

происходит с помощью специализированной программы Step 7 - Micro/WIN. Данная программа поддерживает несколько языков программирования: LAD (Ladder Diagram), STL (Statement List), FBD (Function Block Diagram). В настоящей работе программа разработана на языке LAD [4].

Литература

1. Лебедев П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок, г.Москва, 1963 г. 320 с.;
2. Kurmangaliev R. A, Kravchenko E. V. Research methods of re-liability indicators of rectifier diode in tablet execution. EPJ Web Conf. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 10.1051/epjconf/20158201030 свободный. – Загл. с экрана.
3. Kravchenko E. V., Kuznetsov G. V. Increase resource power electronics module on the physics of failure method. MATEC Web Conf. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 10.1051/mateconf/20141901028 свободный. – Загл. с экрана.
4. Nigay A. G., Kravchenko E. V. Development automated system control heat chamber based on programmable logic controller siemens S7-200. MATEC Web Conf. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 10.1051/mateconf/20153701037

УСЛОВИЯ ПОДАВЛЕНИЯ РЕАКЦИИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ЛЕСНОГО ОПАДА ЖИДКОСТНЫМ АЭРОЗОЛЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ПЛОТНОСТИ ВБЛИЗИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Г.С. Няшина, Н.Е. Шлегель

Научный руководитель старший преподаватель А.О. Жданова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Нефтегазовый комплекс Западной Сибири покрыт хвойными и лиственными насаждениями [6]. В настоящее время задача охраны бореальной зоны от пожаров является актуальной во всем мире [1, 7]. Как правило, предпринимаются попытки применить самолеты и вертолеты [3] для прекращения пламенного горения и пиролиза лесной подстилки. Традиционно организация ликвидации и локализации возгорания лесного массива предполагает локальный сброс тушащей жидкости с борта летательного аппарата в зону горения [5]. Результаты исследований [2] показали, что основная масса сброшенной таким образом жидкости проходит в грунт на малых площадях поверхности и не подавляет реакцию пиролиза в слоях лесного массива. Установлено [2], что лишь 5–7% от общего объема водяного массива, израсходованного для снижения температуры разлагающегося лесного горючего материала (ЛГМ), может испариться в условиях прекращения пламенного горения и пиролиза ЛГМ.

Как правило, лесная подстилка имеет толщину не более 20 см [4]. При распространении фронта горения по бореальному опаду выгорает в основном «верхний горизонт» [4] толщиной до 0.04 м. Известно [4], что «верхний горизонт» опада хвои ели имеет плотность слоя 30–33 кг/м³, а покров опада листвы 8–12 кг/м³. Особая пожароопасная обстановка наблюдается в летние засушливые периоды времени [4], когда фронт пожара распространяется вдоль свежего опада ЛГМ. Представляет интерес оценка условий и характеристик прекращения пиролиза бореальной зоны в зависимости от плотности лесного покрова, который формируется за период времени от нескольких дней до нескольких лет. Оценка времен прекращения реагирования в слоях ЛГМ является актуальной задачей, поскольку применение авиации для тушения бореальной зоны несет большие финансовые затраты (высокая стоимость является одним из главных недостатков авиационного пожаротушения).

Цель настоящей работы – экспериментальное исследование влияния плотности навески лесного горючего материала на условия и характеристики процесса подавления реакции его термического разложения типичным для систем пожаротушения жидкостным аэрозолем.

Для экспериментальных исследований применялся стенд, схема которого приведена на рис. 1. Для регистрации параметров быстропротекающих процессов установка оснащена техническими средствами измерения температуры, средствами высокоскоростной видеорегистрации, а также программно-аппаратным комплексом для реализации измерений посредством панорамных оптических методов диагностики многофазных сред.

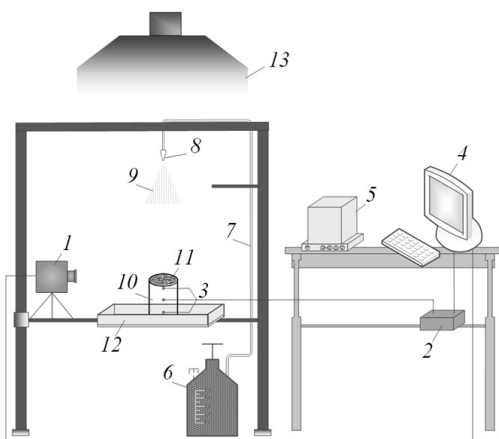


Рисунок 1. Схема экспериментального стенда: 1 – высокоскоростная видеокамера; 2 – модуль аналогового ввода; 3 – термометры; 4 – рабочая станция; 5 – микровесы; 6 – резервуар с водой; 7 – канал подачи воды; 8 – распылительная форсунка; 9 – жидкостной аэрозоль; 10 – цилиндр с навеской топлива; 11 – ЛГМ; 12 – металлический поддон; 13 – вытяжная система

В качестве ЛГМ были рассмотрены хвоя ели. Непосредственно перед проведением цикла экспериментов

определялась влажность материалов методом термической сушки. Относительная влажность ЛГМ определялась по формуле $\gamma_f = (m_{fw} - m_{fd}) / m_{fw} \cdot 100$, где m_{fw} – масса навески ЛГМ до термической сушки (г), m_{fd} – масса навески ЛГМ после термической сушки (г). Для хвои ели относительная влажность γ_f в экспериментах составила 7–10 %.

Перед началом проведения каждого эксперимента навеска ЛГМ взвешивалась на аналитических микровесах 5 (определялась ее масса m_0). Далее проводилась укладка ЛГМ на дно модельного очага. Исходная масса ЛГМ выбиралась таким образом, чтобы его плотности в каждой серии экспериментов изменялись в довольно узком диапазоне. Плотность ЛГМ вычислялась по формуле $\rho_f = m_0 / (h_f \cdot S_f)$, кг/м³, где $S_f = \pi \cdot (d_f/2)^2$, S_f – площадь поверхности ЛГМ (м²), h_f – высота модельного очага (м), d_f – диаметр модельного очага (м), m_0 – исходная масса навески (г).

Выбор значений плотности навески ЛГМ обусловлен плотностями лесной подстилки, которая выгорает при низовом пожаре. В экспериментах плотность хвои ели варьировалась от 27.26 кг/м³ до 52.78 кг/м³. Модельные очаги представляют полые цилиндры (высота $h_f = 0.04$ м и диаметр $d_f = 0.06$ м) и выполнены из гофрированного алюминия.

Экспериментальные исследования состояли из двух этапов. Первый этап экспериментов заключался в определении времен прогорания навесок ЛГМ. Во второй серии проводилось определение времен тушения t_c и минимального объема тушащей жидкости V_c для подавления реакции термического разложения ЛГМ в условиях воздействия жидкостного аэрозоля при варьировании плотности навески ЛГМ. Для каждого образца ЛГМ устанавливался интервал времени, в течение которого необходимо распылять тушащую жидкость. Фиксировался интервал времени, в течение которого реакция деструкции ЛГМ прекращалась. Критерием достижения подавления реакции термического разложения ЛГМ являлась температура слоя навески. Снижение температуры (по показаниям термопар) ниже 370 К считалось условием подавления реакции деструкции ЛГМ.

В таблице приведены результаты экспериментальных исследований по определению времен подавления реакции термического разложения ЛГМ в условиях воздействия жидкостного аэрозоля при варьировании плотности навески.

Таблица

Длительности исследуемых процессов при варьировании плотности модельного очага горения ЛГМ высотой $h_f \approx 0.04$ м и диаметром $d_f \approx 0.06$ м при тушении жидкостным аэрозолем ($R_d = 0.01-0.12$ мм)

Плотности навески ЛГМ (ρ_f) кг/м ³	27.26	39.31	45.12	52.78
Времена тушения (t_c), с	35.64	61.66	64.21	63.67
Времена прогорания навесок (t_p), с	155	250	300	302

Для хвои ели наблюдается незначительное увеличение времен прекращения пиролиза. Следует отметить, что при увеличении плотности от 27.26 кг/м³ до 40 кг/м³, наблюдается увеличение времени прекращения реакции термического разложения на 25 с. Увеличение плотности приводит к незначительному изменению времени тушения. Такой эффект, скорее всего, обусловлен пористостью навески хвои ели. В условиях тушения капли воды проникают в слой термически разлагающегося материала, снижая температуру в слое навески.

Анализ полученных результатов позволяет сделать заключение, что возгорание надпочвенного покрова хвойного леса позволяет определить верхние значения времен подавления пиролиза в слоях опада. Формирование надпочвенного слоя хвои в течение нескольких лет не приводит к значительному увеличению t_c . Необходимым и достаточным условием для подавления реакции пиролиза в слоях лесного покрова хвойных лесов является время подачи жидкостного аэрозоля в течение 70 с. Такие достаточно небольшие по продолжительности процессы распыления воды можно обеспечить с применением довольно небольшой группы (от 3 до 5) воздушных судов. Но эффективными условиями распыления воды они могут стать лишь при покрытии всей площади поверхности термически разлагающегося материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 14-39-00003) и гранта Президента РФ МК-1684.2017.8.

Литература

1. Атлас риска пожаров на территории Российской Федерации – М.: ООО «Издательско-продюсерский центр» «Дизайн. Информация. Картография», 2010. – 639 с
2. Жданова А.О., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А., Хасанов И.Р., Федоткин Д.В. О возможности тушения лесных и торфяных пожаров полидисперсными водяными потоками // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – №2. – С. 49–66.
3. Картеничев А.Ю., Сукочев А.Ю., Васильева О.Э. Применение авиации для тушения пожаров: история и современность // Пожарная безопасность. – 2015. – №2. – С. 107–112.
4. Конев Э.В. Физические основы горения растительных материалов. – Новосибирск: Наука, 1977. – 239 с.
5. Копылов Н.П., Хасанов И.Р., Кузнецов А.Е., Федоткин Д.В., Москвиллин Е.А., Стрижак П.А., Карпов В.Н. Параметры сброса воды авиационными средствами при тушении лесных пожаров // Пожарная безопасность. – 2015. – № 2. – С. 49–55.
6. Седых В.Н. Реакция лесов и болот на воздействие техногенных факторов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2011. – Т.3, №2. – С. 154–160.
7. Catry F.X., Rego F.C., Moreira F., Bacao F. Characterizing and modelling the spatial patterns of wildfire ignitions in Portugal: Fire initiation and resulting burned area // 1st International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires. – Spain, 2008. – Vol. 119. – P. 213–221.