

ПРИМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО КАНАЛА РЕГИСТРАЦИИ В УСЛОВИЯХ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ТИПИЧНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗГОРАНИЯХ В ПОМЕЩЕНИЯХ

Красников А.М.¹, Егоров Р.И.², Жданова А.О.³

¹ Томский политехнический университет, ИШЭ, группа 5Б13, e-mail: amk49@tpu.ru

² Томский политехнический университет, ИШФВП, профессор, e-mail: rommel@tpu.ru

³ Томский политехнический университет, ИШФВП, доцент, e-mail: zhdanovaa@tpu.ru

Введение

Самым популярным способом тушения возгораний в помещениях с большим количеством людей, в данный момент, является использование систем водяного пожаротушения. В большинстве промышленных решений расход воды устанавливается максимально избыточным, чтобы обеспечить гарантированное тушение пожара. Для минимизации последствий заливания помещений тушащим агентом целесообразно использовать пенообразующие добавки в воду [1] которые позволяют повысить эффективность тушения и, таким образом, сократить общий расход воды при сохранении общей эффективности тушения. Проблема мониторинга процессов горения в ходе тушения пожара (в реальном масштабе времени) является на сегодняшний день очень актуальной и слабо проработанной [2]. Целью данной работы является определение эффективных путей применения акустических датчиков для текущего контроля тушения модельного очага, а также анализ ограничений акустического подхода в применении к мониторингу процесса горения очага в условиях его тушения водой.

Описание алгоритма

В ходе работы были проведены экспериментальные исследования по ликвидации горения модельных очагов, состоящих из древесины, картона и ПВХ-материалов. Подавление горения реализовано при помощи форсуночного устройства ФМТ-100.

Экспериментальный комплекс состоит из огнеупорного стенда, щита автоматики, регистрирующих устройств, двух видеокамер, ПК для сбора и записи информации, а также компрессора системы пожаротушения. На рис. 1, а представлен внешний вид основных элементов экспериментального стенда.

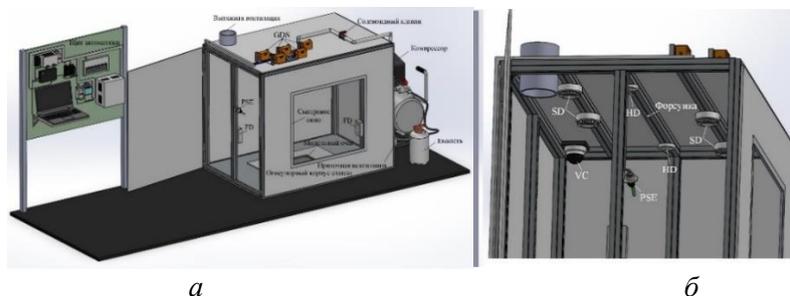


Рис. 1. Экспериментальный комплекс:

а – внешний вид основных элементов экспериментального стенда, б – расположение датчиков внутри полости стенда

Огнеупорный бокс стенда представляет собой полый параллелепипед размерами 1×1,25×1,5 м, грани которого выполнены из стекломгнезитового негорючего листа, прикрепленного к каркасу из алюминиевых балок. В боковой грани имеется окно с огнеупорным стеклом толщиной 4 мм размерами 0,7×0,5 м. Внутри бокса размещены модельный очаг пожара, дымовые извещатели и термодатчики, датчики пламени, тепловые датчики для идентификации характеристик очага возгорания и момента начала возгорания, система газоанализа.

Эксперименты проводились следующим образом: заготавливался материал для модельного очага, т. е. нарезались фрагментами (3×10 см) картон и линолеум, кололась на крупную щепу древесина. После этого создавался модельный очаг, который помещался в стенд и поджигался. Спустя какое-то время после возгорания, система реагировала на горение звуковой и световой индикацией, критерием для включения тушения было срабатывание двух датчиков. Вся последовательность срабатывания и протоколы показаний датчиков записывались с помощью программного обеспечения. После

окончания тушения установка проветривалась от газов, которые выделились при горении материалов.

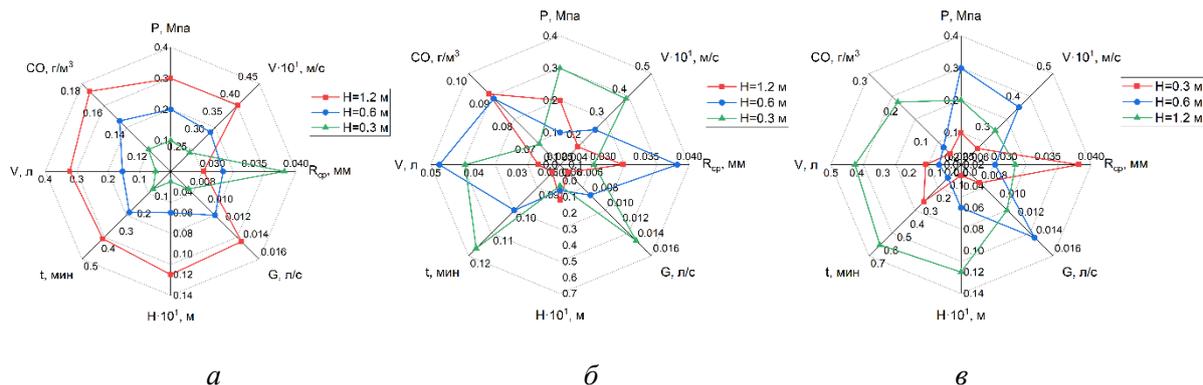


Рис. 2. Результаты многофакторной оценки параметров распылительной системы в условиях ликвидации возгорания модельных очагов

(P – давление в системе распыления, Мпа, V – скорость движения капель в потоке распыленной жидкости, м/с, R_{cp} – средний размер капель в потоке, мм, G – объемный расход тушащей жидкости, л/с, H – высота расположения форсунки над очагом, м, t – суммарное время тушения, с, V – объем затраченной тушащей жидкости, л, CO – максимальная концентрация угарного газа, г/м³): а – древесина; б – линолеум; в – картон

На рис. 2 представлены результаты многофакторной оценки параметров системы пожаротушения, основанной на использовании распылительных устройств. В частности, проведены эксперименты с различными материалами, включая древесину, картон и линолеум. Основное внимание уделено оценке времени тушения (t) и объему использованной жидкости (V) при различных высотах установки форсунок (H). Для каждого материала были определены наилучшие параметры высоты и избыточного давления в системе распыления (P), что позволило значительно сократить время тушения и снизить расход воды.

В современных системах пожаротушения применяются различные технологии, включая традиционные водяные системы с использованием форсунок и системы, основанные на инновационных решениях, таких как нейросети и компьютерное зрение для раннего распознавания возгораний. Системы пожарной сигнализации и автоматического тушения оснащены такими датчиками, как дымовые (SD) и тепловые (HD), которые реагируют на первые признаки возгорания и активируют процесс тушения. Эти системы уже доказали свою эффективность на практике. Кроме того, новые системы позволяют минимизировать количество используемой жидкости за счет точной настройки параметров форсунок и давления.

В ходе лабораторных исследований было изучено тушение различных категорий материалов, включая древесину, картон, текстиль и легковоспламеняющиеся жидкости. Эти материалы подвергались воздействию огня, и результаты их поведения при горении были зафиксированы и проанализированы. Особое внимание было уделено выделению угарного газа и оценке эффектов, возникающих при контакте материалов с водой в процессе тушения. Например, картон показал существенный рост выделения угарного газа, что требует специальных мер при его тушении.

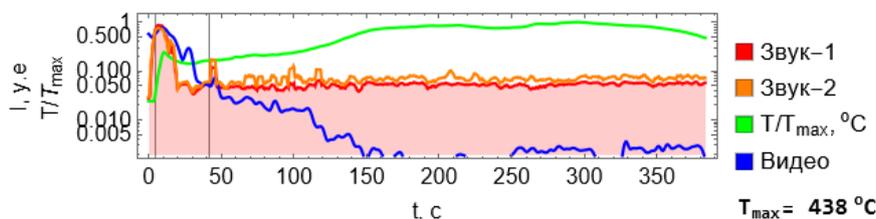


Рис. 3. Критерии интенсивности горения модельного очага (картон), полученные из данных акустического мониторинга (Звук-1 и Звук-2), а также тренды яркости горения очага (Видео) и температуры его внутренней части (T/T_{max}). Начало поджога и тушения показаны вертикальными черными линиями. По оси ОУ использована логарифмическая шкала

Рис. 3 иллюстрирует корреляцию между яркостью модельного очага и температурой внутри него, а также с интенсивностью шума, производимого очагом горения в ряде узких полос акустического спектра, однозначно связанных с процессами горения. В частности, исследование древесины показало, что можно с высокой точностью оценивать процессы горения в целом на основе внешних показателей, таких как видимая яркость пламени. Следует отметить, что такой подход работает куда менее эффективно для пористых материалов, вроде гофрокартона. Это позволяет использовать видеонаблюдение в системах пожаротушения для точного определения момента, когда пламя полностью погашено, и оценивать эффективность тушения на разных этапах. В случае сильного задымления или скрытого горения, показания акустических датчиков позволяют отметить изменение его интенсивности.

Заключение

Предложенный алгоритм обработки звуковых данных, полученных при акустическом мониторинге процессов горения позволяет сформулировать числовые критерии интенсивности процессов термического разложения горючих материалов путем анализа спектральной плотности мощности, измеряемой в сигнатурных полосах звукового спектра. Изменение со временем плотности энергии звуковых колебаний, приходящейся на контрольную спектральную полосу-сигнатуру, позволит сделать заключение об интенсивности протекания открытого или скрытого процесса горения.

Применение интегральных уровней шума в границах сигнатурных полос шума горения различных материалов позволяет контролировать процесс их тушения с применением микроконтроллеров для обработки звукового потока прямо на месте. Таким образом, система акустического мониторинга не записывает, не хранит и не передает никуда, собственно, звукового потока, который может быть использован для прослушки помещения злоумышленниками.

Использование акустического канала вместе с общепринятым набором пожарных сенсоров позволяет расширить возможности пожарной системы в плане оперативного мониторинга эффективности процесса тушения. Это, в свою очередь, позволяет интеллектуальной системе мониторинга своевременно принять решение о достаточности времени тушения и предотвратить избыточный залив зоны возгорания тушащим агентом.

Исследование выполнено при поддержке проекта ПИШ-НИР-2024-008.

Список использованных источников

1. Stepanov A.I., Doil’Nitsyn V.A. Foam- and film-forming compositions and technical means for accident-remediation and disassembly work on nuclear power facilities // At. Energy. – 2008. – Vol. 105. – P. 75–77.
2. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году», МЧС России, Москва, 2021.