

ВИЭ необходимо учитывать снижение инерции и, следовательно, отклонения частоты. Необходимо применять стратегии для поддержания баланса частоты, так как поддержание постоянной частоты очень важно для электроэнергетической системы.

Литература

1. Continental europe operation handbook - p1, Tech. rep., European Network of Transmission System Operators for Electricity.
2. D'hulst R. et al. Voltage and frequency control for future power systems: the ELECTRA IRP proposal //2015 International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies (EDST). – IEEE, 2015. – С. 245-250.
3. Morren J. et al. Wind turbines emulating inertia and supporting primary frequency control //IEEE Transactions on power systems. – 2006. – Т. 21. – №. 1. – С. 433-434.
4. Бальзанников М. И., Елистратов В. В. Возобновляемые источники энергии. – 2008.
5. Гилула М. М. Множественная модель данных в информационных системах. – Наука, 1992.

**РАННЯЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВОЗГОРАНИЙ В ПОМЕЩЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУППЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ**

**Свириденко А.С., Кропотова С.С., Волков Р.С., Стрижак П.А.**

Научный руководитель доцент Р.С. Волков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Пожары в помещениях разного назначения являются актуальной проблемой всего мирового сообщества [1–3,5]. В мировом научном сообществе острой является проблема повышения огнестойкости зданий [3]. Основное направление в области пожарной безопасности является обнаружение очага возгорания [5,6]. Характеристики горения типичных отделочных веществ и материалов позволит использовать моделирование для оценки поведения очага возгорания [4]. Цель работы – установление наиболее подходящий для идентификации возгораний в помещении комбинации средств измерений и регистрации.

Для проведения исследований применялся экспериментальный комплекс (рис.). Экспериментальный комплекс включал: огнеупорный стенд, регистрирующие устройства и системы, щит автоматики. Сбор и запись информации осуществлялась на ПК. Огнеупорный стенд сконструирован и смонтирован в виде полового параллелепипеда. Геометрические размеры последнего 1,5×1×1,25 м. Внутри стенда размещался модельный очаг. Также в полости стенда расположены точечные детекторы, а также высокоскоростной пирометр. Сигналы с последних подаются на щит автоматики (рис. 1).



**Рис. Вид основных элементов измерительного комплекса: 1 – термопары; 2 – высокоскоростной пирометр; 3 – газоаналитическая система; 4 – пожарный извещатель пламени; 5 – пожарный извещатель тепловой; 6 – пожарный извещатель дымовой; 7 – видеокамера; 8 – приточная вентиляция; 9 – вытяжная вентиляция**

Экспериментальные исследования проводились по следующей методике. Модельный очаг выкладывался на металлический поддон. Очаг разжигался равномерно по всей площади поверхности (при помощи газовой горелки). При этом общее время розжига составляло от 10 до 90 секунд. При проведении исследований зарегистрированы следующие стадии пожара. Начало тления материала под воздействием пламени от газовой горелки при отсутствии пламенного горения последнего характеризуется начальной стадией. Процесс неустойчивого, быстро прекращающегося (в случае отсутствия пламени газовой горелки) горения, определяющий момент перехода пожара от начальной в развитую стадию) характерно для стадии разгорания. Процесс сгорания горючего материала при наличии визуально наблюдаемого пламени – пламенное горение. Процесс сгорания горючего материала при отсутствии визуально наблюдаемого пламени характерен для стадии тления. Осуществлялась регистрация температуры в экспериментальном боксе при помощи термопары, температуры поверхности очага горения с использованием пирометра, также высота пламени при помощи извещателя пламени. Для регистрации концентрации частиц дыма применялся извещатель дымовой, концентрации газообразных продуктов пиролиза регистрировалась газоаналитической системой на основе газоанализатора.

По результатам экспериментов сформулированы основные заключения:

1. Зарегистрированы минимальные пороги, необходимые для срабатывания различных типов извещателей с вероятностью 100 %: пламени – высота пламени не менее 0,02 м при удалении очага от датчика не более 2 м, высота пламени не менее 0,05 м при удалении очага от датчика на 2-5 м, высота пламени не менее 0,15 м при удалении очага от датчика более чем на 5 м; тепловые – скорость роста температуры газовой среды в окрестностях датчика не менее 1 °C/с при температуре газовой среды 55 °C и выше; дымовые – концентрация продуктов пиролиза в воздухе не менее 2 г/м<sup>3</sup> для линолеума, 24 г/м<sup>3</sup> для древесины; 32 г/м<sup>3</sup> для бумаги и картона. Показано, что вследствие ложных срабатываний пожарных извещателей, либо, напротив, их малой чувствительности, для безошибочной и успешной идентификации момента возгорания различных материалов (и, как следствие, начала процесса тушения) целесообразно использование не менее двух различных типов датчиков (тепловых, дымовых или датчиков излучения пламени): древесины или линолеума – дымовых и излучения пламени; бумаги или картона – тепловых и излучения пламени. Такой подход позволяет повысить вероятность обнаружения пожара практически до 100 %. Обосновано, что в качестве подтверждающего возгорание или интенсивный пиролиз на стадии до пламенного горения сигнала следует использовать информацию о концентрации O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> и CO в помещении (полученную с использованием системы газоанализа): через 40-50 с с момента возгорания концентрация O<sub>2</sub> снижается с 20,5 % до 18,5-20 %, значения CO<sub>2</sub> и CO возрастают до 0,5-2 % и 0,15-0,5 %, соответственно. При отсутствии пламенного горения (как следствие, не срабатывания датчиков пламени) при малых (менее 10-20 г) массах горючего материала время реакции системы газоанализа (изменение концентрации O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> и CO в указанных выше диапазонах) в ряде случаев может быть в 1,5-2 раза меньше времен срабатывания пожарных извещателей (дымовых и тепловых). Вышеперечисленные факторы и диапазоны параметров следует использовать для запуска системы пожаротушения;

2. Момент полного тушения пожара (прекращения тления) и, как следствие, остановки процесса подачи тушащего состава можно определить при анализе трендов изменения средней нормализованной интенсивности изображения с видекамеры: после прекращения тления скорость снижения во времени средней нормализованной интенсивности изображения стремится к нулю и не превышает значений 0,0002 с<sup>-1</sup> (выходит на определенную асимптоту).

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ (проект 21-19-00009, <https://rscf.ru/en/project/21-19-00009/>).

#### Литература

1. Bonner, M., Wegrzynski, W., Papis, B.K., Rein, G. A top-down, statistical approach to understand the fire performance of building facades using standard test data // *Building and Environment*. – 2020. – V.169. – 106540.
2. Festag, S. The Statistical Effectiveness of Fire Protection Measures: Learning from Real Fires in Germany // *Fire Technology*. – 2021. – V. 57. – P. 1589–1609.
3. Himoto, K., Conceptual framework for quantifying fire resilience – A new perspective on fire safety performance of buildings // *Fire Safety Journal*. – 2021. – V. 120. – 103052.
4. Moon, M.H., Kim, H.J., Min, S.G., Kim, S.C., Park, W.J. Simulation of Indoor Fire Dynamics of Residential Buildings with Full-Scale Fire Test // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13. – P. 4897.
5. Sheng, D., Deng, J., Zhang, W., Cai, J., Zhao, W., Xiang, J. A Statistical Image Feature-Based Deep Belief Network for Fire Detection // *Complexity*. – 2021.
6. Yuan, L., Thomas, R.A., Rowland, J.H., Zhou, L. Early fire detection for underground diesel fuel storage areas // *Process Safety and Environmental Protection*. – 2018. – V. 119. – P. 69–74.