УДК 614.841.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ЛЕСНОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРЯЩИМИ ЧАСТИЦАМИ КОРЫ СОСНЫ

Фильков А.И., Касымов Д.П., Зима В.П., Андреюк С.М.
Томский государственный университет, г. Томск, Россия

В исследовании J.D. Cohen [1] отмечено, что одним из основных факторов, влияющих на воспламенение горючих материалов и распространение природных и техногенных пожаров, являются горящие частицы. Актуальность проведения исследований в данной области объясняется необходимостью точнее определить и охарактеризовать условия воздействия горящих частиц, образованных в результате горения растительности, на напочвенный покров и строения для различных типов природных пожаров. На протяжении последних 40 лет исследования были сосредоточены на понимании того, как далеко могут летать частицы [2], в то время как достаточно мало исследований посвящено их генерации [3], а также исследованию воспламенения ими растительного горючего материала.

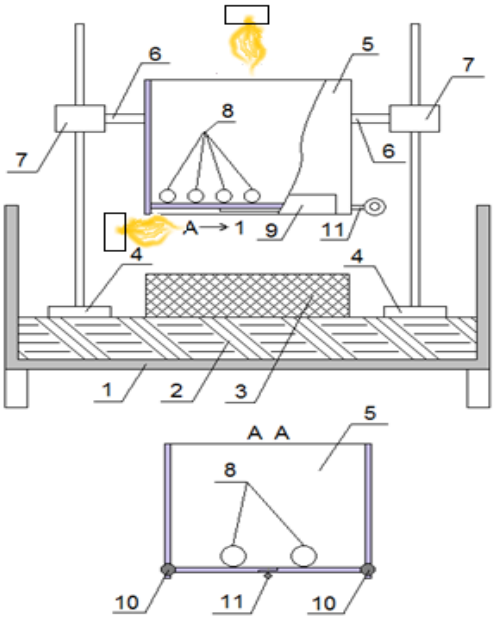
Таким образом, представляет интерес исследования в лабораторных условиях вероятности и условий воспламенения напочвенного покрова в результате воздействия горячих частиц. В качестве имитаторов горящих частиц использовалась кора сосны различного размера (рис. 1). В эксперименте брались частицы размерами 10x10, 15x15, 20x20, 25x25, 30x30 мм^2 и толщиной 5 мм.

Рисунок 1. – Экспериментальные образцы (кора сосны)

Напочвенный покров представлял собой слой опада хвои сосны плотностью 105 кг/м^3 расположенный на площадке 200x200 мм^2 и высотой 70 мм. Частицы коры, а также хвоя сосны предварительно высушивались в сушильном шкафу ШСП 0,5-200 при температуре 373 К в течение 4 часов для достижения оптимальных условий. Влажность частиц в эксперименте составила 2.9%, хвои – 9.3%. Температура окружающей среды составила 295 К.

Эксперимент проводился в отсутствии ветра и при различных скоростях ветра – 1, 1.5, 2 и 3 м/с. Скорость потока, направленного перпендикулярно падающим из кюветы горящим частицам, определялась с помощью анемометра CFM Master 8901 с погрешностью измерения 2%.

Для проведения исследований была сконструирована экспериментальная установка, позволяющая генерировать горящие частицы и воздействовать ими на напочвенный покров (рис. 2).



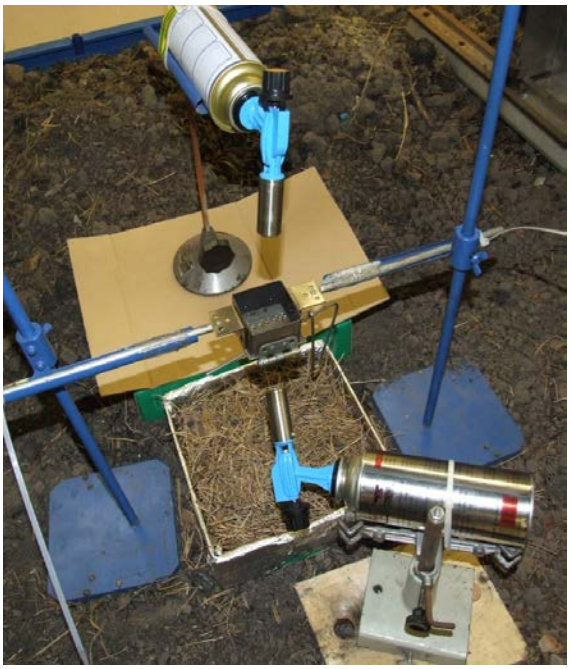


Рисунок 2. – Конструктивная схема: 1 – поддон; 2 – грунт; 3 – НП; 4 – штатив; 5 – кювета; 6 – скоба; 7 – фиксатор; 8 – образцы частиц; 9 – раздвигаемое дно; 10 – шарниры; 11 – стопор.

Эксперименты проводились в следующей последовательности. На поддон *1* закладывался грунт *2*, на котором располагался лесной горючий материал *3*. На штативах *4* крепилась кювета *5*, имеющая отверстия в основании, достаточные для равномерного поджога, но исключающая вероятность выпадения частиц в ходе экспериментов. Имитаторы горящих частиц *8* помещались в кювете, где они поджигались и доводились до тлеющего состояния двумя газовыми горелками: одна – с нижней части, воздействуя на дно кюветы, вторая – непосредственно над кюветой, тем самым достигался равномерный разогрев частиц. Серия опытов начиналась с одной горящей частицы, затем двух и так по достижении 10 частиц, тем самым имитировалось зажигание напочвенного покрова от одной частицы, до «огненного дождя». После каждого сброса частиц в случае воспламенения напочвенного покрова, производилось повторное заполнение площадки горючим материалом. Для каждого эксперимента проводилось по три повторения. Если хотя бы в одном из трех случаев происходило воспламенение, считалось, что напочвенный покров воспламеняется при рассмотренных условиях. Время воздействия пламени, генерируемого горелками, определялось исходя из размера частиц. Согласно проведенной серии экспериментов оно составило 12 секунд для частиц с размерами 10×10, 15×15, 20×20 мм^2 и 15 секунд для частиц с размерами 25×25 и 30×30 мм^2.

В результате экспериментов получены зависимости вероятности воспламенения напочвенного покрова от размеров горящих частиц и их количества. На рисунке 3 представлены результаты воспламенения напочвенного покрова при скоростях ветра 1, 1.5 и 2 м/с. Установлено, что при скорости ветра 3 м/с происходил унос частиц за пределы площадки напочвенного покрова. Изучение влияния частиц при скоростях ветра ≥ 3 м/с требует изменения размеров площадки, что является продолжением данных исследований.

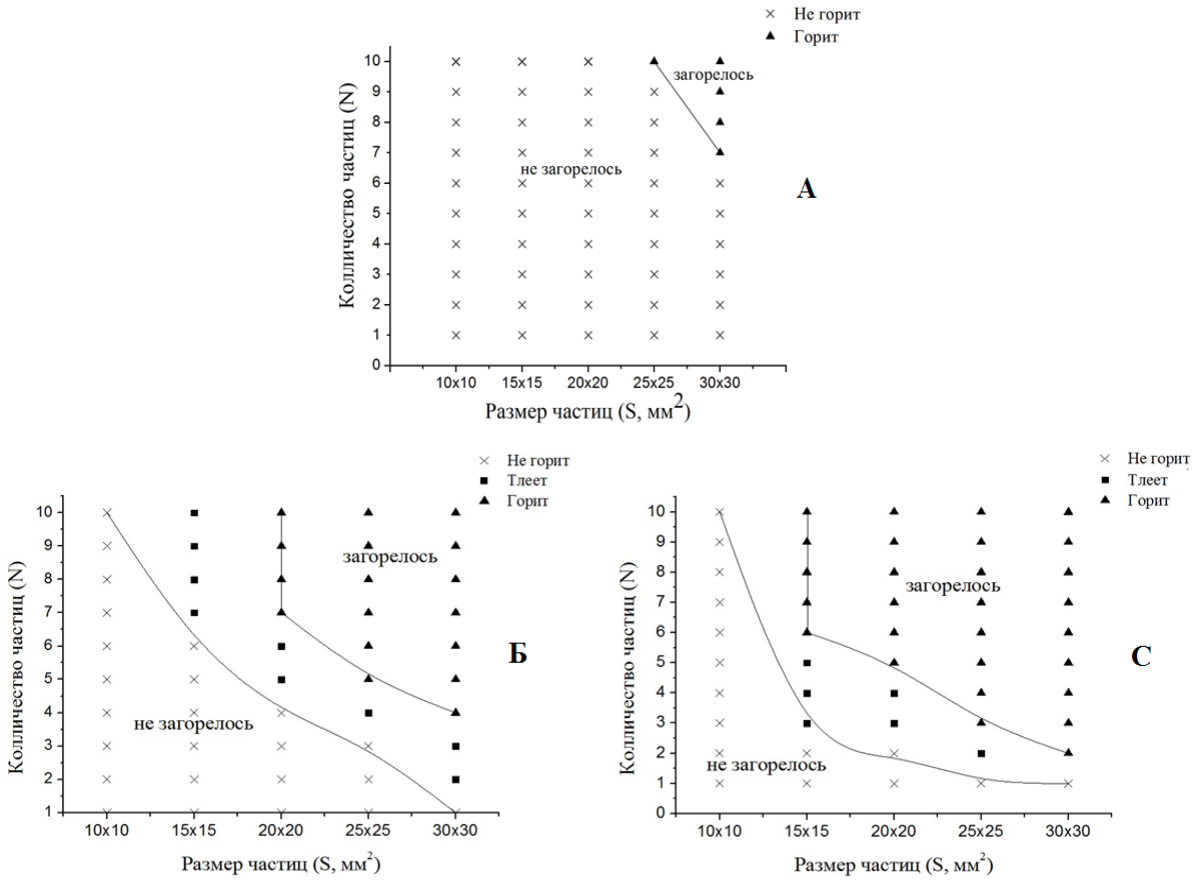


Рис. 3. Результаты воспламенения хвои нагретыми частицами при скорости ветра:
А – 1 м/с; Б – 1.5 м/с; С – 2 м/с.

Из анализа данных на рисунке 3 видно, что с ростом скорости воздушного потока вероятность зажигания напочвенного покрова растет. Так, для скорости ветра 1 м/с тление отсутствует и воспламенение начинается для 10-ти частиц размером 25 х 25 мм^2 (рис. 3,А). При увеличении ветра до 1.5 м/с (рис. 3,Б) начинается процесс тления напочвенного покрова, без появления пламени. Область, где происходит тление, с ростом скорости ветра сдвигается к меньшим размерам частиц. Таким образом, ветер играет роль катализатора процесса воспламенения, подводя дополнительно окислитель к горящим частицам и поддерживая процесс тления. Однако, если скорость ветра недостаточна для воспламенения, то имеет место только процесс тления (рис. 3,А, 3,Б). При этом может существовать и обратный эффект, если скорость ветра будет слишком высока, то будет происходить задувание частиц и прекращение тления. Поэтому вызывает интерес в дальнейшем провести исследования зажигания горящими частицами напочвенного покрова при более высоких скоростях ветра, до 5-10 м/с.

При скорости ветра 2 м/с воспламенение происходит с 6-ью частицами размером 15 х 15 мм^2, снижаясь до 2 частиц размером 30 х 30 (рис. 3,С). По-видимому, причиной этого является большая площадь соприкосновения поверхности частиц с напочвенным покровом и суммарная энергия, выделяемая ими при тлении. Также видно, что область «неопределённости», где происходит тление напочвенного покрова без перехода в воспламенение, уменьшается при увеличении скорости ветра.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что вероятность воспламенения напочвенного покрова горящими частицами носит нелинейный характер и во многом зависит от скорости ветра. При этом для всех рассмотренных скоростей ветра для частиц с размером 10 х 10 мм^2, вне зависимости от их количества, отсутствует тление и зажигание напочвенного покрова.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 15-38-50363-мол-нр и №15-31-20314_мол_а_вед).

Список литературы

1. Cohen, J.D. What is the Wildland Fire Threat to Homes? USDA Forest Service Gen.Tech.Rep. PSW-GTR 173. – 2000. – Pp. 189-195.
2. Tse S.D., Fernandez-Pello A.C. On the flight paths of metal particles and embers generated by power lines in high winds - a potential source of wildland fires // Fire Safety Journal. – 1998. – Vol. 30(4). – Pp. 333-356.
3. Manzello S.L., Suzuki S., Hayashi Y. Enabling the study of structure vulnerabilities to ignition from wind driven firebrand showers: A summary of experimental results // Fire Safety Journal. – 2012. – Vol. 54. – Pp. 181-196.