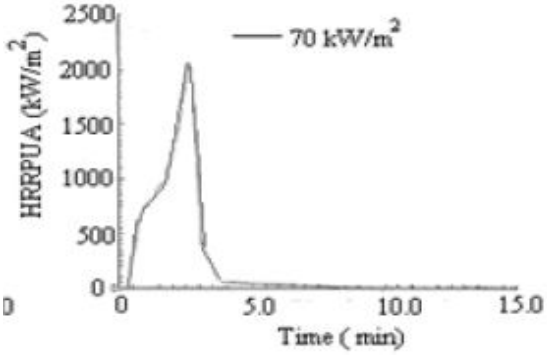
Мотоцикл состоит из многих частей и материалов. В состав горючих материалов мотоцикла входят полимерные материалы: шины из этилена – пропиленовые каучуки (ЭПК), сиденья из полиуретана (ПУ), облицовка из полипропилена (ПП), акрилонитрилбутадиенстирола (АБС) и поликарбоната (ПК) [3]. Для моделирования горения мотоцикла необходимо построить модель мотоцикла в соответствии с его геометрической конфигурацией, размерами (1,9×0,5×1,1 *м*) и материалами. Модель мотоцикла реализована с использованием программы FDS с данными о теплотворной способности материалов (табл. 1 и рис. 1), используемых в мотоциклах.

Таблица 1

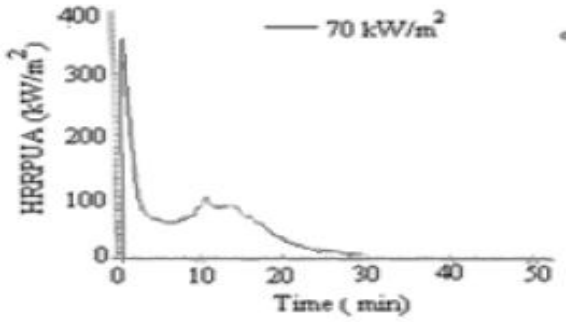
Пожароопасные характеристики материалов в конструкциях мотоциклов [3]

Материал	ПП	АБС	ПУ	ПК	ЭПК
Удельная теплопроводность, *Вт/м К*	0,38	0,17	0,034	0,2	0,3
Плотность, *кг/м*^{3}	900	1050	20	1190	860
Температура зажигания, ^{o}C	305	414	272	497	369
Удельная теплоемкость, *Дж/кг К*	6,27	1,48	1,4	2,06	2,18
Доля сажи в топливе, *кг/кг*	0,09	-	0,18	0,11	-
Доля СО в топливе, *кг/кг*	0,04	0,13	0,027	0,06	-

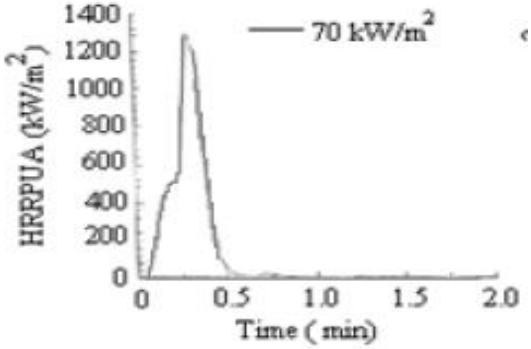
В таблице 1: ПП – полипропилен; АБС – акрилонитрилбутадиенстирол; ПУ – полиуретан; ПК – поликарбонат; ЭПК – этилен пропиленовые каучуки.



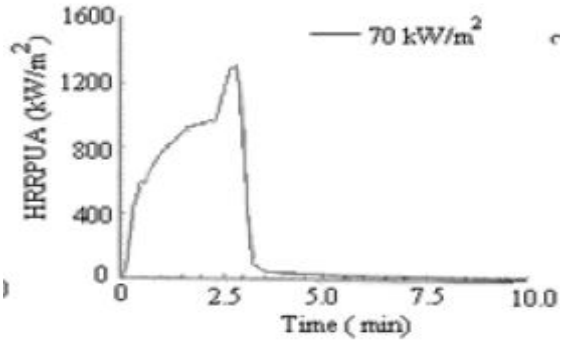
Полипропилен



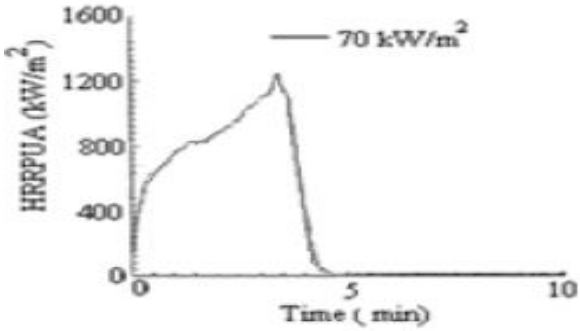
Поликарбонат



Полиуретан



Акрилонитрилбутадиенстирол



Этилен Пропиленовые Каучуки

Рис. 1. Скорость тепловыделения на единицу площади – *кВт/м*^{2} (HRRPUA – *kW/m*^{2}) полимерных материалов, использованных при моделировании

Построение модели мотоцикла состоит в описании геометрии и соотнесении граничных условий с объектом. Геометрия мотоцикла описывается в терминах прямоугольных препятствий, соответствующих размерам и толщине материалов в мотоцикле. На рис. 2 показана модель мотоцикла с размерами сетки 0,1×0,1×0,1 *м*.

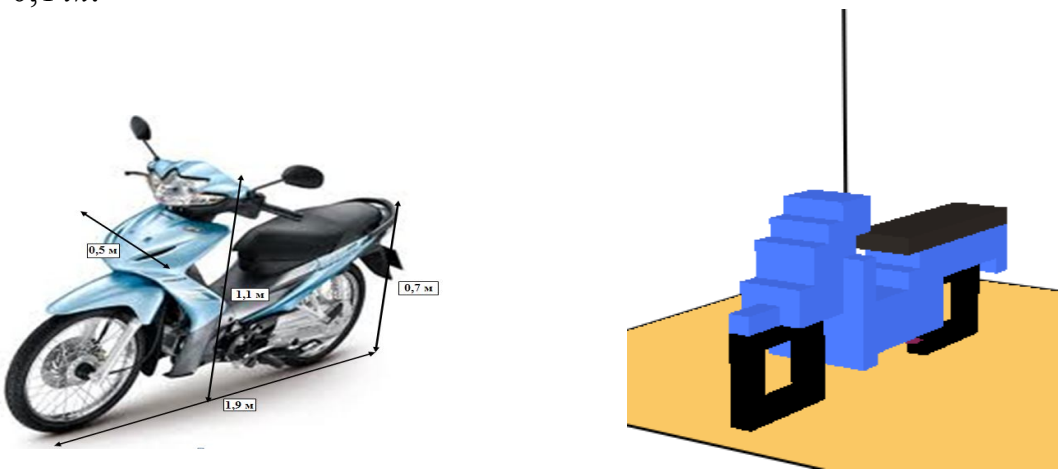


Рис. 2. Модель мотоцикла в FDS

Сравнение результатов проводилось для двух случаев. В первом случае рассматривалось горение одного мотоцикла при фиксации расчётных значений температуры в местах установки датчиков (терморпар) и скорости тепловыделения (рис. 3 *а*, *в*). Во втором случае рассматривались процесс распространения горения между мотоциклами, температура продуктов горения и скорость тепловыделения (рис. 3 *б*, *г*).

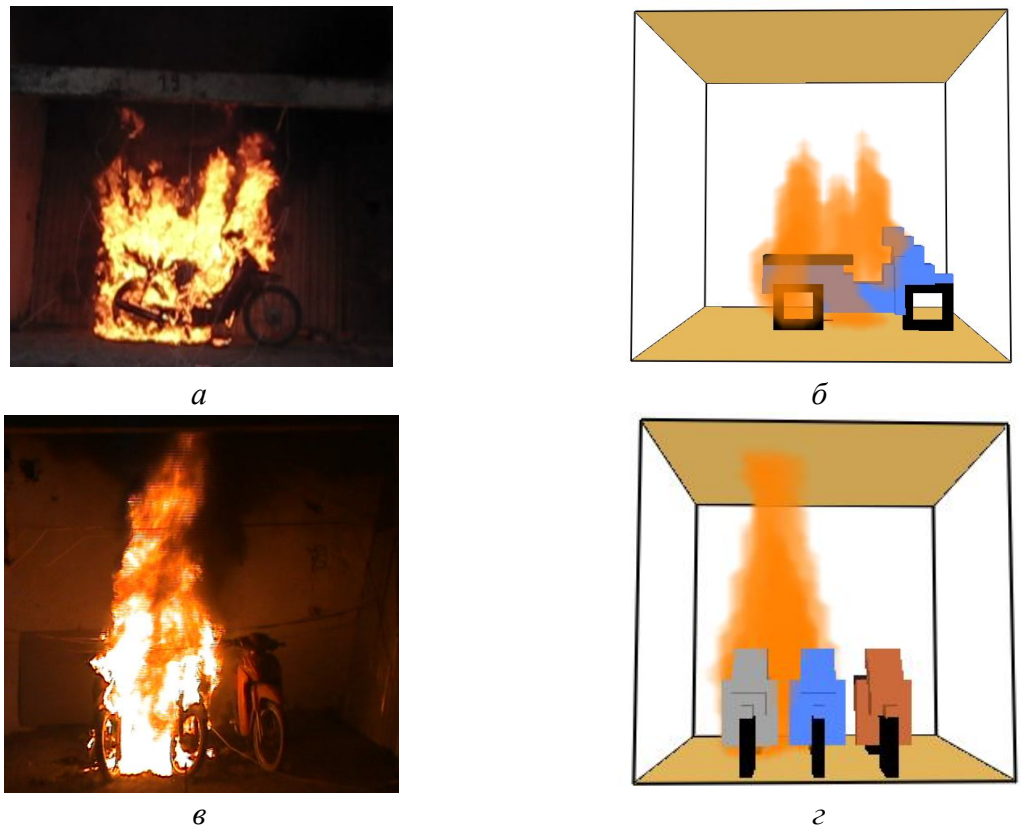


Рис. 3. Модели мотоциклов в испытании (*а*, *в*) и FDS (*б*, *г*)

На рис. 4 показаны результаты расчётов скорости тепловыделения при горении 1 и 3 мотоциклов по программе FDS и в эксперименте [1].

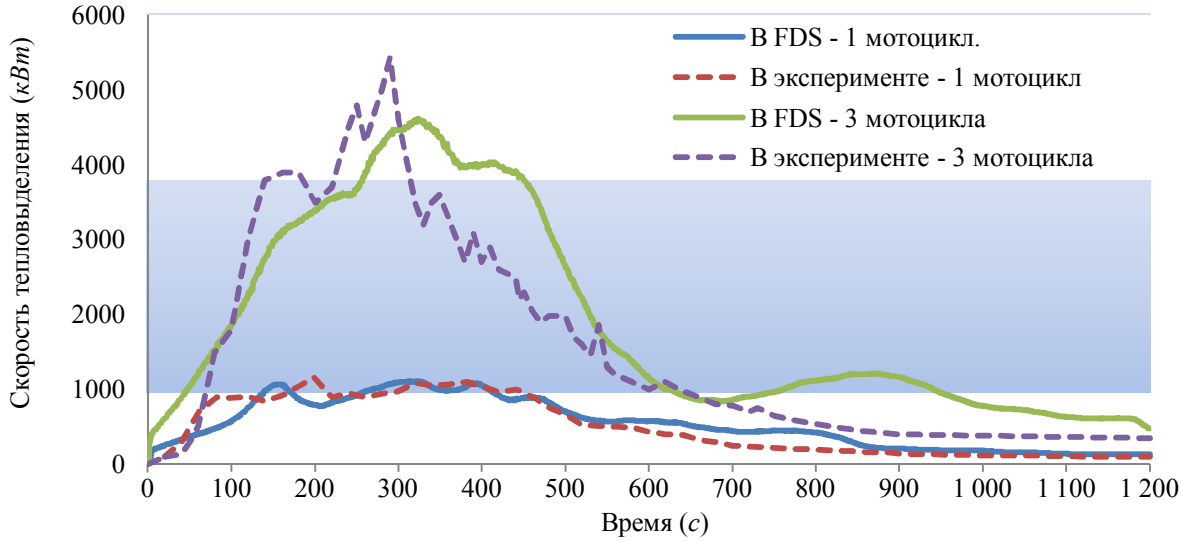


Рис. 4. Скорость тепловыделения при горении 1 и 3 мотоциклов в эксперименте [1] и при моделировании по FDS

В результате моделирования горения мотоциклов показано, что картина горения, полученная на основе математического моделирования, соответствует картине испытания. Скорость выгорания при распространении пожара между мотоциклами в модели FDS неплохо согласуется с экспериментальными данными [1], а время распространения – и с экспериментальными данными представленной работы. Время распространения пожара с первого мотоцикла на второй и третий мотоциклы составляют от 1,5 до 2 минут, что соответствует картине их горения в испытании. На основании проведенного сравнения результатов моделирования с экспериментальными данными можно сделать вывод о том, что тепловыделение и температурные режимы совпадают с вполне приемлемой точностью, что свидетельствует о возможности использования программного комплекса FDS для исследования горения мотоциклов в подземных автостоянках с большим количеством мотоциклов.

Моделирование пожаров в подземных автостоянках

С целью определения температурного режима пожара мотоциклов и оценки его влияния на поверхности строительных конструкции (колонки, балки, потолки перекрытия) подземной автостоянки был исследован сценарий развития пожара при максимальным количестве мотоциклов (рис. 5).

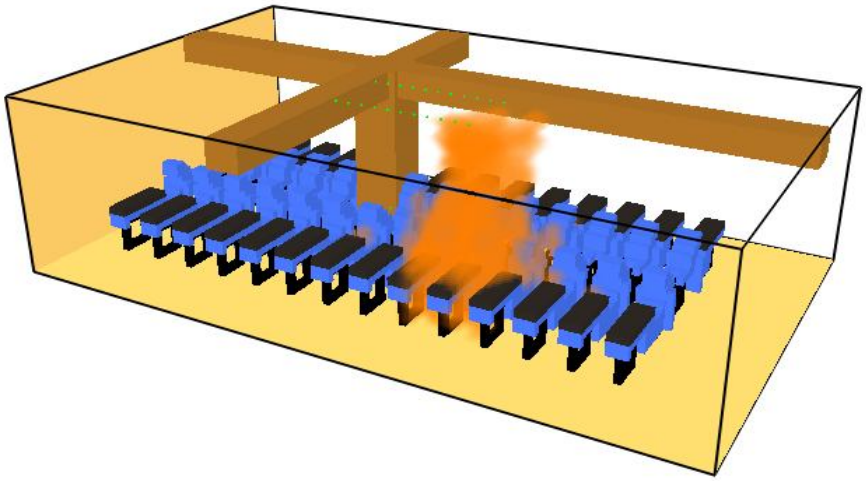


Рис. 5. Сценарии развития пожара в подземной автостоянке

При реализации математической модели в расчётной области использовался контрольный объем 0,1×0,1×0,1 *м*. Источник пожара располагался на полу (его размер 0,1×0,1 *м* и скорость тепловыделения 100 *кВт*) под мотоциклом, находящимся в середине ряда.

Выходными данными, полученными по сценарию развития пожара, является температура газа в точках, расположенных на расстоянии 0,1 *м* от потолка перекрытия, балки и колонки автостоянки.

На рис. 6-8 показаны результаты расчёта температуры вблизи поверхностей колонн, стены и потолка подземной автостоянки при пожаре мотоциклов.

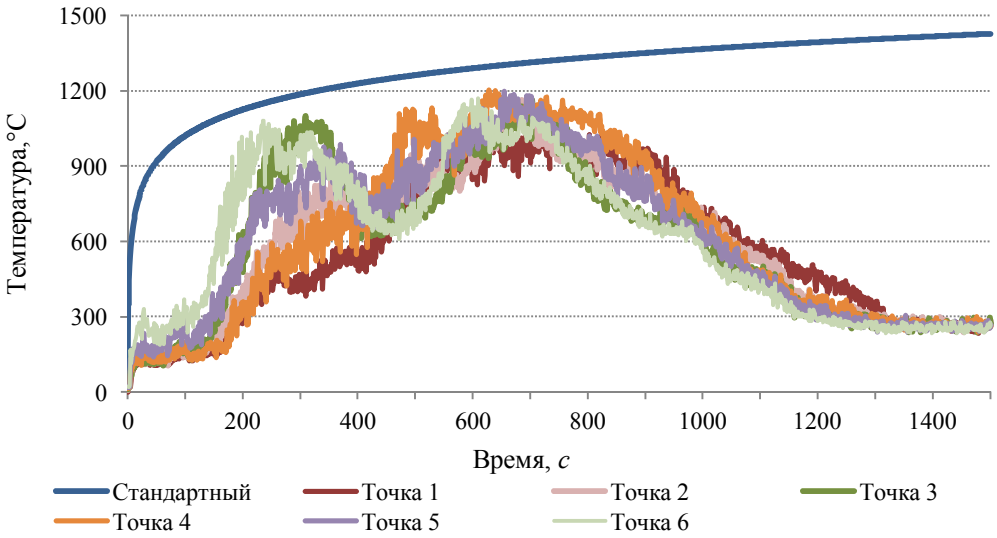


Рис. 6. Температура в различных точках вблизи потолка

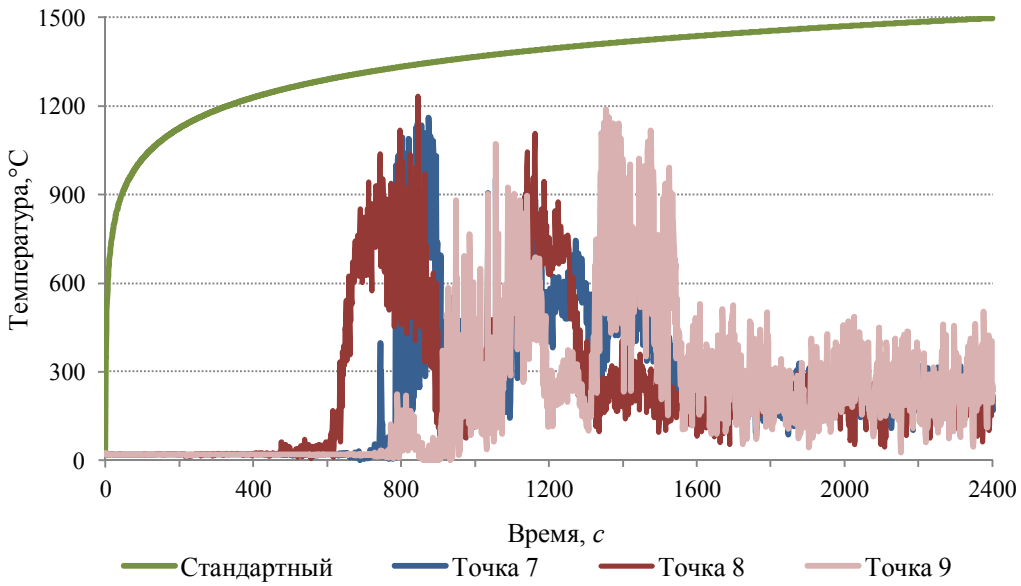


Рис. 7. Температура в различных точках вблизи колонны

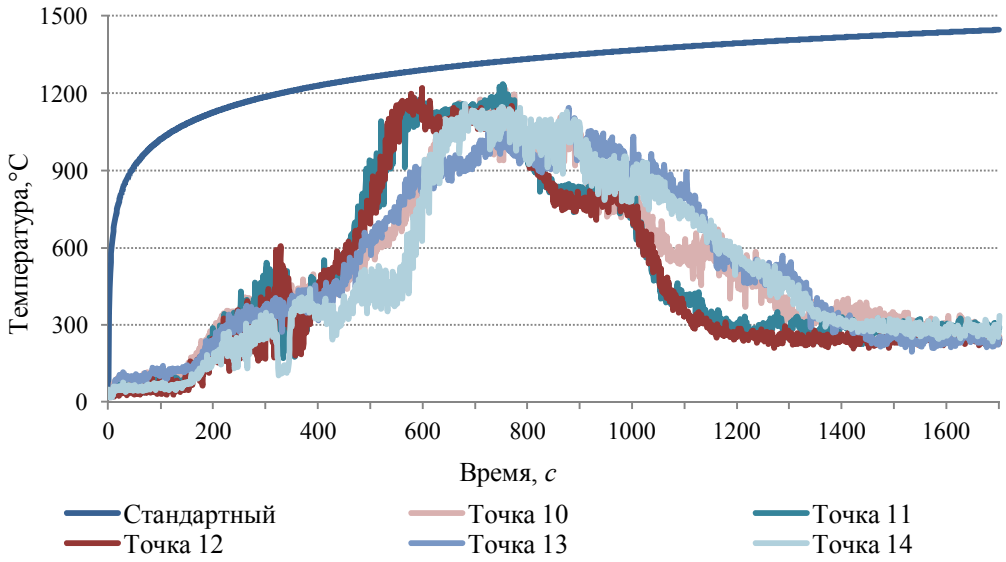


Рис. 8. Температура в различных точках вблизи балки

Несмотря на то, что температура пожара, действующая на строительные конструкции, несколько ниже температуры при стандартном режиме, при пожаре на подземных автостоянках важно обеспечить не только сохранность несущей способности конструкций при огневом воздействии, но и их работоспособность (на достаточном уровне) после пожара. Поэтому перечисленные особенности подземных автостоянок учитываются установлением более высоких нормативных пределов огнестойкости строительных конструкций, по сравнению с наземными зданиями. Для повышения до требуемого уровня огнестойкости железобетонных и других строительных конструкций подземных автостоянок Вьетнама следует использовать огнезащиту.

Вывод

Методом математического моделирования с использованием программного комплекса FDS исследована динамика развития пожара на подземной автостоянке при горении мотоциклов.

Результаты расчётов температурного режима пожара на автостоянке могут использоваться для оценки требуемого предела огнестойкости строительных конструкций и разработки оптимальной системы противопожарной защиты подземных автостоянок Вьетнама.

По результатам моделирования горения мотоциклов можно разработать метод прогнозирования ОФП на подземных автостоянках, размешенных в зданиях, в том числе в жилых высотных и многофункциональных зданиях во Вьетнаме.

Литература

1. ***Fire*** Dynamics Simulator (version 5) – Technical Reference Guide / Kevin Mc Grattan, Howard Baum, Ronald Rehm, William Mell, Randall McDermott // National Institute of Standards and Technology, 2009.

2. ***Руководство*** пользователя "Программа FDS – версия 5", перевод: ООО "СИТИС" / Кэвин Мс Граттан, Брайн Клейн, Симо Хостикка, Джейсон Флойд // Национальный институт стандартов и технологии, 2007.

3. ***Есин В.М., Нгуен С.Х.*** Особенности пожарной опасности транспортных средств на подземных автостоянках Вьетнама // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. Выпуск № 2 (36). 2011. http://ipb.mos.ru/ttb/2011-2. – 0421100050/0021.

4. ***Есин В.М., Нгуен С.Х.*** Исследование горения мотоциклов // Пожаровзрывобезопасность – 2011, Том 20, № 8. С. 42-47.