

В.М. Есин, М.Ю. Цыбульская
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: e-mail: zikovamargarita@bk.ru)

НЕОБХОДИМОСТЬ НАУЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОТИВОДЫМНОЙ ЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ

Проведён эксперимент на лабораторной установке для получения среднеобъёмных параметров газовой среды в помещении при пожаре с течением времени. На основе полученных из эксперимента данных проведён расчёт тех же параметров по программе FDS. Выявлены сходства и расхождения в расчётных и экспериментальных данных, а также причины расхождений.

Ключевые слова: здания повышенной этажности, пожарная опасность, задымление, Fire Dynamics Simulator.

V.M. Esin, M.Ju. Tsybul'skaya

THE NEED FOR SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF REGULATORY REQUIREMENTS FOR SMOKE PROTECTION IN HIGH-RISE BUILDINGS

An experiment made at the laboratory-scale plant to obtain the volumetric parameters of the gaseous environment in the premises in case of fire over time. On the basis of the experiment data calculation of the same parameters using the program FDS was made. Similarities and differences in the calculated and experimental data, and the reasons for these discrepancies were identified.

Key words: buildings high-rise buildings, fire hazard, smoke, Fire Dynamics Simulator.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 24 июля 2016 г.

В России многоэтажные здания можно разделить на две группы: здания высотой менее 28 м от уровня проезда пожарных автомобилей до уровня низа открываемых проёмов верхнего нетехнического этажа (для жилых зданий – до 9 этажа включительно) и здания высотой более 28 м (относятся к зданиям повышенной этажности).

С ростом этажности зданий возрастает их пожарная опасность, поскольку расчётное время эвакуации увеличивается, а время блокирования путей эвакуации дымом уменьшается. Основными путями распространения дыма являются лестничные клетки, шахты лифтов и другие вертикальные коммуникации. Продукты горения распространяются по вертикальным каналам со скоростью, превышающей 20 м/мин. Время задымления верхних этажей исчисляется 2-3 минутами и сопровождается увеличением температуры в объёмах лестничных клеток и шахт лифтов. Задымление также происходит через зазоры и закладные трубы в междуэтажных перекрытиях, двери лестничных клеток и коридоров, не оборудованные уплотнениями в притворах. Под действием высоких температур аппаратура управления лифтами быстро выходит из строя и кабины лифтов блокируются в шахтах. Значительная высота зданий связана

с увеличением протяжённости эвакуационных путей в лестничных клетках и времени эвакуации. Поэтому, помимо основных требований, предъявляемых к зданиям повышенной этажности, предусматривается ряд специальных мероприятий:

- устройство дымоудаления с механическим побуждением тяги из коридоров и холлов, независимо от возможности естественного проветривания;
- устройство незадымляемых лестничных клеток;
- подача наружного воздуха в шахты лифтов для создания в них избыточного давления, по отношению к смежным помещениям (20-150 Па)

Строительство зданий повышенной этажности возрастает, поэтому возрастает и актуальность научных разработок по обоснованию противопожарных требований к системам противодымной вентиляции.

Наиболее объективным методом исследования задымления здания при пожаре и эффективности работы систем противодымной вентиляции является проведение натуральных огневых испытаний. Такие испытания проводятся на готовом "под ключ" здании. В одном из помещений или квартир этого здания выполняются мероприятия по защите несущих и ограждающих конструкций от воздействия пожара. В это помещение помещается горючая нагрузка, соответствующая горючей нагрузке в зданиях такого типа (для жилых зданий – около 50 кг/м^2 в пересчёте на древесину, для административных зданий – около 40 кг/м^2). Препятствием для широкого применения натуральных огневых испытаний является их очень высокая стоимость. Одним из путей экспериментального исследования развития задымления и состояния газовой среды в помещении является проведение экспериментов на уменьшенной модели здания. К сожалению, результаты экспериментальных исследований на уменьшенной модели не могут непосредственно использоваться для реальных зданий по причине несовпадения определяющих безразмерных критериев подобия.

В настоящее время доступными стали программные продукты, реализующие численные методы решения полной системы уравнений сохранения энергии, количества движения, компонентов продуктов горения. Одним из таких программных продуктов является *FDS (Fire Dynamics Simulator* – симулятор динамики пожара), разработанный Институтом Стандартизации США. Программный комплекс FDS верифицирован путём сравнения результатов расчётов с результатами экспериментов, в которых в качестве очага пожара использовались газовые горелки. Для верификации работы программы FDS при горении керосина был проведён эксперимент на лабораторной установке кафедры пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС МЧС России.

В эксперименте проводили измерения основных параметров газовой среды в помещении при пожаре с течением времени, расчёт среднеобъёмных значений этих параметров, для последующего использования их в расчёте программой FDS, а также выявления причин, влияющих на неточное определение этих параметров.

Объём установки составляет $0,45 \text{ м}^3$, в качестве очага горения используется площадка с керосином. Потеря массы керосина измерялась лабораторными весами, скорость выгорания определялась как отношение потери массы за определённый промежуток времени (10 с) к продолжительности этого промежутка времени. Теплота сгорания керосина взята по справочным данным. Температура продуктов горения в установке измерялась с использованием 8 хромель-алюмелевых термопар, регистрация их показаний производилась с использованием прибора УКТ-38-Щ4.

В течение эксперимента (380 с) через каждые 10 с фиксировались показания весов и температура. По полученным данным строились зависимости (рис. 1, 2).

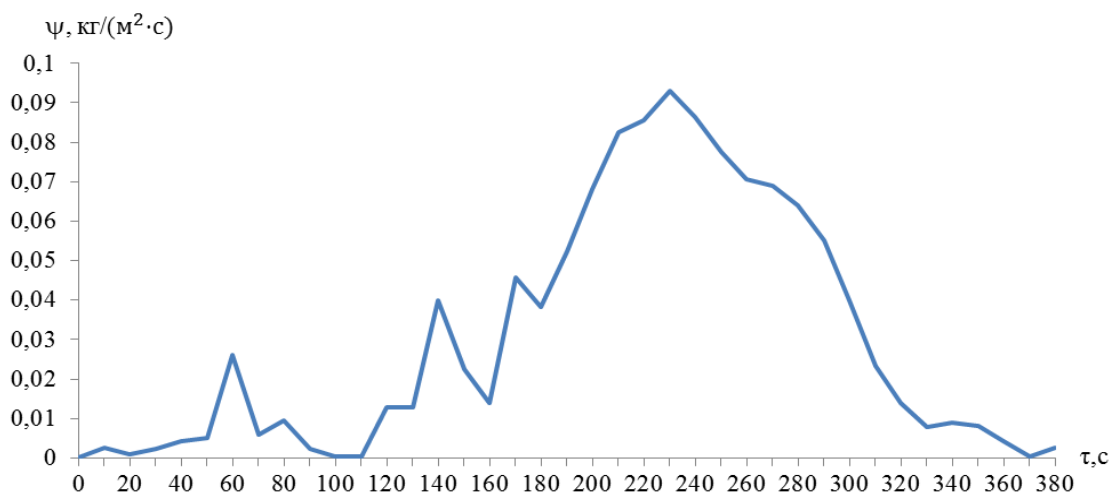


Рис. 1. Зависимость массовой скорости выгорания керосина от времени

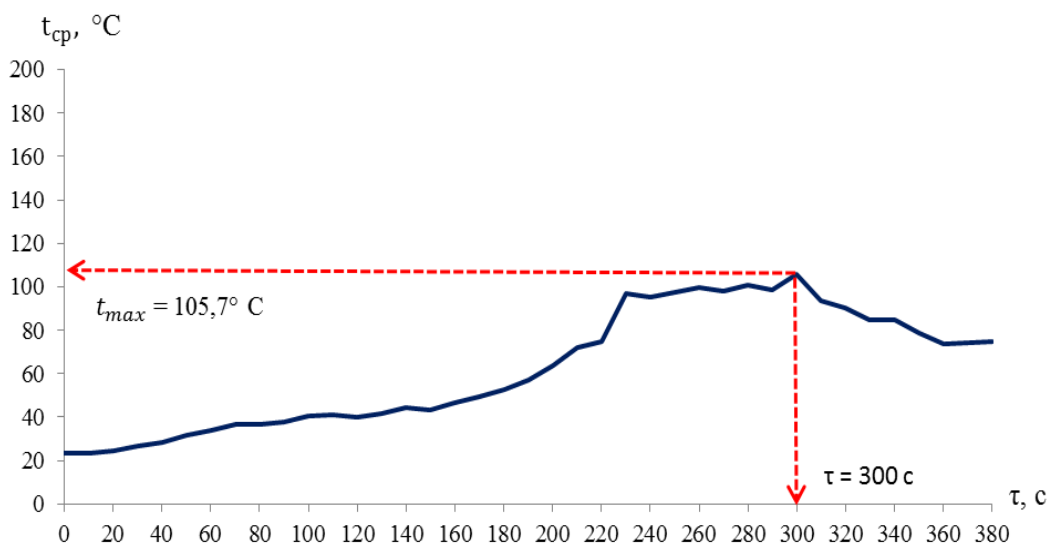


Рис. 2. Зависимость средней температуры газовой среды при горении керосина на площади $F_r = 38,5 \text{ см}^2$

Расчёты по программе FDS проводились с использованием данных по скорости выгорания, полученным в эксперименте. В качестве исходных данных также задавались геометрические размеры установки, размеры и координаты размещения площадки с керосином.

Чтобы провести расчёт, в программе необходимо сформировать входной файл с использованием исходных данных, полученных в ходе эксперимента. Время расчёта одного варианта составляет около 8 часов.

Результаты расчётов среднеобъёмной и максимальной температур приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчётов среднеобъёмной температуры в помещении

FDS Time	GAS	Mean temperature_MAX	Mean temperature_MEAN
0.0000000E+000	2.0000000E+001	2.0000000E+001	2.0000000E+001
1.0267520E+001	2.0000792E+001	2.2129390E+002	2.3468968E+001
2.0140453E+001	2.4240360E+001	2.3266615E+002	2.4772087E+001
3.0020016E+001	2.5682649E+001	2.2718824E+002	2.6947354E+001
4.0280418E+001	2.9272246E+001	2.1188693E+002	3.0976056E+001
5.0167141E+001	3.7572788E+001	2.0934474E+002	3.6255673E+001
6.0045258E+001	5.2122106E+001	2.8327383E+002	6.3739023E+001
7.0304420E+001	7.4373290E+001	2.5852050E+002	6.2677825E+001
8.0184906E+001	6.1052649E+001	2.3134521E+002	5.8292576E+001
9.0061394E+001	6.1482071E+001	2.9281888E+002	5.0164725E+001
1.0032233E+002	4.8105891E+001	1.0252355E+002	4.1627523E+001
1.1022707E+002	4.0941560E+001	1.6370692E+002	3.5901299E+001
1.2008534E+002	4.3332335E+001	2.4623896E+002	4.4500462E+001
...
3.8001123E+002	5.2825566E+001	2.9047905E+002	4.4547951E+001

По полученным данным строятся зависимости температур от времени, которые представлены на рис. 3. На графиках показаны значения среднеобъёмной температуры, полученные в эксперименте и в расчётах по программе FDS, а также максимальное значение температуры, полученное в расчётах по программе FDS.

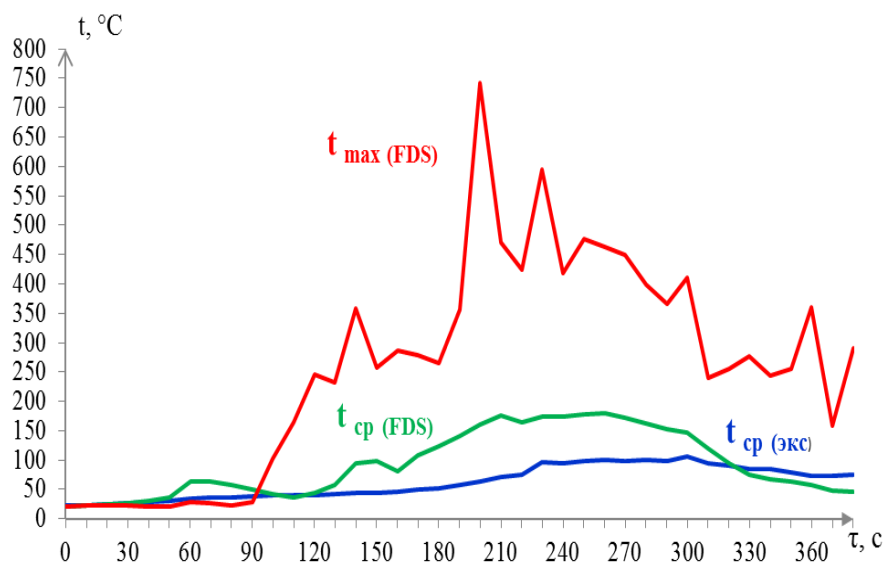


Рис. 4. Зависимости максимальной и средней температуры газовой среды от времени, полученные в результате эксперимента и по программе FDS:

- $t_{cp(эксп)}$ – среднеобъёмная температура в эксперименте, °C;
- $t_{cp(FDS)}$ – среднеобъёмная температура в расчёте по FDS, °C;
- $t_{max(FDS)}$ – максимальная температура в расчёте по FDS, °C

Сравнивая данные зависимости и другие результаты расчётов по программе FDS с результатами экспериментов, можно сделать вывод об удовлетворительном согласовании полученных в расчёте значений среднеобъёмной температуры газовой среды с экспериментальными данными. Имеющиеся расхождения расчётных и экспериментальных данных объясняются следующим:

1. Термопары, установленные в уменьшенной модели помещения, имеют определённую инерционность, следовательно, измеряемая температура меньше температуры газов в этой точке.
2. Имеет место погрешность в измерении размеров экспериментального помещения.
3. Не точно известно конкретное расположение термопар в объёме экспериментального помещения.
4. Необходимо учитывать, что в результате лучистой теплоотдачи от поверхности термопары к ограждающим конструкциям установки измеряемое значение температуры снижается.
5. Есть погрешность в измерении массы горючей жидкости.

Удовлетворительное согласование данных эксперимента на уменьшенной модели помещения с результатами расчётов по программе FDS позволяет сделать вывод о возможности использования этой программы для моделирования движения дыма и теплообмена в полномасштабных зданиях и сооружениях, в том числе, и при работе систем противодымной вентиляции.

Литература

1. **Федеральный** закон РФ от 22 июля 2008 г. № 123 "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (с изменениями и дополнениями).
2. **СП 7.13130.2013.** Отопление, вентиляция и кондиционирование (утв. приказом МЧС России от 21 февраля 2013 г. № 116).
3. **СП 60.13330.2012.** Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха / Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
4. **Есин В.М., Калмыков С.П., Панов М.В. и др.** Пожарная безопасность систем отопления и вентиляции: учебник. Ч. 1. М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. 275 с.
5. **Кошмаров Ю.А., Пузач С.В., Андреев В.В.** Прогнозирование опасных факторов пожара: учеб. пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. 126 с.
6. **Грушевский Б.В., Яковлев А.И., Кривошеев И.Н. и др.** Пожарная профилактика в строительстве. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1985. 452 с.
7. **Есин В.М., Панов М.В., Сидорук В.И., Токарев В.Н.** Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Пожарная безопасность в строительстве". М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. 45 с.
8. **Есин В.М.** Исследование распространения продуктов горения по многоэтажным зданиям и сооружениям и противодымная защита: дис. ... д-ра техн. наук. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1991. 363 с.