**А.О. Жданова, аспирант; руководитель П.А. Стрижак доктор физ.-мат. наук, профессор Энергетического института**

**(ТПУ, г. Томск)**

**ВЛИЯНИЕ ГРУППЫ КАПЕЛЬ ВОДЫ НА ПРОЦЕСС ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ЛЕСНОГО ГОРЮЧЕГО МАТЕРИАЛА**

Численные [1–3] и экспериментальные [4–6] исследования показали, что при типичном для авиации локальном сбросе воды в зону пламени в процессе тушения лесных пожаров эффективно используется (непосредственно испаряется), как правило, лишь малая часть (менее 10 %) жидкости. В таком случае при мелкодисперсном распылении маловероятно образование монолитных пленок жидкости на поверхности реагирующего материала – капли осаждаются на определенном расстоянии между собой. Представляет интерес анализ возможности подавления (прекращения) реакции термического разложения ЛГМ группой капель, расположенных на некотором расстоянии друг от друга.

Цель настоящей работы – численное исследование процессов тепломассопереноса при подавлении реакции термического разложения типичных лесных горючих материалов (листья березы, хвоя сосны и ели) группой капель воды.

По результатам численного моделирования определялось время (*t*d) снижения температуры ЛГМ до температуры начала термического разложения *T*d (величина *t*d иллюстрирует время подавления (прекращения) реакции термического разложения ЛГМ).

На рис. 1 приведены зависимости времени подавления реакции термического разложения наиболее типичного ЛГМ – хвои сосны от расстояния между двумя каплями жидкости (*H*w) при различных температурах в следе «водяного снаряда». Можно отметить, что при уменьшении *H*w времена прекращения реакции термического разложения *t*d нелинейно снижаются. Также целесообразно выделить изменение характера снижения *t*d при варьировании температуры парогазовой смеси *T*f. Так, при значениях *T*f, соответствующих диапазону типичного «водяного снаряда» (300–450 К), зависимости *t*d=*f*(*H*w) отличаются незначительно (кривые 1–3 практически «сливаются»). Однако при *T*f>450 К и повышении расстояния *H*w до 0.06 м кривые 4–6 существенно (времена *t*d отличаются более чем на 45 %) расходятся (рис. 1). Установлено, что при *T*f>800 К и *H*w>0.06 м реакция термического разложения не подавляется (*t*d →∞). Поэтому значения *T*f=800 К и *H*w=0.06 м можно считать предельными для исследуемой системы.

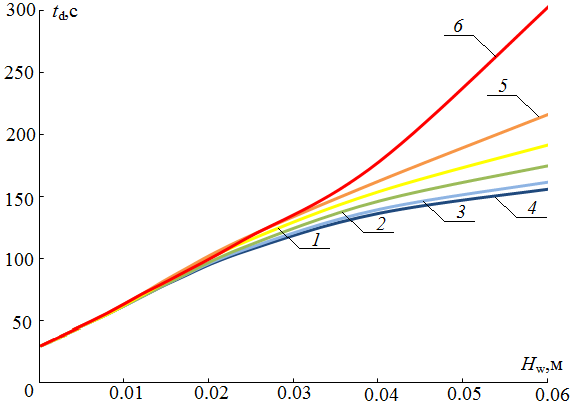


Рисунок 1 – Зависимости времени подавления реакции термического разложения ЛГМ (хвоя сосны) от параметра *H*w при различных температурах в следе «водяного снаряда» и *L*f=0.04 м: *1* – *T*f=300 К, *2* – *T*f=350 К, *3* – *T*f=450 К, *4* – *T*f=550 К, *5* – *T*f=650 К, *6* – *T*f=800 К; *t*d – временя подавления реакции термического разложения лесного горючего материала, с; *H*w – расстояние между двумя соседними каплями, м

На рис. 1 показано, что при *H*w<0.02 м кривые 1–6 «смыкаются». Данный результат показывает, что обеспечиваются условия подавления реакции разложения материала даже при достаточно высоких температурах внешней парогазовой среды. Теплоты фазового превращения при испарении двух «соседних» капель воды достаточно для поглощения энергии, аккумулированной в прогретом слое ЛГМ, и прекращения реакции его термического разложения во всем диапазоне возможного изменения *T*f за практически равные времена *t*d при значении безразмерного расстояния *H*w=0.02 м.

В результате обработки зависимостей, приведенных на рис. 1, получена группа аппроксимационных выражений. Ниже представлены наиболее типичные из них:

*t*d=5·10-5*H*w3–0.0332*H*w2+4.0259*H*w+26.018 при 0<*H*w<70 мм и *T*f=300 К;

*t*d=3·10-5*H*w3–0.0307*H*w2+4.0425*H*w+25.801 при 0<*H*w<70 мм и *T*f=350 К;

*t*d=–6·10-5*H*w3–0.0184*H*w2+3.8476*H*w+26.461 при 0<*H*w<70 мм и *T*f=450 К;

*t*d=–2·10-5*H*w3–0.0199*H*w2+4.0545*H*w+25.302 при 0<*H*w<70 мм и *T*f=550 К;

*t*d=0.0001*H*w3–0.023*H*w2+4.2114*H*w+24.878 при 0<*H*w<70 мм и *T*f=650 К;

*t*d=0.0007*H*w3–0.0352*H*w2+4.084*H*w+26.114 при 0<*H*w<70 мм и *T*f=800 К.

Установленные зависимости *t*d=*f*(*H*w) можно объяснить тем, что при термическом разложении ЛГМ вследствие интенсивного тепловыделения значительно возрастает температура парогазовой смеси в области между каплями. При расстояниях между каплями менее 0.02 м большая доля этого тепла расходуется на реализацию фазовых превращений на боковых границ (*X*=*X*1, *X*=*X*2, *Y*1<*Y*<*Y*2) капель (вследствие большого теплового эффекта испарения жидкости – *Q*2=2.26 МДж/кг). При увеличении значений *H*w установлено существенное возрастание размеров области прогрева парогазовой смеси относительно *L*dr.

Выполненные численные исследования показали, что расстояние между каплями воды *H*w существенно влияет на времена подавления реакции термического разложения типичных ЛГМ (листья березы, хвоя сосны и ели). При этом показано, что в зависимости от температуры парогазовой смеси у поверхности ЛГМ и, как следствие, между каплями жидкости времена *t*d могут отличаться на 10–40 % при идентичных значениях *H*w.

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

**Библиографический** **список**

1. **Волков Р.С., Высокоморная О.В., Стрижак П.А.** Численное исследование условий взаимодействия диспергированного флегматизатора горения с высокотемпературными продуктами сгорания // Безопасность труда в промышленности. 2012. № 10. С. 74–79.
2. **Кузнецов Г.В., Стрижак П.А.** Влияние формы капли воды на результаты математического моделирования ее испарения при движении через высокотемпературные продукты сгорания // Тепловые процессы в технике. 2013. № 6. С. 254–261.
3. **Кузнецов Г.В., Стрижак П.А.** Оценка эффективности использования теплоты испарения воды при тушении лесных пожаров // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22, № 9. С. 57–63.
4. **Волков Р.С., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А.** Экспериментальное исследование полноты испарения распыленной воды при ее движении через пламя // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22, № 10. С. 15–24.
5. **Волков Р.С., Кузнецов Г.В., Стрижак П.А.** О некоторых физических закономерностях испарения распыленной воды при движении через высокотемпературные продукты сгорания // Известия Томского политехнического университета. 2013. Т. 323, № 2. С. 201–207.
6. **Volkov R.S., Vysokomornaya O.V., Kuznetsov G.V., Strizhak P.A.** Experimental study of the change in the mass of water droplets in their motion through high-temperature combustion products // Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 2013. vol. 86, no. 6, рр. 1413–1418.