

А. М. ГРИШИН, д-р физ.-мат. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры физической и вычислительной механики, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 36; e-mail: fire@mail.tsu.ru)

В. П. ЗИМА, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, лаборатория моделирования и прогноза катастроф механико-математического факультета, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 36; e-mail: fire@mail.tsu.ru)

Д. П. КАСЫМОВ, младший научный сотрудник, лаборатория моделирования и прогноза катастроф механико-математического факультета, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 36; e-mail: denkasymov@gmail.com)

УДК 536.37

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОЧАГА ГОРЕНИЯ НА ТОРФ И ДРЕВЕСИНУ НА ИСПЫТАТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Разработан и применен на практике испытательный комплекс, позволяющий в лабораторных условиях непрерывно проводить исследования по возникновению и развитию природных пожаров, поскольку в реальных условиях их осуществление связано с большими материально-техническими затратами и во многом зависит от климатических условий. Приведено краткое описание испытательного комплекса, методика проведения исследований по воздействию модельного низового лесного пожара слабой интенсивности на торф и древесину, широко применяемые в строительстве деревянных конструкций в населенных пунктах. Методом ИК-диагностики определено изменение температуры на поверхности деревянных образцов. Показано, что полученные в экспериментах результаты позволяют более целенаправленно проводить исследования в области пожарной безопасности и создавать новые приборы и методы борьбы с природными пожарами различной интенсивности.

Ключевые слова: природные пожары; испытательный комплекс; ИК-диагностика; горение; эксперимент.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.30-36

Введение

Для разработки надежных и эффективных средств и способов борьбы с природными пожарами необходимо прежде систематизированное изучение закономерностей их возникновения и развития [1–7].

Изучение торфяных пожаров [8–10], а также пожаров, возникающих в населенных пунктах [11–13] с деревянной застройкой, в реальных условиях, с использованием результатов крупномасштабных экспериментов на природе, затруднено, поскольку это связано со значительными материально-техническими затратами и климатическими условиями. В связи с этим в большинстве случаев исследования проводятся с использованием лабораторного оборудования с некоторыми допущениями, позволяющими частично моделировать условия возникновения и распространения природных пожаров [14, 15]. В этих работах рассматриваются лабораторные устройства, позволяющие исключать, например, влия-

ние погодных условий. Так, установка, описание которой приведено в [15], включает ветровой тоннель, конструктивное исполнение которого позволяет изменять угол его наклона к горизонту. Внутри ветрового тоннеля установлена платформа с полосой напочвенного покрова, оборудованная механизмами инициирования и тушения пожара, а также контрольно-измерительная аппаратура. Однако данное устройство имеет существенный недостаток — наличие полузамкнутого объема (ветровой тоннель), в результате чего искажаются параметры среды (температуры, состава) и скорость распространения пожара меняется за счет появления тяги в зоне горения. Кроме того, невозможна визуальная фиксация процесса горения. Тем не менее совершенствование экспериментальной базы дает возможность создавать новые лабораторные установки, позволяющие приблизить условия, в которых проводятся экспериментальные исследования, к реальным [16].

© Гришин А. М., Зима В. П., Касымов Д. П., 2016

Экспериментальная часть

В настоящей работе рассматривается моделирование природных пожаров на испытательном комплексе, описание которого приведено в работах [17, 18]. Его универсальность заключается в том, что он дает возможность дополнительно проводить исследования по воздействию природных пожаров на модели городских и сельских деревянных строений, что существенно расширяет диапазон экспериментальных работ. Комплекс оснащен отдельным коробом-полигоном для изучения зажигания и горения природных горючих материалов; датчиками пламени; устройством для горения отдельных веточек и их совокупности, а также твердых частиц; устройством, моделирующим воздушные потоки с заданной скоростью; автоматизированной системой поджига; регистрирующей аппаратурой сбора и обработки информации, подготовки и экспресс-анализа исследуемого материала. При этом конструкция короба-полигона размерами $2 \times 1,5 \times 0,13$ м обеспечивает возможность отклонения его от горизонтального положения на угол до 40° , что позволяет имитировать пожары в гористой местности. Влияние внешней среды исключается, так как массовая скорость генерации газодисперсных продуктов сгорания значительно меньше скорости отвода их через вентиляцию.

Для моделирования торфяных пожаров в состав комплекса отдельно включен короб-полигон размерами $1,5 \times 1,5 \times 0,3$ м с гидроизолированным днищем, что позволяет имитировать реальные условия зажигания торфа с разной степенью водонасыщения. Влагосодержание торфа после насыщения определяется системой подготовки и экспресс-анализа. Сбор и регистрация результатов проводится на оборудовании, включающем компьютер, три пятиканальных аналогово-цифровых преобразователя (АЦП) с подключаемыми к ним термопарами типа ХА. На рис. 1 приведена структурная схема испытательного комплекса.

Для регистрации температуры в массе торфа и оценки скорости движения фронта горения в различных направлениях использована программа регистрации входных данных "Thermosup", разработанная на базе программного комплекса LabVIEW [19]. Параметры окружающей среды регистрируются с помощью мобильной метеостанции Meteoscan RST01923, влагосодержание образцов — анализатором влажности AND MX-50.

На рис. 2 представлена схема эксперимента на испытательном комплексе [17] по исследованию характеристик зажигания и горения торфа при воздействии на него фронта низового лесного пожара, смоделированного опадом хвои сосны.

Эксперимент проводился следующим образом. На дно металлического короба 1, заполненного сло-

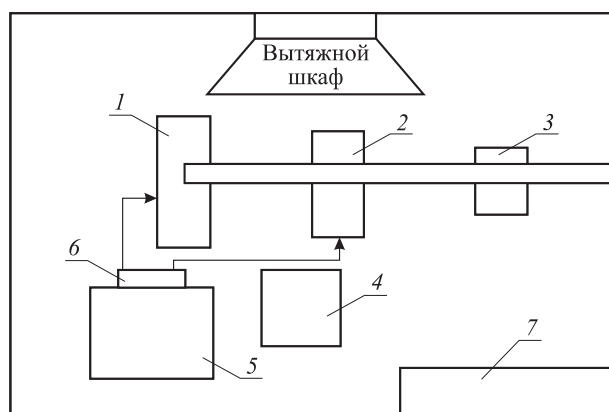


Рис. 1. Структурная схема испытательного комплекса: 1 — короб-полигон для моделирования зажигания и горения растительных горючих материалов (РГМ); 2 — короб-полигон для моделирования зажигания и горения слоев торфа; 3 — устройство генерации зажигания одиночных веточек и их совокупности; 4 — устройство, моделирующее воздушные потоки; 5 — компьютерная автоматизированная система сбора и обработки поступающей информации; 6 — система подготовки образцов; 7 — система дистанционного поджига РГМ

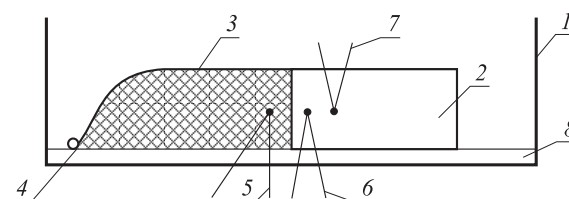


Рис. 2. Схема проведения эксперимента: 1 — металлический короб-полигон; 2 — образец торфа; 3 — лесной горючий материал (хвоя сосны); 4 — источник зажигания; 5 — термопара в слое ЛГМ; 6 — термопара на границе раздела сред ЛГМ — торф; 7 — термопара внутри слоя торфа; 8 — подложка из грунта; расстояние между термопарами $1 \cdot 10^{-2}$ м

ем грунта толщиной 0,3 м, укладывался образец торфа 2 размерами $0,1 \times 0,08 \times 0,06$ м. В образце устанавливались термопары: одна — в приповерхностном слое, ближе к ЛГМ, другая — на оси внутри образца, на расстоянии $1 \cdot 10^{-2}$ м от первой. К образцу торфа 2 примыкал слой ЛГМ, представляющий собой хвою сосны, массой $20 \cdot 10^{-3}$ кг. В этом слое на границе с образцом торфа 2 устанавливалась третья термопара 5. Слой ЛГМ поджигался источником 4, в качестве которого использовалась спираль накалывания.

Образцы торфа и слой ЛГМ предварительно высушивались в сушильном шкафу ШСП 0.5-200 при температуре 373 К для достижения необходимых условий, при которых проводились эксперименты. Плотность твердых частиц в торфе составляла около $3,3 \text{ г/см}^3$, плотность скелета — около $0,13 \text{ г/см}^3$.

Влагосодержание контролировалось анализатором влажности AND MX-50 с точностью до 0,01 %, а масса образцов определялась с помощью электронных весов AND HL-400 с точностью 0,1 г. Поджиг

ЛГМ осуществлялся посредством линейного источника зажигания в виде спирали, выполненной из материала с высоким омическим сопротивлением.

Обсуждение результатов

На рис. 3 приводятся графики изменения температуры в зависимости от времени в соответствии со схемой опыта на рис. 2.

Термопара 5 (см. рис. 2), установленная в слое ЛГМ на границе с образцом торфа, являлась реперной точкой, от которой начинался отсчет времени зажигания образца торфа. Следует отметить, что за-

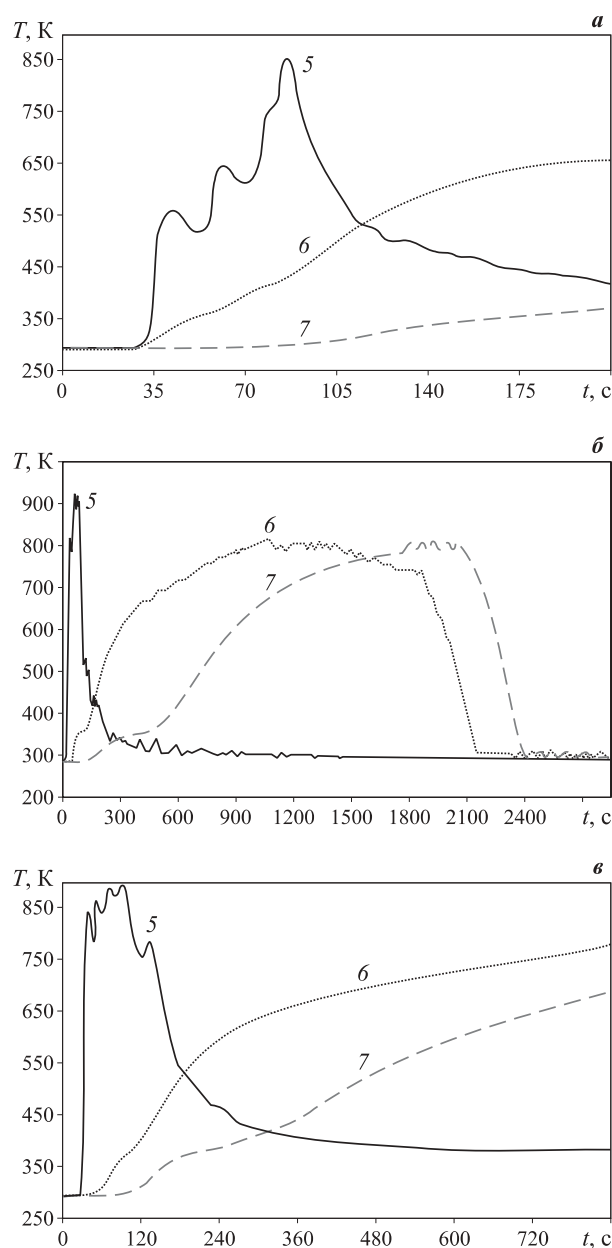


Рис. 3. Типичная картина распределения поля температур в слое ЛГМ и образце торфа, полученных при помощи программного комплекса LabView: *а* — $W_{\text{торф}} = 1,7\%$; *б* — $W_{\text{торф}} = 4,5\%$; *в* — $W_{\text{торф}} = 12,7\%$; 5–7 — номера термопар на рис. 2

жигание торфа и, соответственно, нарастание температуры на границе ЛГМ—торф более сухого образца, с влажностью $W = 4,5\%$, происходило с запаздыванием порядка 10 с, а с влажностью $W = 12,7\%$ — 30 с. По-видимому, это связано с затратами времени на испарение влаги [20].

Кроме того, испытательный комплекс позволяет проводить исследования по воздействию модельного природного пожара на деревянные постройки [21]. За основу была взята модель низового лесного пожара слабой интенсивности, как наиболее распространенного в природных условиях, моделирование которого в лабораторных условиях не требовало существенных технических затрат.

Исследования проводились с использованием тепловизора Jade J530SB с узкополосным дисперсионным оптическим фильтром со спектральным интервалом 2,5–2,7 мкм, что позволяло измерять температуру в диапазоне 583–1773 К с погрешностью, не превышающей 1 % [22]. Технические данные тепловизора позволяли регистрировать пламя с частотой 50 Гц. Съемка проводилась с расстояния 2 м и была направлена на определение температуры на поверхности деревянных образцов при воздействии очага горения.

Схема проведения экспериментов и вид образцов древесины до и после испытаний приведены на рис. 4 и 5.

Испытанию подвергались плоские и оцилиндрованные образцы древесины, которые предварительно высушивались в сушильном шкафу ШСП 0,5-200 при температуре 100 °С. Во время экспериментов влажность древесины составляла 4,5 %, слоя ЛГМ — 6,5 %. Плотность древесины $\rho_1 = 640 \text{ кг/м}^3$.

В качестве источника зажигания использовался степной горючий материал (СГМ) с плотностью слоя

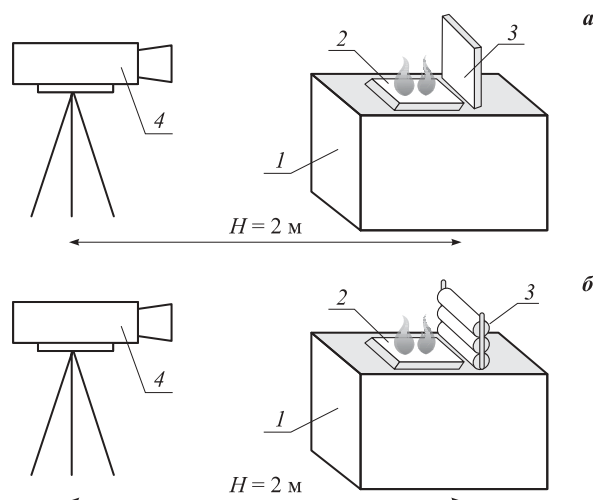


Рис. 4. Схема проведения эксперимента на плоском (*а*) и оцилиндрованном (*б*) образцах древесины: 1 — экспериментальная площадка; 2 — слой СГМ; 3 — образец древесины; 4 — тепловизор JADE J530SB



Рис. 5. Вид испытуемых модельных образцов древесины до испытаний (а) и после воздействия на них фронта модельного низового лесного пожара (б)

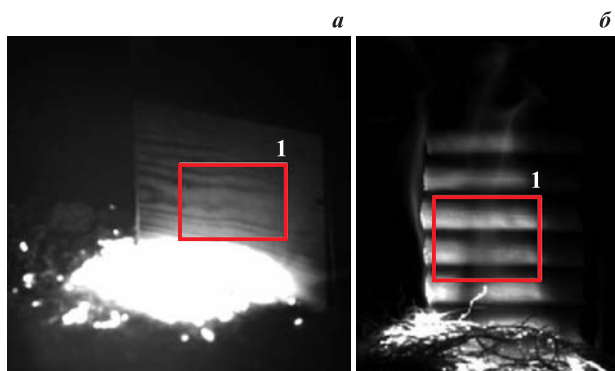


Рис. 6. Термограмма эксперимента по воздействию очага горения на плоский (а) и оцилиндрованный (б) образцы древесины

$\rho = 55,5 \text{ кг/м}^3$. Масса материала $M_{\text{СГМ}} = 50 \text{ г}$, влажность $W_{\text{СГМ}} = 4,5 \%$. Температура окружающего воздуха $T_{\text{н}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для того чтобы оценить воздействие очага горения на образцы древесины методом ИК-диагностики, с помощью программного обеспечения “Altair” выбирали область 1 на поверхности деревянных об-

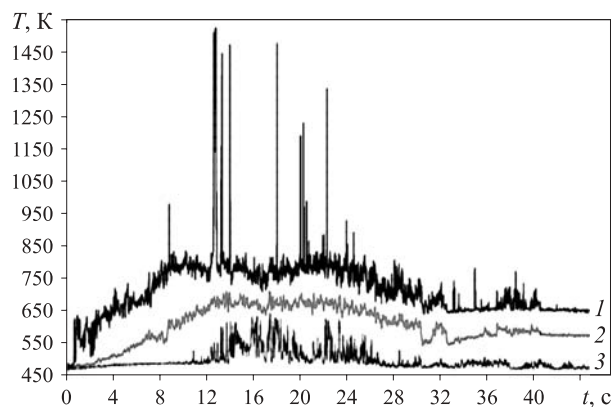


Рис. 7. Зависимость максимальной (1), средней (2) и минимальной (3) температуры от времени на поверхности образца древесины

разцов (рис. 6) и строили график типичной зависимости изменения температуры во времени в области 1 оцилиндрованного образца (рис. 7).

По результатам экспериментальных исследований установлено влияние очага степного пожара на плоские и оцилиндрованные образцы из березы. Метод ИК-диагностики позволил в спектральном интервале 2,64–3,25 мкм определить максимальную температуру на поверхности деревянных образцов в результате воздействия на них очага горения. При выбранных параметрах эксперимента температура поверхности составила: 600–610 К — для плоских образцов, 607–622 К — для оцилиндрованных.

Таким образом, на предложенном испытательном комплексе с достаточной достоверностью можно проводить исследования воздействия пожара на торфяник, а также на образцы деревянных конструкций. Полученные результаты позволяют усовершенствовать технологии прогнозирования пожарной опасности, предотвращения и ликвидации последствий пожаров, что ведет к снижению отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 16-38-00190_мол_а, № 14-01-00211_а, № 15-01-00513_а, № 15-31-20314_мол_а_вед).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Johnson E. A., Miyanishi K. (eds.). Forest fires: behavior and ecological effects / National Center for Ecological Analysis and Synthesis. — Cambridge, Massachusetts : Academic Press, 2001. — 594 p. DOI: 10.1016/B978-012386660-8/50018-0.
2. Доррер Г. А. Динамика лесных пожаров : монография. — Новосибирск : СО РАН, 2008. — 403 с.
3. Коморовский В. С. Контроль и прогнозирование параметров крупных лесных пожаров как динамических процессов на поверхности Земли : дис. ... канд. техн. наук / СибГТУ. — Красноярск, 2010. — 154 с.
4. Лобода Е. Л. Физическое и математическое моделирование природных пожаров и применение методов инфракрасной диагностики для их исследования : дис. ... д-ра физ.-мат. наук / НИ ТГУ. — Томск, 2012. — 286 с.

5. Frankman D., Webb B. W., Butler B. W., Jimenez D., Forthofer J. M., Sopko P., Shannon K. S., Hiers J. K., Ottmar R. D. Measurements of convective and radiative heating in wildland fires // *International Journal of Wildland Fire*. — 2013. — Vol. 22, Issue 2. — P. 157–167. DOI: 10.1071/WF11097.
6. Курбатский Н. П. Итоги и перспективы исследований природы лесных пожаров // *Горение и пожары в лесу: Материалы координационного совещания*. — Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1973. — С. 9–26.
7. Grishin A. M. Mathematical modeling forest fire and new methods fighting them. — Tomsk: Tomsk State University Publ., 1997. — 390 p.
8. Гришин А. М., Голованов А. Н., Лобода Е. Л., Фильков А. И., Якимов А. С. Физическое и математическое моделирование возникновения и распространения торфяных пожаров. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 2012. — 124 с.
9. Rein G. Smouldering fires and natural fuels // Belcher C. M. (ed.). *Fire phenomena and the Earth system: an interdisciplinary guide to fire science*. — Oxford: John Wiley & Sons, 2013. — P. 15–33. DOI: 10.1002/9781118529539.ch2.
10. Grishin A. M., Zima V. P., Kasymov D. P. On the deepening mechanism of the site of peat combustion // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. — 2013. — Vol. 86, No. 5. — P. 996–1001. DOI: 10.1007/s10891-013-0920-1.
11. Cohen J. D. Preventing disaster: home ignitability in the wildland–urban interface // *Journal of Forestry*. — 2000. — No. 98. — P. 15–21.
12. Mell W. E., Manzello S. L., Maranghides A., Butry D., Rehm R. G. The wildland–urban interface fire problem — current approaches and research needs // *International Journal of Wildland Fire*. — 2010. — Vol. 19, No. 2. — P. 238–251. DOI: 10.1071/WF07131.
13. Haight R. G., Cleland D. T., Hammer R. B., Radeloff V. C., Rupp T. S. Assessing fire risk in the wildland–urban interface // *Journal of Forestry*. — 2004. — Vol. 7. — P. 41–48.
14. Rothermell R. C. Airflow characteristics: Wind tunnels and combustion facilities at the Northern Forest Fire Laboratory. — USA: Intermountain Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U. S. Dept. of Agriculture, Northern Forest Fire Laboratory, 1967. — 64 p.
15. А. с. 1607831 СССР. МПК А62С 3/02. Установка для моделирования процессов распространения и остановки лесного пожара / Конев Э. В., Василенко А. В., Малютин А. М., Колодин И. П., Ковалев В. И. — № 4630900/23-12; заявл. 06.12.1988; опубл. 23.11.1990, Бюл. № 43.
16. Гришин А. М., Долгов А. А., Зима В. П., Исаков А. В., Рейно В. В., Цвык Р. Ш. Лабораторные исследования возникновения и распространения низового лесного пожара // *Физика горения и взрыва*. — 1996. — Т. 32, № 6. — С. 3–11.
17. Пат. 2371220 Российская Федерация. МПК А62С 3/02. Испытательный комплекс для моделирования лесных, степных и торфяных пожаров / Гришин А. М., Зима В. П., Кузнецов В. Т., Фильков А. И.; заявитель и патентообладатель Томский гос. университет. — № 2008117660/12; заявл. 04.05.2008; опубл. 27.10.2009, Бюл. № 30.
18. Гришин А. М., Зима В. П., Кузнецов В. Т., Лобода Е. Л., Фильков А. И. Комплекс экспериментальных установок для исследования природных пожаров // *Известия высших учебных заведений. Физика*. — 2009. — Т. 52, № 2(2). — С. 84–89.
19. National Instruments Россия. Офиц. сайт компании. URL: <http://russia.ni.com/> (дата обращения: 28.04.2016).
20. Конев Э. В. Физические основы горения растительных материалов — Новосибирск: Наука, 1977. — 239 с.
21. Zima V. P., Kasymov D. P. Investigation of the effect of the combustion site on wood specimens with the use of IR diagnostics // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. — 2016. — Vol. 89, Issue 2. — P. 466–470. DOI: 10.1007/s10891-016-1397-5.
22. Loboda E. L., Reyno V. V. Choice for research spectral response of combustion processes using the method of IR diagnostics // *20th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics*, USA, 2014, pp. 1–6. DOI: 10.1117/12.2074710.

Материал поступил в редакцию 5 мая 2016 г.

Для цитирования: Гришин А. М., Зима В. П., Касымов Д. П. Моделирование воздействия очага горения на торф и древесину на испытательном комплексе в лабораторных условиях // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2016. — Т. 25, № 12. — С. 30–36. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.30-36.

MODELLING OF THE PROCESS WHEN THE HEAT SOURCE EFFECTS ON PEAT AND WOOD TEST SAMPLES IN THE LABORATORY TEST COMPLEX

GRISHIN A. M., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Honoured Science Worker of Russian Federation, Professor of Department of Physical and Computational Mechanics, National Research Tomsk State University (Lenina Avenue, 36, Tomsk, 634050, Russian Federation; e-mail address: fire@mail.tsu.ru)

ZIMA V. P., Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Laboratory of Modeling and Prediction of Disasters, Mechanics and Mathematics Faculty, National Research Tomsk State University (Lenina Avenue, 36, Tomsk, 634050, Russian Federation; e-mail address: fire@mail.tsu.ru)

KASYMOV D. P., Law Researcher of Laboratory of Modeling and Prediction of Disasters, Mechanics and Mathematics Faculty, National Research Tomsk State University (Lenina Avenue, 36, Tomsk, 634050, Russian Federation; e-mail address: denkasyMOV@gmail.com)

ABSTRACT

The science topics on wildfires have been developed in Tomsk State University since 1977. During this time it was created the general methods of statement and solution of the new conjugated problems of the reacting media mechanics and the ecology, including usage of the several mathematical models of the multiphase reacting media mechanics and the methods of probability theory. In continuing of the serious scientific work our colleagues developed the forecasting technique of forest fire danger; the probabilistic model of occurrence of a fire tornado; physical and mathematical theory of forest fires. It was experimentally and theoretically revealed the amplification effect of the blast waves in case of their interaction with pyrolysis zone of the forest fire front. It were also developed 22 new ways and devices for wildfire fighting; techniques of forecasting emissions of harmful substances (including radionuclides) in the atmosphere in case of wildfires, burning of oil and oil products; and appropriate application software packages. And, finally, it was created new mathematical models of problems of the heat-mass exchange and burning in the swirling flows in various technological devices.

The acquired experience allows us to determine the main characteristics of wildfires using mathematical modeling. To create the mathematical model we used the results of both full-scale and laboratory experiments.

To expand the database in order to obtain in-depth knowledge of wildfires it was generally conducted the laboratory experimental investigations.

Along with forest and steppe fires there is a considerable interest in the study of peat fires, as well as wildland-urban interface (WUI) fires.

For this purpose it was constructed the test complex equipped by modern recording devices. This allowed expanding the range of investigations by means of both the thermocouple and the infrared diagnostics (ID) methods.

Particularly, the ID method was used to estimate the temperature on the surface of wood test samples and to define the parts which are mostly exposed to ignition. By means of the thermocouple method it was researched the mechanism of lowering of the heat source into the peat mass depending on its location, and it was defined values of the ignition delay time and the motion rate of combustion front through the peat mass.

Keywords: wildfires; test complex; infrared diagnostics (ID); combustion; experiment.

REFERENCES

1. Johnson E. A., Miyanishi K. (eds.). *Forest fires: behavior and ecological effects*. National Center for Ecological Analysis and Synthesis. Cambridge, Massachusetts, Academic Press, 2001. 594 p. DOI: 10.1016/B978-012386660-8/50018-0.
2. Dorrer G. A. *The dynamics of forest fires*. Novosibirsk, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2008. 403 p. (in Russian).

3. Komorowskiy V. S. *Monitoring and forecasting of large forest fires as the parameters of dynamic processes in the Earth's surface*. Cand. tech. sci. diss. Krasnoyarsk, 2010. 154 p. (in Russian).
4. Loboda E. L. *Physical and mathematical modeling of wildfires and the use of infrared diagnostic methods for their research*. Dr. phys. and math. sci. diss. Tomsk, 2012. 286 p. (in Russian).
5. Frankman D., Webb B. W., Butler B. W., Jimenez D., Forthofer J. M., Sopko P., Shannon K. S., Hiers J. K., Ottmar R. D. Measurements of convective and radiative heating in wildland fires. *International Journal of Wildland Fire*, 2013, vol. 22, issue 2, pp. 157–167. DOI: 10.1071/WF11097.
6. Kurbatskiy N. P. Some results and prospects of research of wildfires. In: *Burning and fires in the forest. Coordination Meeting Proceedings*. Krasnoyarsk, Forest Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 1973, pp. 9–26 (in Russian).
7. Grishin A. M. *Mathematical modeling forest fire and new methods fighting them*. Tomsk, Tomsk State University Publ., 1997. 390 p.
8. Grishin A. M., Golovanov A. N., Loboda E. L., Filkov A. I., Yakimov A. S. *Physical and mathematical modeling of the occurrence and spread of fires*. Tomsk, Tomsk State University Publ., 2012. 124 p. (in Russian).
9. Rein G. Smouldering fires and natural fuels. In: *Fire phenomena and the Earth system: an interdisciplinary guide to fire science* (ed. Belcher C. M.). Oxford, John Wiley & Sons, 2013, pp. 15–33. DOI: 10.1002/9781118529539.ch2.
10. Grishin A. M., Zima V. P., Kasymov D. P. On the deepening mechanism of the site of peat combustion. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2013, vol. 86, no. 5, pp. 996–1001. DOI: 10.1007/s10891-013-0920-1.
11. Cohen J. D. Preventing disaster: home ignitability in the wildland–urban interface. *Journal of Forestry*, 2000, no. 98, pp. 15–21.
12. Mell W. E., Manzello S. L., Maranghides A., Butry D., Rehm R. G. The wildland–urban interface fire problem — current approaches and research needs. *International Journal of Wildland Fire*, 2010, vol. 19, no. 2, pp. 238–251. DOI: 10.1071/WF07131.
13. Haight R. G., Cleland D. T., Hammer R. B., Radeloff V. C., Rupp T. S. Assessing fire risk in the wildland–urban interface. *Journal of Forestry*, 2004, vol. 7, pp. 41–48.
14. Rothermell R. C. *Airflow characteristics: Wind tunnels and combustion facilities at the Northern Forest Fire Laboratory*. USA, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U. S. Dept. of Agriculture, Northern Forest Fire Laboratory, 1967. 64 p.
15. Konev E. V., Vasilenko A. V., Malyutin A. M., Kolodin I. P., Kovalev V. I. *Installation for modeling of processes of propagation and stopping of forest fire*. Inventor's Certificate SU, no. 1607831, publ. date 23.11.1990 (in Russian).
16. Grishin A. M., Dolgov A. A., Zima V. P., Isakov A. V., Reino V. V., Tsvyk R. Sh. Laboratory studies of the origin and spread of a surface forest fire. *Combustion, Explosion, and Shock Waves*, 1996, vol. 3, issue 6, pp. 601–607. DOI: 10.1007/BF02111560.
17. Grishin A. M., Zima V. P., Kuznetsov V. T., Filkov A. I. *Experimental complex for modelling of forest, steppe and peat fire*. Patent RU, no. 2371220, publ. date 27.10.2009 (in Russian).
18. Grishin A. M., Zima V. P., Kuznetsov V. T., Loboda E. L., Filkov A. I. The complex of experimental facilities for investigation wildfires. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Fizika (Russian Physics Journal)*, 2009, vol. 52, no. 2(2), pp. 84–89 (in Russian).
19. *National Instruments Russia*. The official website of the company. Available at: <http://russia.ni.com/> (Accessed 28 April 2016).
20. Konev E. V. *Physical principles of combustion of vegetable materials*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1977. 239 p. (in Russian).
21. Zima V. P., Kasymov D. P. Investigation of the effect of the combustion site on wood specimens with the use of IR diagnostics. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2016, vol. 89, issue 2, pp. 466–470. DOI: 10.1007/s10891-016-1397-5.
22. Loboda E. L., Reyno V. V. Choice for research spectral response of combustion processes using the method of IR diagnostics. In: *Proceedings of 20th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics*, USA, 2014, pp. 1–6. DOI: 10.1117/12.2074710.

For citation: Grishin A. M., Zima V. P., Kasymov D. P. Modelling of the process when the heat source effects on peat and wood test samples in the laboratory test complex. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 12, pp. 30–36. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.30-36.