

УДК 614.841+630.432

## ОГНЕТУШАЩАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИДКОСТНЫХ ХИМИЧЕСКИХ СОСТАВОВ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ КЛАССА А РАСПЫЛИТЕЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Богданова В.В.\* , д.х.н., ст. научный сотрудник, Лахвич В.В.,  
Врублевский А.В., к.х.н., доцент, Дмитриченко А.С., к.т.н., доцент  
\*Учреждение Белорусского государственного университета  
«Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»

*Проведены сопоставительные исследования огнетушащей эффективности жидкостных химических составов (ЖХС) при тушении лабораторных и стандартных очагов пожара класса А. Установлена идентичность рядов эффективности ЖХС по данным лабораторных и полигонных испытаний, что позволяет интенсифицировать и удешевить процесс разработки и испытаний новых эффективных средств тушения.*

(Поступила в редакцию 17 декабря 2007 г.)

Создание переносных установок пожаротушения позволило более эффективно проводить тушение пожаров на начальной стадии их развития. Это достигается в основном за счет быстрой доставки огнетушащего средства к очагу горения [1]. Но ограниченный запас огнетушащего средства, которым в основном является вода, не позволяет в некоторых случаях полностью ликвидировать загорание без дополнительного применения классических средств тушения. Кроме того, в процессе эксплуатации переносных установок пожаротушения, наряду с высоким эффектом ликвидации пламенного горения, выявился их основной недостаток – повторное воспламенение нагретых до высоких температур твердых тлеющих материалов. Наличие тления, переходящего в пламенное горение, может быть обусловлено недостаточным охлаждающим и изолирующим действием применяемых огнетушащих средств. Повторное воспламенение очагов горения создает дополнительную опасность пожарному при проведении аварийно-спасательных работ на пожаре. В соответствии с этим возникает необходимость увеличения эффективности использования переносных установок пожаротушения, которую можно осуществить в результате использования ЖХС.

С целью устранения тления и повторного воспламенения твердых горючих материалов после применения переносных распылительных устройств пожаротушения в данной работе проведено исследование эффективности применения в качестве огнетушащего средства (ЖХС), представляющих собой водные дисперсии аммонийных металлофосфатов. Ранее нами показано [2–4], что эти дисперсии проявляют высокую эффективность при локализации и тушении лесных и торфяных пожаров, которые по классификации, представленной в [5], относятся к пожарам класса А.

Испытание переносных устройств пожаротушения проводят по НПБ 1-2005 [6], однако проведение систематических исследований в этом случае проблематично вследствие больших размеров стандартных очагов пожара и необходимости проведения испытаний в полигонных условиях. Из литературных данных и нормативной документации не удалось обнаружить сведений о сопоставимости данных по эффективности средств пожаротушения для стандартных очагов и очагов, имеющих меньшие размеры, чем очаг ранга 0,1А. С учетом изложенного и специфики разработки новых более эффективных и экономичных составов для тушения твердых горючих материалов, заключающейся не только в ликвидации пламенного горения, но и в недопущении тления и повторного их воспламенения, назрела необходимость создания лабораторной методики определения эффективности огнетушащих средств при тушении пожаров класса А.

С целью интенсификации и удешевления процесса разработки и испытания новых эффективных средств тушения тлеющих материалов исследована возможность использова-

ния лабораторных очагов пожара класса А, моделирующих проведение испытаний на стандартных очагах.

Известно [7], что основными факторами, определяющими параметры пожара, являются вид пожарной нагрузки  $P_n$  и коэффициент поверхности горения  $K_n$ . В соответствии с этим на первом этапе исследования проведены расчеты зависимости  $P_n$  и  $K_n$  для стандартных и пропорционально уменьшенных очагов.

Для исследований использовали геометрически подобные очаги, в которых длину, ширину и высоту брусков уменьшали в два раза по сравнению со стандартными. Ранги лабораторных очагов обозначены как Л0,1А; Л0,3А; Л0,5А; Л0,7А; Л1А; Л2А; Л3А; Л4А; Л6А, которые соответствуют рангам стандартных очагов 0,1А; 0,3А; 0,5А; 0,7А; 1А; 2А; 3А; 4А; 6А.

Пожарную нагрузку рассчитывали по формуле:

$$P_n = M_o / S_n, \quad (1)$$

где  $M_o = \nu \rho n$  – масса штабеля, кг;

$\nu$  – объем одного бруска,  $m^3$ ;

$\rho = 350-430$  кг/ $m^3$  плотность древесины [6];

$n$  – количество брусков в штабеле;

$S_n = L^2$  – площадь пожара (проекция зоны горения на горизонтальную плоскость),  $m^2$ ;

$L$  – длина брусков, м.

На рисунке 1 представлены расчетные зависимости  $P_n$  от рангов стандартных и лабораторных очагов. При схожей зависимости  $P_n$  от рангов стандартных и лабораторных очагов во втором случае наблюдается снижение численных значений пожарной нагрузки: в лабораторных очагах она в 2 раза меньше по сравнению со стандартными (рисунок 1), что соответствует выбранному масштабированию геометрических размеров брусков в лабораторных и стандартных очагах.

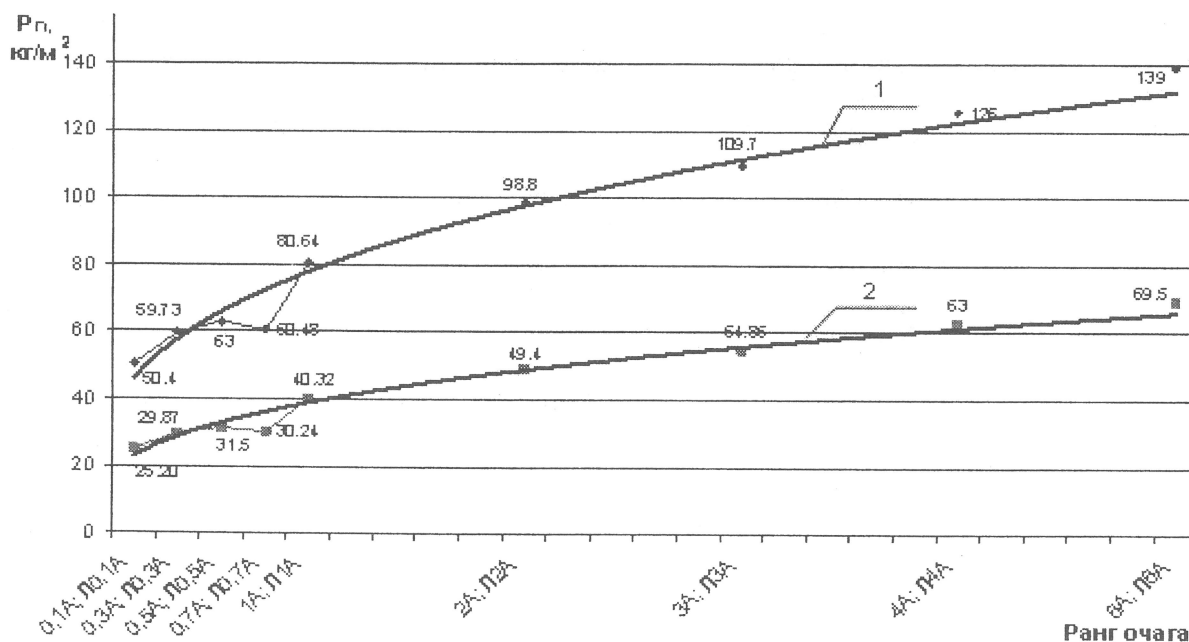


Рисунок 1 – Зависимость пожарной нагрузки  $P_n$  от рангов стандартных (1) и лабораторных (2) очагов из древесины

Коэффициент поверхности горения для стандартных и лабораторных очагов определяли по формуле:

$$K_n = F_r / S_n, \quad (2)$$

где  $F_r$  – площадь свободной поверхности модельного очага,  $m^2$ ;  
 $S_n$  – площадь пожара,  $m^2$ .

Расчетные данные зависимости  $K_n$  от рангов стандартных и лабораторных очагов представлены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, зависимости  $K_n$  от рангов стандартных и лабораторных очагов идентичны. В целом из данных о зависимостях  $P_n$  и  $K_n$  от рангов стандартных и лабораторных очагов следует, что горение древесины имеет сходный характер в рассматриваемых случаях.

Исходя из того что древесина горит в диффузионном режиме и массовая скорость выгорания зависит от толщины образца, для определения времени начала тушения проведены исследования зависимости потери массы от времени горения лабораторного очага ЛЮ,1А. Для этого очаг ЛЮ,1А устанавливали на весы и от начала возгорания фиксировали потерю массы очага. Одновременно проводили измерения температуры на поверхности горящих брусков, расположенных внутри очага.

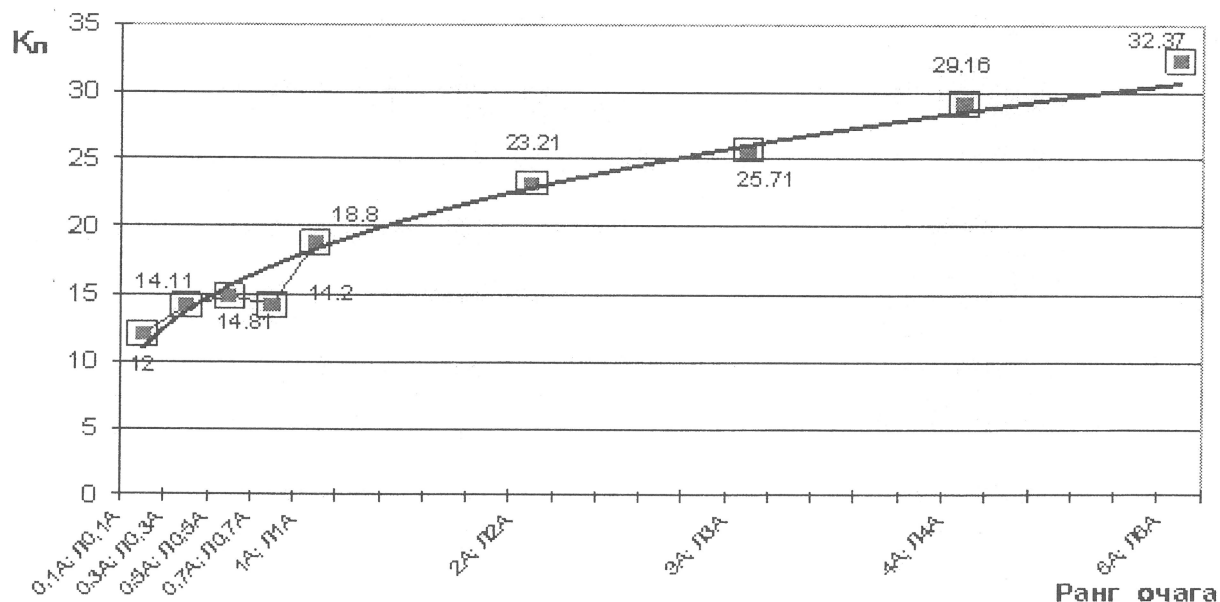


Рисунок 2 – Зависимость изменения коэффициента поверхности  $K_n$  от рангов стандартных (—□—) и лабораторных (—■—) очагов из древесины

Из рисунка 3 видно, что наиболее интенсивная потеря массы достигается через 4,5 мин горения.

При этом же времени зарегистрирована и максимальная температура (700–720 °С) на поверхности горячей древесины (рисунок 4), в результате чего тушение лабораторных очагов начинали спустя 4,5 мин после поджигания очага. Существенно, что, как и в случае с расчетными данными по изменению пожарной нагрузки от рангов стандартных и лабораторных очагов, для времени начала тушения этих же очагов обнаружен одинаковый эффект масштабирования: время свободного горения лабораторных очагов в два раза меньше по сравнению с требуемым временем для стандартных очагов.

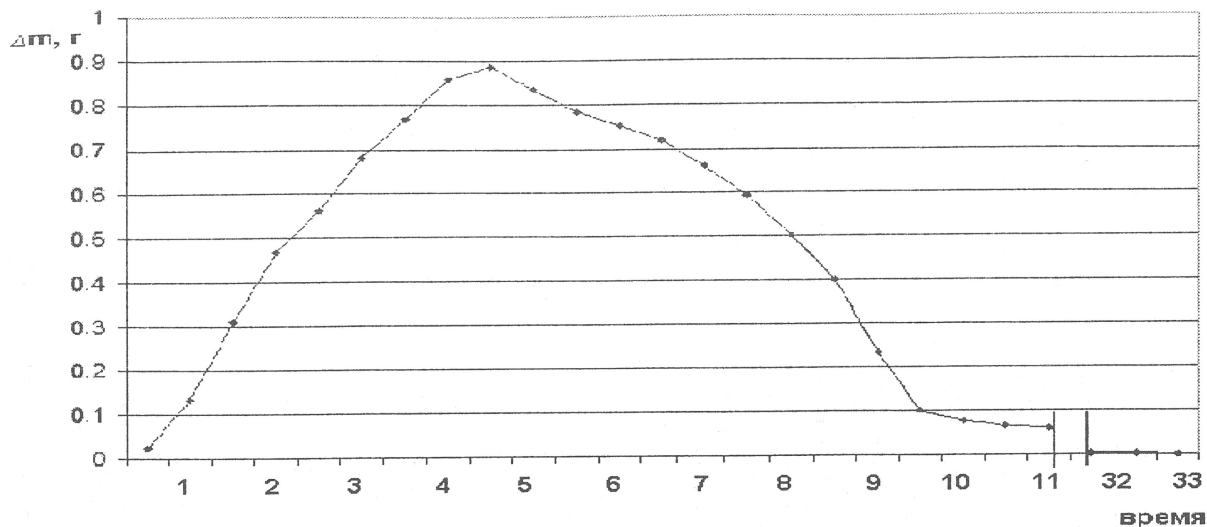


Рисунок 3 – Зависимость потери массы лабораторным очагом ЛЮ,1А от времени горения

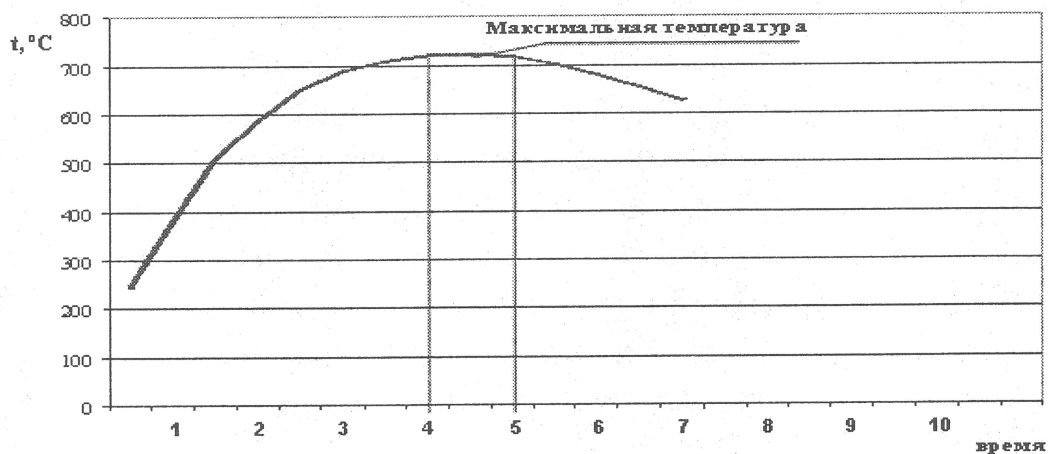


Рисунок 4 – Изменение температуры от времени при горении лабораторного очага

Отсюда можно предположить, что проведение лабораторных исследований по определению эффективности ЖХС в зависимости от их природы и концентрации позволит провести отбор наиболее перспективных и экономичных составов, эффективность которых затем будет проверена при тушении стандартных очагов.

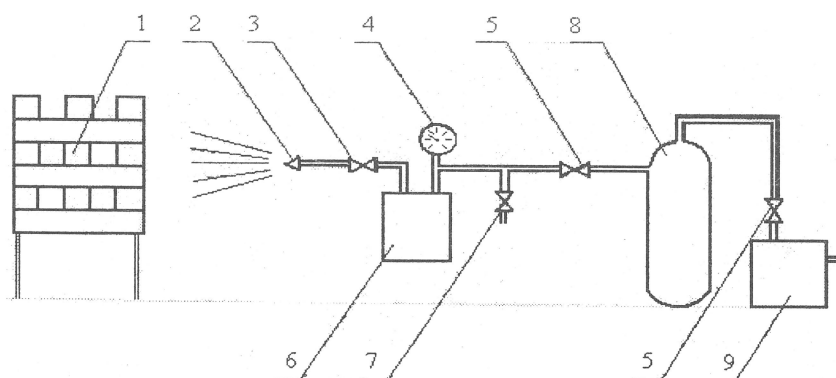
Лабораторные испытания проводили в специально предназначенном для этого помещении, обеспечивающем безопасные условия работы оператора и имеющем хорошее освещение и вентиляцию.

На рисунке 5 приведена схема лабораторной установки для исследования эффективности огнетушащих средств при тушении пожаров класса А. Размер брусков деревянного штабеля составлял  $0,02 \times 0,02 \times 0,1$  м, количество брусков в слое – 3 шт., количество слоев – 6.

Испытания проводили в следующей последовательности. Под штабель, размещенный на металлической подставке высотой 0,04 м, помещали противень размерами  $0,1 \times 0,1 \times 0,01$  м. Для компенсации неровности дна противня в него наливали  $0,04 \text{ дм}^3$  воды. Для разжигания штабеля в противень наливали бензин А-80 в количестве  $0,015 \text{ дм}^3$ . Через 1 мин горения бензина поддон убирали из-под штабеля. К тушению лабораторного



очага приступали через 4,5 мин от начала проведения эксперимента. Во время тушения струю огнетушащих веществ направляли вверх и вниз вдоль лицевой стороны штабеля. В процессе тушения фиксировали: количество израсходованного огнетушащего средства (ОС) на прекращение пламенного горения; количество израсходованного ОС на тушение без повторного воспламенения; время до начала повторного воспламенения. Очаг считали потушенным, если повторное воспламенение не происходило в течение 10 мин. Испытание каждого огнетушащего средства проводили не менее 7–8 раз.



1 – лабораторный очаг; 2 – центробежная форсунка; 3, 5, 7 – запорные краны; 6 – мерная емкость для огнетушащих средств; 8 – баллон-ресивер; 9 – компрессор

Рисунок 5 – Схема лабораторной установки по определению огнетушащей эффективности ЖХС

В качестве огнетушащих средств использовали растворы 15%-ной концентрации известных составов тофасил и метафосил [8], а также составы серии АН металлофосфатной природы, дополнительно содержащие вспенивающие, пленкообразующие и загущающие добавки. Для сравнения при тушении лабораторных очагов использовали воду и воду с добавлением 1% ПАВ для улучшения смачивающей способности горючего материала. В таблице 1 приведены данные по огнетушащей эффективности жидкостных химических составов, полученные при тушении лабораторных очагов.

Таблица 1 – Огнетушащая эффективность жидкостных химических составов по данным лабораторных испытаний

№ состава	Огнетушащий состав	Объем ОС, израсходованного на прекращение пламенного горения, $V \times 10^{-3}$ , дм <sup>3</sup>	Объем ОС, израсходованного на тушение без повторного воспламенения, $V \times 10^{-3}$ , дм <sup>3</sup>
1	Вода	34,1	54
2	Вода + 1% ПО	28	44
3	АН-60	31,4	31,4
4	АН-60-2	32	32
5	АН-60-5	28,3	28,3
6	АН-60-Са, Mg	31,2	31,2
7	АН-Ф	25,2	25,2
8	Тофасил	26,7	26,7
9	Метафосил	28,3	28,3
10	АН-60-К	29,6	29,6

Исходя из полученных данных, количество воды на тушение лабораторного очага без повторного воспламенения в 1,6 раза больше по сравнению с ее количеством, необходимым на прекращение пламенного горения. Тогда как все исследованные жидкостные химические составы наряду с прекращением пламенного горения при тех же объемах гарантируют отсутствие тления и повторного воспламенения, то их расходы на тушение в 1,7–2,1 раза меньше по сравнению с водой. Жидкостные химические составы по эффективности тушения лабораторного очага класса А располагаются в ряд:

АН-Ф > тофасил > метафосил  
 АН-60-5 > АН-60-К > АН-60-СаMg  
 АН-60 > АН-60-2 > Вода + 1% ПО > вода

Для проведения полигонных испытаний отобраны два наиболее эффективных состава (АН-Ф, тофасил) и для сравнения взят состав АН-60-К, имеющий более низкую эффективность. Данные по эффективности тушения стандартных очагов ранга 2А и 3А приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Огнетушащая эффективность жидкостных химических составов по данным полигонных испытаний (влажность древесины (сосна) 16%)

№ состава	Огнетушащий химический состав	Ранг стандартного очага	Израсходовано на тушение, дм <sup>3</sup>	Время повторного воспламенения
1	Вода	2А	10	8 мин
10	АН-60-К	2А	5,9	нет
8	Тофасил	2А	5,5	нет
7	АН-Ф	3А	5,7	нет
8	Тофасил	3А	6,2	нет

По огнетушащей эффективности стандартных очагов огнетушащие составы располагаются в ряд:

АН-Ф > Тофасил > АН-60-К >> вода

Из сопоставления эффективности исследуемых составов при тушении лабораторных и стандартных очагов видно, что имеется полное соответствие рядов при тушении одними и теми же составами больших и уменьшенных очагов. Этот факт свидетельствует о принципиальной возможности получения предварительной информации об огнетушащей эффективности разрабатываемых составов по данным лабораторных испытаний. Полученные результаты позволяют интенсифицировать разработку новых и модифицирование известных составов для тушения лесных пожаров.

Таким образом, разработана и апробирована лабораторная методика определения огнетушащей эффективности жидкостных составов при тушении пожаров класса А. Установлено, что имеется полное соответствие результатов по эффективности исследуемых составов при тушении лабораторных и стандартных очагов, что позволяет снизить временные и экономические затраты на создание огнетушащих составов с оптимальными свойствами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Захматов, В.Д. Новые методы и техника для тушения пожаров в высотных зданиях / В.Д. Захматов, А.В. Пятова, С.А. Баков // Безопасность жизнедеятельности. – 2003. – № 9. – С. 28–32.
2. Богданова, В.В. Огнегасящий эффект замедлителей горения в синтетических полимерах и природных горючих материалах / В. В. Богданова // Химические проблемы создания новых материалов и технологий: сб. ст. / под ред. О.А. Ивашкевича. – Минск: Белгосуниверситет, 2003. – Вып. 2. – С. 344–375.
3. Состав для профилактики, локализации лесных пожаров и/или борьбы с ними: пат. 2149 Респ. Беларусь, МПК А 62 Д 1/00, С 09 К 21/02 / Л.В. Кобец [и др.]; заявитель НИИ ПФП БГУ, Гом. хим. з-д. – № 950285; заявл. 08.06.95; опубл. 30.06.98 // Афіцыйны бюл. / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. – 1998. – № 10. – С. 5.
4. Огнетушащий химический состав для борьбы с торфяными пожарами: пат. 6460 Респ. Беларусь, МПК С 09 К 21/02 / В.В. Богданова, Л.В. Кобец, В.В. Усеня, Г.Ф. Ласута; заявитель НИИ ФХП БГУ. – № 20001029; заявл. 29.04.00; опубл. 16.03.04 // Афіцыйны бюл. / Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. – 2004. – № 5. – С. 9.
5. Баратов, А.Н. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения: в 2 кн. / А.Н. Баратов [и др.]. – М.: Химия, 1990. – 496 с.
6. Пожарная техника. Огнетушители переносные. Общие технические требования и методы испытаний: НПБ-1.2005. – Введ. 01.07.05. – Минск: Изд-во науч.-исслед. ин-та пожарн. безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций, 2005. – 75 с.
7. Абдурагимов, И.М. Физико-химические основы развития и тушения пожаров / И.М. Абдурагимов, В.Ю. Говоров, В.Е. Макаров. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1980. – 255 с.
8. Тищенко, В.Г. Исследование эффективности применения огнезащитного химического состава «Метафосил» комплексного действия для борьбы с лесными пожарами / В.Г. Тищенко [и др.] // Науч. обеспечение пожарн. безопасности. – 2000. – Вып. № 9. – С. 4–9.