

**ПОДАВЛЕНИЕ ГОРЕНИЯ ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ОГНЕТУШАЩИХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ВОДЫ СО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМИ
ДОБАВКАМИ**

Свириденко А.С.¹, Пономарев К.О.²

Научный руководитель доцент А.О. Жданова

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Природные [2–4] пожары являются актуальной проблемой всего мирового сообщества. Для локализации пожаров самым распространенным огнетушащим составом является вода. Однако использование данного огнетушащего состава не является эффективным в процессе тушения из-за высокого поверхностного натяжения. В следствие чего для повышения эффективности подавления пламенного горения и термического разложения горючих веществ применяют специализированные добавки к воде [3]. Широкое применение получили следующие химические добавки: пенообразователь, бишофит, ФР-Лес 01. Цель работы – определение оптимальных условий и характеристик распыления жидкостных составов для снижения температуры в зоне горения типичных горючих материалов разного агрегатного состояния.

При создании жидкостных составов на основе воды использовались типичные для практики массовые и объемные концентрации химических добавок: пенообразователь (5 % масс.) [1, 6], бишофит (10 % масс.) [1], ФР-Лес 01 (20 % масс.). В качестве горючих материалов использовались: древесина хвойных пород, смесь лесного горючего материала (ЛГМ). Масса и площади навесок выбраны из типичных диапазонов: масса 25–50 г [1, 5]; плотность смеси ЛГМ $\rho_f = 30\text{--}87 \text{ кг/м}^3$, плотность древесины хвойных пород $\rho_f = 42\text{--}107 \text{ кг/м}^3$. В данной работе масса твердого горючего материала составляла 30 г, размеры навесок горючего материала для древесины и смеси ЛГМ соответствовали площадям 100 см² и 324 см².

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке. Экспериментальные исследования проводились в три этапа. На первом этапе определялись времена выгорания горючих материалов. Второй этап исследований заключался в определении дисперсности аэрозоля огнетушащих составов в трех режимах генерации. В заключительном третьем этапе выполнялось определение минимальных объемов огнетушащих составов, необходимых для подавления пламенного горения и термического разложения модельных очагов горения.

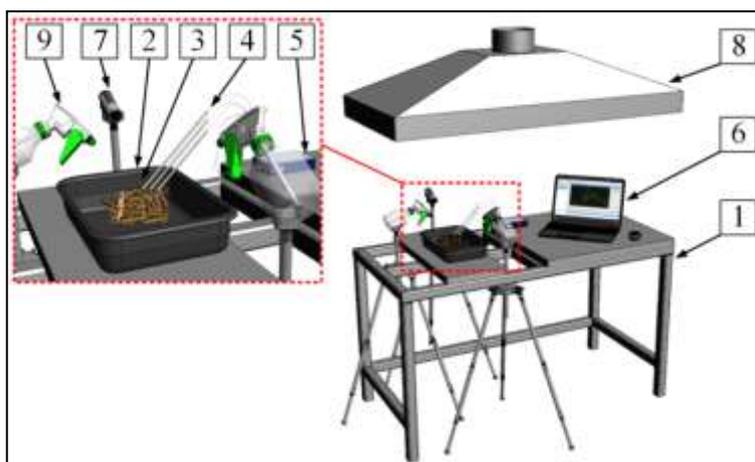


Рис. Экспериментальный стенд: 1 – лабораторный стол; 2 – поддон; 3 – горючий материал; 4 – термопары; 5 – система сбора данных National Instruments; 6 – ноутбук; 7 – видеокамера; 8 – вытяжная система; 9 – система орошения (пультверизаторы)

На первом этапе установлено, что времена выгорания горючих материалов составляет: для древесины 628 с, смесь ЛГМ 584 с. Второй этап экспериментальных исследований позволил установить, что в первом и втором режимах распыления огнетушащего состава – вода сконцентрирована в каплях с размерами $R_d=0.016\text{--}0.040$ мм, в третьем режиме распыления – в каплях с размерами $R_d=0.016\text{--}0.048$ мм. При мелкодисперсном распылении аэрозоля эмульсии пенообразователя установлено, что в первых двух режимах распыления огнетушащий состав сконцентрирован в каплях с размерами $R_d=0.016\text{--}0.032$ мм, в третьем режиме распыления – в каплях с размерами $R_d=0.024\text{--}0.072$ мм. В результате адсорбции поверхностное натяжение воды становится заметно ниже при растворении в ней небольшого количества пенообразующего компонента. Как следствие, размеры капель эмульсии несколько ниже, чем полученные в опытах с водой. Установлено, что в первых двух режимах распыления огнетушащий состав раствора бишофита сконцентрирован в каплях с размерами $R_d=0.016\text{--}0.040$ мм, в третьем режиме распыления – в каплях с размерами $R_d=0.024\text{--}0.056$ мм.

Данная зависимость может быть обусловлена тем, что свойства эмульсии пенообразователя и раствора бишофита существенно отличаются от свойств воды без примесей. Для раствора ФР-Лес 01 установлено, что в первом режиме распыления огнетушащий состав сконцентрирован в каплях с размерами $R_d=0.016\text{--}0.104$ мм, во втором режиме – в каплях с размерами $R_d=0.016\text{--}0.120$ мм, в третьем режиме распыления – в каплях с размерами $R_d=0.032\text{--}0.151$ мм. По результатам распределения капель разного размера в потоке раствора ФР-Лес 01 можно

предположить, что капли этого огнетушащего состава будут долетать до поверхности термически разлагающегося материала и доминирующим механизмом подавления горения последнего будет охлаждение горячей поверхности.

На третьем этапе установлено, что при тушении древесины и смеси ЛГМ водой необходимо минимум 2 впрыска ($V_{\text{вс}}=1.3$ мл) с размерами капель $R_d=0.016-0.040$ мм. Раствор пенообразователя (5%) наиболее эффективно использовать при генерации в 3 режиме распыления с размерами капель $R_d=0.024-0.072$ мм. Необходимый объем составляет $V_{\text{вс}}=0.65$ мл, что соответствует одному впрыску. При использовании раствора бишофита (10%) необходимо использовать раствор с размерами капель $R_d=0.016-0.040$ мм (1 режим распыления). Минимальный объем огнетушащего состава, необходимый для локализации модельного очага возгорания составляет $V_{\text{вс}}=0.65$ мл. При использовании на практике огнетушащего раствора ФР-Лес 01 (20%) для эффективного подавления горения и термического разложения древесины и смеси ЛГМ целесообразно использовать аэрозоль с размерами капель $R_d=0.032-0.151$ мм. По результатам проведенных опытов установлено, что эффективная локализация горения достигается одним впрыском.

По результатам экспериментов определены характеристики взаимосвязанных физико-химических процессов и фазовых превращений в условиях взаимодействия капель перспективных тушащих жидкостей с продуктами сгорания горючих веществ. Определены минимальные объемы огнетушащих составов и времена, затраченные на подавление пламенного горения и термического разложения типичных твердых и конденсированных горючих материалов. Зарегистрированы основные интегральные характеристики аэрозольного распыления типичных огнетушащих составов на основе воды.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект 21-79-00030, <https://rscf.ru/project/21-79-00030/>).

Литература

1. Антонов Д. В. и др. Влияние специализированных добавок на эффективность локализации пламенного горения и термического разложения лесных горючих материалов // Пожаровзрывобезопасность. – 2018. – Т. 27. – №. 9. – С. 5-16.
2. Belval E. J. et al. A historical perspective to inform strategic planning for 2020 end-of-year wildland fire response efforts // Fire. – 2022. – Т. 5. – №. 2. – С. 35.
3. Kopylov N.P., Moskvilin E.A., Fedotkin D.V., Strizhak P.A. Influence of viscosity of fire-extinguishing solution on forest fires extinguish using aviation, Lesotekhnicheskii Zhurnal // Forestry Engineering Journal. 6. (2016) 62–67 (in Russian). <https://doi.org/10.12737/23436>.
4. Voitkov I. S. et al. Physicochemical processes in the interaction of aerosol with the combustion front of forest fuel materials // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. – 2018. – Т. 59. – №. 5. – С. 891-902.
5. ГОСТ Р 50588-2012 Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний (с Поправкой) - М.: Стандартинформ, 2012. – 24 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ТОНКОГО СЛОЯ РАСТЕКАЮЩЕЙСЯ КАПЛИ ЭМУЛЬСИИ В РЕЖИМЕ ПЛЕНОЧНОГО КИПЕНИЯ

Семёнова А.Е., Ашихмин А.Е., Хомутов Н.А.

Научный руководитель доцент М.В. Пискунов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Процесс растекания капли эмульсии «вода-в-масле» после взаимодействия с твердой нагретой поверхностью в режиме пленочного кипения сопровождается появлением неустойчивого равновесия (нестабильностями). Причины появления неустойчивостей довольно мало изучены. Известно, что механизм разрушения строится на основе дестабилизации на стыке конвективных валков (т.е. на границах конвективных ячеек). Этот процесс приводит к формированию тонких жидкостных мостов вокруг ячеек, которые впоследствии при истончении разрушаются на мелкодисперсные микрокапли – вторичные фрагменты [1, 3]. Немногочисленные исследования данного явления направлены, в основном, на изучение и прогнозирование последствий разрушения т.е. режимах, механизмах и особенностях процесса, а также его характеристиках – количестве и размере вторичных фрагментов. Настоящее исследование направлено на определение факторов, способствующих появлению неустойчивого равновесия (нестабильности) в тонком слое растекающейся капли топливной эмульсии после взаимодействия с твердой нагретой до 350–400 °С поверхностью при числах Вебера $We=160-310$ и наличии устойчивого пограничного парового слоя.

Для приготовления эмульсий «вода-в-масле» использовались лабораторная вода высокой степени очистки и углеводород н-додекан. Компонентный состав полученных эмульсий, а также их свойства приведены в Таблице. Здесь У/В обозначает объемное соотношение углеводорода и дистиллированной воды. Поверхностно-активное вещество (ПАВ) Span 80 применялось для стабилизации эмульсий. Экспериментальный стенд для исследования процесса растекания содержит следующее оборудование: две высокоскоростные камеры для съемки процесса растекания снизу и сбоку, ПК, систему генерации капель и сапфировую подложку, нагреваемую снизу до температур $T=350$ °С и $T=400$ °С. Выбранные температуры, соответствуют режиму пленочного кипения.