

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМЫХ И ДОСТАТОЧНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ РЕАКЦИИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ТИПИЧНЫХ ЛЕСНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ С РАЗЛИЧНОЙ ТОЛЩИНОЙ ПРОГРЕТОГО ПРИПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ

Жданова А.О.

Научный руководитель: Стрижак П.А., д.ф.-м.н., профессор  
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: [zhdanovaao@tpu.ru](mailto:zhdanovaao@tpu.ru)

Леса Российской Федерации к настоящему времени не только не утратили своей национальной значимости, но приобрели глобальное экологическое и экономическое значение. Лесные пожары являются основными факторами, определяющими состояние и динамику лесного фонда России, особенно районов Сибири и Дальнего Востока.

При тушении крупных лесных пожаров особое внимание традиционно [1–3] уделяется процессам химического реагирования в прогретых слоях термически разлагающихся лесных горючих материалов.

Известно [4–10], что для максимально возможного снижения температуры в пламенной зоне горения целесообразно мелкодисперсное распыление тушащей жидкости (в частности, воды).

Представляет интерес провести численное исследование комплекса взаимосвязанных процессов теплопереноса, химического реагирования и фазовых превращений в системе «след «водяного снаряда» – прогретый слой ЛГМ».

Целью настоящей работы является численный анализ процессов подавления реакции термического разложения типичных лесных горючих материалов (листья березы, хвоя сосны и ели) следом «водяного снаряда».

На рис. 1 и 2 представлены полученные в результате проведения численных исследований зависимости времени прекращения реакции термического разложения типичных ЛГМ от температуры в следе «водяного снаряда» ( $T_m$ ) и толщины прогретого слоя материала ( $L_f$ ).

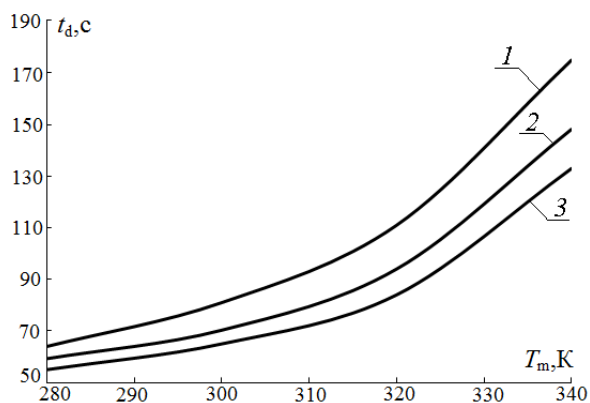


Рисунок 1 – Зависимости времени прекращения реакции термического разложения ЛГМ от температуры в следе «водяного снаряда» при  $L_f=0.05$  м: 1 – листья березы, 2 – хвоя сосны, 3 – хвоя ели

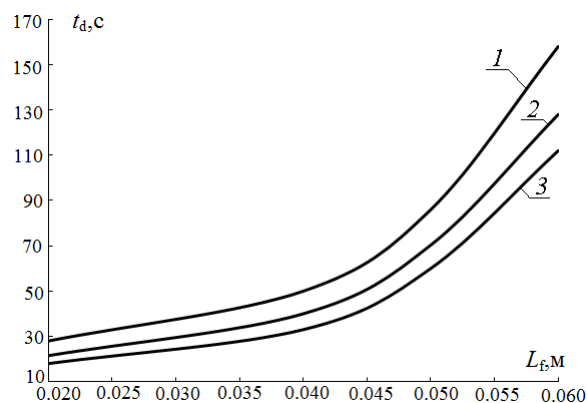


Рисунок 2 – Зависимости времени прекращения реакции термического разложения ЛГМ от толщины прогретого слоя при  $T_m=300$  К: 1 – листья березы, 2 – хвоя сосны, 3 – хвоя ели

Для зависимостей, приведенных на рис. 1 и 2, получена группа аппроксимационных выражений:

$$t_d = 0.0004T_m^3 - 0.3775T_m^2 + 109.37T_m - 10569$$

при  $280 < T_m < 340$  К (листья березы);

$$t_d = 0.0004T_m^3 - 0.32T_m^2 + 91.974T_m - 8797.4$$

при  $280 < T_m < 340$  К (хвоя сосны);

$$t_d = 0.0004T_m^3 - 0.3825T_m^2 + 111.93T_m - 10900$$

при  $280 < T_m < 340$  К (хвоя ели);

$$t_d = 0.0024L_f^3 - 0.1825L_f^2 + 5.2833L_f - 24$$

при  $20 < L_f < 60$  мм (листья березы);

$$t_d = 0.0017L_f^3 - 0.1129L_f^2 + 3.0378L_f - 7.412$$

при  $20 < L_f < 60$  мм (хвоя сосны);

$$t_d = 0.0015L_f^3 - 0.1L_f^2 + 2.55L_f - 5$$

при  $20 < L_f < 60$  мм (хвоя ели).

Приведенные аппроксимационные выражения для  $t_d$  в зависимости от  $T_m$  и  $L_f$  можно использовать при прогностическом определении условий, необходимых и достаточных для

подавления (прекращения) реакции термического разложения типичных ЛГМ с различной толщиной прогретого приповерхностного слоя.

Следует отметить нелинейный характер изменения  $t_d$  при варьировании  $T_m$  и  $L_f$  в наиболее типичных для практики диапазонах (рис. 1 и 2). Это обусловлено, в первую очередь, нелинейной зависимостью скорости химического реагирования (термического разложения) в приповерхностном слое ЛГМ. Во-вторых, существенное влияние на условия охлаждения ЛГМ оказывают начальные распределения температуры и относительной доли способного к химическому реагированию вещества. Известно [1, 2], что в процессе выгорания прогретого слоя ЛГМ увеличивается пористость последнего. Как следствие, происходит образование неоднородного (гетерогенного) слоя (с газообразными и твердыми продуктами пиролиза). При высокой доле кокса (твердых составляющих) возможно некоторое снижение температуры приповерхностного слоя ЛГМ.

Установленные значения  $t_d$  (рис. 1, 2) иллюстрируют необходимость поддержания в течение относительно небольших времен (до 5 минут) типичных [8–10] для следа «водяных снарядов» температур  $T_m=280–340$  К над поверхностью ЛГМ для прекращения термического разложения последнего. В [8–10] показано, что наименьших температур в следе движения «снаряда» можно достичь при его мелкодисперсном распылении. Уменьшение размеров капель воды в «снаряде» приводит к интенсификации парообразования (вследствие увеличения площади поверхности испарения). При этом основная масса жидкости испаряется (при размерах капель в несколько десятков микрон – до 95 %) в пламенной зоне горения ЛГМ и лишь малая часть достигает его поверхности [9, 10]. Поэтому поддержание низких значений  $T_m$  возможно при равномерной подаче потока мелкодисперсной воды, например [9, 10], в течение установленных времен  $t_d$ . Параметры распыления можно определить при использовании аппроксимационных зависимостей и моделей [8–10].

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 14–08–00057)

### Список литературы

1. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров.- М.: ВНИИЛМ, 2002. -104 с.
2. Кузнецов Г.В., Барановский Н.В. Прогноз возникновения лесных пожаров и их экологических последствий. Новосибирск: Изд – во СО РАН, 2009.-301 с.
3. Ковалев А.Н., Журавлева Л.А. Перспективные направления тушения низовых лесных и степных пожаров // Научная жизнь. - 2012. -№ 4-С. 153–157.
4. Wighus R. Water mist fire suppression technology – status and gaps in knowledge // Proceedings of the international water mist conference, Vienna. - 2001.-P. 1–26.
5. Numerical modeling of the effect of fine water mist on the small scale flame spreading over solid combustibles // Karpov A. I., Novozhilov V. B., Galat A. A., Bulgakov V. K.//Fire safety science: proceeding of eight international symposium. - 2005. -V. 27-P. 753–764.
6. Изучение закономерностей тушения тонкораспыленной водой модельных очагов пожара // Копылов Н.П., Чибисов А.Л., Душкин А.Л., Кудрявцев Е.А. // Пожарная безопасность.- 2008.-№ 4.-С. 45–58.
7. Численное исследование воздействия тонкораспыленной воды на турбулентное диффузионное пламя // Шумихин А.А., Карпов А.И., Корепанов М.А.,Новожилов В.Б. // Химическая физика и мезоскопия.-2012.-Т. 14; № 3.-С. 391–400.
8. Волков Р.С., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А. Численная оценка оптимальных размеров капель воды в условиях ее распыления средствами пожаротушения в помещениях // Пожаровзрывобезопасность.- 2012.-Т. 21; № 5.-С. 74–78.
9. Strizhak P.A. Influence of droplet distribution in a «water slug» on the temperature and concentration of combustion products in its wake // Journal of Engineering Physics and Thermophysics,- 2013.-V. 86; № 4.-P. 895–904.
10. Численное исследование влияния условий распыления воды на температуру в следе «водяного снаряда» // Высокоморная О.В., Марков А.О., Назаров М.Н и др.// Известия Томского политехнического университета.-2013.-Т. 322; № 4.-С. 24–31.