

дегазации пластов применяется в недостаточных объемах, где вентиляционными средствами нельзя уменьшить содержание метана в горных выработках до норм, которые определены нормами техники безопасности, а не как профилактическая мера, повышающая безопасность, исключая взрыв метана. Таким образом, метан продолжает оставаться одним из самых опасных веществ при проведении выработок и очистной выемки угля, создавая экономические трудности и дополнительные проблемы при разработке большинства месторождений угля, в т.ч. в Кузбассе. Главным направлением снижения взрывоопасности надо считать дегазацию, а также повышение достоверности горных условий. Ещё одной мерой является повышение надежности и долговечности горношахтного оборудования, с целью исключения в шахтах газосварочных работ. В отсутствие угольной пыли возможно, удалось бы избежать 70-80 % произошедших катастроф [7], и даже если бы они состоялись, их были бы гораздо менее разрушительны. Поэтому, на наш взгляд, приоритетным направлением должна стать организация мероприятий по борьбе с угольной пылью.

Литература.

1. Аварии на шахтах Кузбасса в 2010-2014 годах // Россия сегодня. – URL: <https://ria.ru/spravka/20140317/999912651.html> (дата обращения: 03.10.2016).
2. Кулаков Г.И. Аварии, связанные с газодинамическими проявлениями на шахтах, и уровень квалификации ИТР угольных шахт Кузбасса // Интерэкспо Гео-Сибирь. – №3. – 2013. — URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/avarii-svyazannye-s-gazodinamicheskimi-proyavleniyami-na-shahtah-i-uroven-kvalifikatsii-itr-ugolnyh-shaht-kuzbassa>
3. Нефёдов Ю.А. Взрывы метана и пыли на угольных шахтах Кузбасса - возможные причины уже произошедших и будущих аварий // Самиздат. – № 8. – 2015. – URL: http://samlib.ru/n/nefedow/vzrme_tanaugolschachtach.shtml (дата обращения: 03.10.2016).
4. Попов В.Б. Новые представления о природе начального теплового импульса при возникновении очагов самовозгорания угля в шахтах / В.Б. Попов, В.А. Скрицкий, В.И. Храмцов, С.В. Обидов // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – №3. – С. 36–38.
5. Скрицкий В.А. Аварии в шахтах Кузбасса. Некоторые причины их возникновения // Горная промышленность. – №5. – 2015. – С. 54–58.
6. Скрицкий В.А. Эндогенные пожары в угольных шахтах, природа их возникновения, способы предотвращения и тушения / В.А. Скрицкий, А.П. Федорович, В.И. Храмцов. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2012. – 171с.
7. Ютяев Е.П. Обеспечение безопасности при интенсивной разработке пластов на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» // Горная промышленность. – №1. – 2015. – С. 18–19.

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРООПАСНОГО СОСТОЯНИЯ

А.Г. Дашковский, к.т.н. доц., В.Ф. Панин, проф., И.И. Романцов, к.т.н. доц., Д.Н. Мелков, студ.

Томский политехнический университет

634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. 8-909-542-60-68

E-mail: vtkrjd@tpu.ru

Аннотация. В данной статье дан анализ процесса развития пожара, показавший, что пожар развивается в течение семи стадий, каждой из которых соответствует совокупность явлений (факторов, признаков) пожароопасного состояния, характеризующая набором определенных параметров. Показано, что понижение стадийности регистрируемого фактора приводит к построению противопожарных профилактико-диагностических систем, поскольку чем ниже регистрируемая стадия, тем неопределеннее связь факта ее обнаружения с пожаром. Указано, что с развитием электронной техники стадийность используемых для обнаружения факторов пожарных ситуаций, в целом, понижается, а также отмечено, что для каждого объекта контроля необходим выбор (выявление) оптимального фактора, в частности, по многим характеристикам оптимальным фактором для летательных аппаратов являются дымы, их ТВ-изображения.

Abstract. This article analyzes the development process of the fire, which showed that a fire develops over seven stages, each of which corresponds to a set of phenomena (factors, signs) fire risk condition characterized by a set of defined parameters. It was shown that the decrease of the registered staging factor leads to the construction of fire preventive and diagnostic systems as recorded by the lower stage, the more

uncertain the fact of its connection with the detection of a fire. It is indicated that the development of electronic equipment staging used for the detection of the factors fire situations, in general, is reduced, and also noted that for each control object is necessary to choose (identify) the optimal factor, in particular, in many ways the best factor for aircraft are smoke their TV picture.

Введение

Обнаружение пожароопасного состояния посредством контроля параметров воздушной среды широко применяется в технике и зависит от характера контролируемого объекта и условий его эксплуатации. Оптические параметры воздушной среды позволяют оценивать опосредованно изменения воздушной среды, которые связаны с признаками, свидетельствующими о развитии состояния, которое принято характеризовать как признаки развития пожарной ситуации.

В общем случае развитие пожара (П) до неуправляемого состояния проходит до семи стадий [1]. Ранние низкие стадии развития П можно определить как пожароопасное состояние, пожароопасную ситуацию, такое состояние по разным обстоятельствам может не развиться в П.

Обычно к первой стадии относят [1] поступление в атмосферу контролируемого помещения горючих газов – из-за неисправности газовых магистралей и т.п., регистрация ПС осуществляется посредством газовых датчиков.

Вторая стадия развития П связана с повышением температуры поверхностей элементов конструкций оборудования и аппаратуры, увеличением интенсивности ИК-излучения, поступлением в атмосферу парогазовых продуктов термической деструкции неметаллических: конструкционных, изоляционных, декоративных и т.п. материалов. Ввиду малых концентраций парогазовых продуктов термолитиза на данной стадии превалирует конденсационный механизм образования аэрозолей с частицами размером $10^{-2} - 10^{-1}$ мкм, подобные аэрозоли большей частью визуально не наблюдаются.

Третья стадия связана с дальнейшим повышением температур прогрева неметаллических материалов и соответствующим увеличением плотностей потоков парогазовых продуктов термического (термо-окислительного) разложения материалов. При этом наряду с конденсационными паровых продуктов термолитиза имеет место коагуляция начальных конденсационных частиц, в результате чего спектр аэрозольных частиц расширяется в сторону частиц больших размеров. Таким образом, на третьей стадии аэрозоли термодеструкции оптически активны и, как правило, наблюдаются визуально.

Последующие стадии связаны с возникновением свечения очага возгорания, формированием пламени, образованием значительных количеств углекислого газа, повышением температуры воздуха среды и т.д. и т.п. и, как правило, характеризуются большей вероятностью развития процесса до состояния пожара, чем указанные начальные стадии его развития. Все методы обнаружения П строятся на основе регистрации параметров физических явлений (факторов, признаков пожароопасности), сопровождающих разные стадии развития.

Итак, регистрация факторов ранних стадий (утечка горючих газов, повышение температуры и ИК-радиации поверхностей оборудования, дымообразование и т.д.) относят, как отмечено выше, к обнаружению ПС, а обнаружение факторов поздних стадий, как правило, – к обнаружению П.

При построении систем обнаружения и сигнализации о пожароопасном состоянии контролируемого объекта естественно стремление к обнаружению низких стадий развития П – к обнаружению ПС.

Об оптимальном факторе пожара для построения устройств обнаружения пожароопасной ситуации. Однако уменьшение стадийности регистрируемого фактора приводит к возрастанию неопределенности оценки степени пожароопасности. Это понятно, поскольку понижение стадийности фактора есть приближение к нормальному состоянию контролируемого объекта, а состояние, сколько угодно близкое к нормальному.

Фактически понижение стадийности регистрируемого фактора приводит к возрастанию вероятности ложных действий устройства обнаружения П. Под устройством обнаружения П мы понимаем традиционную систему каких-либо датчиков, в которой для «обнаружения» П достаточно превышение порога сигналом хотя бы одного из датчиков. Скорее всего, такие устройства следует определить как устройства профилактики П или диагностики ПС.

Другая трудность заключается в том, что при одном и том же уровне фактора, соответствующего некоторой стадии развития П, возможны и пожароопасная, и пожаробезопасная ситуация. Эта трудность проистекает из того, что уровень (интенсивность) фактора связан с фактом реальной пожароопасности статистически, т.к. режимы работы объекта в общем случае чрезвычайно многообразны и во времени реализуются случайным образом.

Поясним последнее на примере. Положим какой-либо объект в течение длительного времени контролируется в части температур участков оборудования и приборов в различных, в том числе, в аварийных режимах работы, связанных с реальной ПС. Далее, по набранной статистике определяют минимальные уровни пожароопасных температур и соответствующие им пороговые уставки для температурных датчиков системы обнаружения ПС. Казалось бы, теперь система может предупредить возникновение П, сигнализируя о возникновении ПС. Однако в большом числе случаев действие (срабатывание) системы не означает возникновения ПС, т.е. оказывается ложным. Более того, в объекте, особенно сложном, возможны такие аварийные ситуации, неучтенные при обследовании, при которых ПС возникает и быстро необратимо развивается до П при температурах, меньших, чем пороговые, т.е. имеет место пропуск и ПС, и П.

При увеличении порога системы уменьшается вероятность ложных срабатываний и возрастает вероятность пропуска ПС. Значит, для факторов низкой стадийности в определенном интервале их значений имеет место «нахлест» пожаробезопасных и пожароопасных режимов (рис.1) предопределяющий неоднозначность действия таких систем.

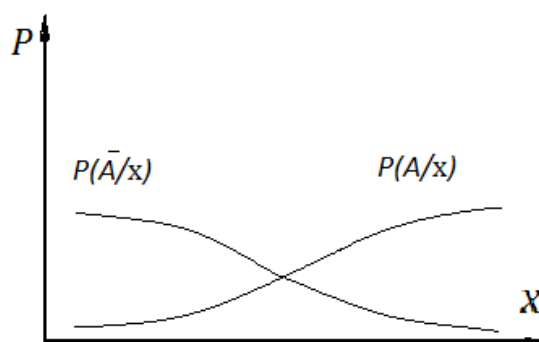


Рис. 1. «Нахлест» пожаробезопасных и пожароопасных режимов: $P(\bar{A}/x)$ – вероятность пожаробезопасных режимов; $P(A/x)$ – вероятность пожароопасных режимов; x – фактор ПС

Ложное действие и пропуск ПС в равной мере снижают эффективность действия систем. Эффективность ($\mathcal{E}$) системы можно определить так:

$$\mathcal{E} = \frac{P(A) - L - P_p}{P(A)} \quad (1)$$

где $P(A)$ – вероятность ПС; L – вероятность ложного действия системы; P_p – вероятность пропуска ПС.

Очевидно, с учетом изложенного выше, что существует оптимальное пороговое значение фактора низкой стадийности, при котором величина $\mathcal{E}$ максимальна. Зависимость $\mathcal{E}$ от величины порога имеет форму, представленную на рис.2, т.е. величина $\mathcal{E}$ даже в максимуме не превосходит 23 – 24 %, а с учетом того, что она весьма критична к порогу, фактическая величина $\mathcal{E}$ гораздо ниже, что подтверждается статистикой правильных и неправильных действий подобных систем.

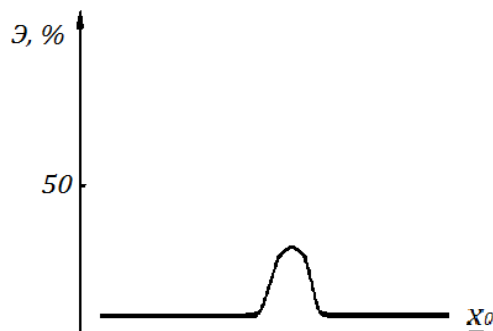


Рис. 2. Зависимость эффективности обнаружения ПС традиционными системами от пороговой уставки регистрируемого фактора x_0

Сказанное выше применительно к регистрации факторов низкой стадийности (к регистрации ПС) равным образом относится к регистрации факторов высокой стадийности (к регистрации собственно П): то же влияние величины порога на вероятность ложного действия и пропуска П, тот же характер зависимости величины Э от величины порога и т.п.

Для простоты рассуждений допустим, что найдены методы и средства устранения ущербности описанных систем, и они работают со 100 % -й величиной Э. Это означает, что система, построенная на регистрации фактора, сопутствующего некоторой стадии, со 100 % -й вероятностью обнаруживает именно данную стадию развития пожароопасного процесса.

Ретроспективный взгляд на развитие средств пожарообнаружения и сигнализации в целом подтверждает изложенную трактовку направления их развития. Достаточно сказать, что первые пожарные датчики, извещатели о П, строились на элементах, чувствительных к фактору поздних стадий – на повышение температуры контролируемой среды (легкоплавкие сплавы, биметаллические пластины и т.п.). С развитием полупроводниковых приемников оптического излучения появились датчики, реагирующие на свечение пламени. Развитие средств газоаналитического приборостроения поставило в повестку дня использование газоанализаторов CO₂. В настоящее время интенсивно осваивается «очередная» стадия развития ПС – стадия дымообразования. Известны также примеры построения или попытки построения систем обнаружения ПС на основе регистрации факторов второй стадии развития П: относительно небольших перегревов, увеличение интенсивности ИК-излучения, поступление в атмосферу небольших концентраций газов термодеструкции.

Принципы построения, конструкции и характеристики элементов, чувствительных к разным факторам, устройств и систем обнаружения П и ПС описаны в большом числе источников, начиная с работ 1960-х гг. прошлого столетия [2–5], заканчивая такими работами, как [6–8].

Для специфических объектов транспорта, таких как летательные аппараты (ЛА), регистрация П неприемлема: слишком запоздалой будет регистрация заметного повышения температуры среды, наличия значительных количеств CO₂, пламени, светящегося очага. Надежная же регистрация дымов, субмикронного аэрозоля или газов термодеструкционного происхождения, ненормального возрастания температур и тепловой радиации на отдельных участках оборудования и аппаратуры означает, как отмечалось выше, обнаружение ПС, в которой пожароопасный процесс еще управляем.

Изложенный материал предопределяет преимущественный интерес к регистрации дымов как основе построения устройств надежного обнаружения ПС.

О некоторых результатах исследований и разработок в области раннего обнаружения ПС за рубежом в 2002-2013 гг.

Изложенная логика построения систем обнаружения ПС, предопределенная, в сущности, работами, подобными [1], сохраняется до настоящего времени. Так, в [9,10] представляются описания устройств раннего обнаружения ПС, по признакам второй стадии развития ПС (повышение температуры и интенсивности ИК-излучения в месте потенциального очага возгорания), в [11–15] – по признаку третьей стадии развития ПС (дымы). Впрочем, в отдельных случаях термин «раннее обнаружение пожара» применяется и в отношении систем, построенных на основе регистрации признаков более поздних стадий развития П: в [16–18] «раннее обнаружение П» основывается на устройствах обнаружения открытого пламени, например, по характеристикам мерцания и перемещения пламени, [17], в [19] – на основе регистрации содержания СО в контролируемой среде. В [20] обсуждается разработанный в Японии алмазный датчик для регистрации ультрафиолетового излучения из потенциального очага пожара до того, как огонь и дым достигнут опасных уровней.

В [21] сообщается о системах обнаружения П, в которых после регистрации задымленности интеллектуальные системы управления работой инженерного оборудования в автоматическом режиме оповещают противопожарную службу, в которой обнаружение пламени производится с использованием замкнутой телевизионной (ТВ) – системы с последующей передачей изображения на диспетчерский пункт противопожарной службы. Эти мероприятия можно рассматривать как упомянутые профилактико-диагностические процедуры, позволяющие уточнить последующую траекторию развития ПС. В [22] предложен многоуровневый подход к разработке автоматизированной системы пожарной сигнализации на основе технологии обработки ТВ – изображений. В ходе высокоскоростного сканирования контролируемого пространства выделяются сначала области, с высокой вероятностью содержащие изображение горящих объектов. Затем отслеживаются области с колориметрическими характеристиками, соответствующими красному цвету. Применением нейронной сети обеспечивается выделение горящих и не горящих областей.

Вместе с тем, все явственнее обозначается тенденция использования в устройствах сигнализации обнаружения П комплекса признаков П – признаков и ранних, и поздних стадий его развития. Использование признаков поздних стадий призвано снять известную неопределенность в дальнейшем развитии П после того, как обнаружены признаки ранних стадий, например, повышение температуры или задымленность.

Так, уже в 2004 г. в [23] даётся обзор всего спектра систем сигнализации о П, начиная с систем на основе регистрации одной из начальных стадий, например, стадии дымообразования, заканчивая обнаружителями пламени по ИК – и УФ – излучениям, а также системами с использованием комплексной информации и наделенными интеллектуальными функциями. Подобные интеллектуальные системы для раннего обнаружения П представлены в [23 – 26]. При всей сложности техники процедур слияния разнотипной информации и учета информационно – статистических характеристик процесса развития П использование комплексной информации о П в любом случае должно способствовать повышению надежности обнаружения П.

Анализ более трех десятков статей, упомянутых выше и посвященных системам раннего обнаружения П по комплексу признаков показывает, что наиболее часто в качестве «запального» называется признак дымообразования. А в сочетании с признаком дымообразования в комплексных системах упоминаются результаты обработки ТВ-изображений дымовых потоков или движущегося пламени.

Таким образом, в настоящее время в качестве наиболее подходящего признака П для идентификации ПС и П утверждается признак дымообразования – в том числе и для систем, строящихся на основе индикации и ранних, и поздних стадий П с последующим слиянием разнотипной информации и формированием интегрированного решения о ПС контролируемого объекта.

Заключение

1. Пожароопасный процесс – от рабочего режима объекта до П – развивается в несколько стадий.
2. Каждой стадии соответствует совокупность физико-химических явлений, или факторов (признаков) пожароопасного состояния, характеризуемая набором определённых параметров.
3. Регистрация факторов высокой стадийности означает, как правило, регистрацию П, низкой – ПС.
4. Понижение стадийности регистрируемого фактора приводит к необходимости построения, в сущности, противопожарных профилактико-диагностических систем: решения систем по факторам низкой стадийности должны анализироваться дополнительно, поскольку чем ниже регистрируемая стадия, тем неопределёнее связь факта её обнаружения с П. Это подтверждается современными тенденциями к построению интеллектуальных систем обнаружения П.
5. Обнаружение самих ПС, как ситуаций, описываемых определёнными наборами физико-химических параметров, традиционными системами осуществляется малоэффективно.
6. С развитием электронной техники стадийность факторов, используемых для обнаружения ПС, в целом, понижается.
7. По многим характеристикам оптимальным признаком (фактором) П для идентификации ПС, в частности, для ЛА является дым.
8. Анализ исследований и разработок систем обнаружения систем ПС и П, выполненных за рубежом в 2002 – 2013 гг., показывает, что наиболее подходящим начальным («запальным») признаком для обнаружения ПС и П по комплексу признаков П является дым.

Литература

1. Leworthy L. R. Automatic fire detection // Workes Engineering and factory service – Part 1, 1970, B,65, 766, –P.20-21; Part 2, 1970, B,65, 767, P.35-39; Part 3, 1970, B,65, 768, P.34-36.
2. Ильинская Л.А. Элементы противопожарной автоматики. – М.: Энергия, 1969. – 72 с.
3. Герловин Ю.Н., Иванов Е.Н., Климов Г.В. и др. Автоматические средства обнаружения и тушения пожаров. – М.: Стройизд., 1975. – С. 42–84.
4. Бубырь Н.Ф. Пожарная автоматика. – М.: Редакционно-издательский отдел, 1977. – С. 30–65.
5. Шаровар Ф.И. Устройства и системы пожарной сигнализации. – М.: Стройизд., 1979. – С. 22 – 170.
6. Шаровар Ф.И. Принципы построения устройств и систем автоматической пожарной сигнализации. – М.: Стройизд., 1983. – С. 47 – 194.
7. Членов А.Н. и др. Новые методы и технические средства обнаружения пожара: Монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 175 с.

8. Федоров А.В., Членов А.Н., Лукьянченко А.А., Буцынская Т.А., Денехин В.Ф. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара: Монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 160 с.
9. Zhuiykov S. Novel sensor-actuator device for early detection of fire // Sens. and Actuators. A. – 2008–T. 141–№1. – С. 89–96.
10. Technical article // IEN: Ind. Eng. News - Eur. – 2010, T. 36, N12. – С.16.
11. Bomse D.S., Hovde D.Sh., Chen Shin-Juh, Silver J.A. // Proc. SPIE. – 2002, T. 4817. – С. 73-81.
12. Wiseberg A. Keeping a close eye on fire // Fire – 2003. – T. 96. – №1182. – С. 34–35.
13. Caught on camera // Fire Prev. and Fire Eng. J. – 2004, Aug. – С. 36–37.
14. Johnson P.F. Fire Detection in Computer Facilities: 25 Years On // Fire Technol. – 2010. – T. 46. – №4. – С. 803–820.
15. Jones, M. Saving the tunnel customer // Tunnels and Tunnel. Int. – 2010, Oct. – С. 36–40.
16. Engelhaupt D., Reardon P., Blackwell L., Warden L., Ramsey B. Autonomous long-range open area fire detection and reporting // Proc. SPIE. – 2005. – T. 5782. – С. 164–175.
17. Sadok M., Zakrzewski R., Zelif B. Video-based cargo fire verification system with fuzzy inference engine for commercial aircraft // Proc. SPIE. – 2005. – T. 5679. – С. 99–107.
18. Cowlard A., Jahn W., Abecassis-Empis C., Rein G., Torero José L. Sensor Assisted Fire Fighting // Fire Technol. – 2010. – T. 46. – №3. – С. 719–741.
19. Zhang R., Du Ji. Fuzzy clustering algorithm of early fire based on process characteristic // Key Eng. Mater. – 2010. – № 437. – С. 339–343.
20. Diamond U.V. Sensor used in fire detection system // Ind. Diamond Rev. – 2006. – №2. – С. 8.
21. Jones C. Intelligent design // Fire Risk Manag. – 2010, Aug.-Sept. – С. 24–28.
22. Kang M., Tung Truong X., Kim J.-M. Efficient video-equipped fire detection approach for automatic fire alarm systems // Opt. Eng. – 2013. – T. 52. – №1. – С. 17002.
23. Scorfield S. Advanced views // Fire Prev. and Fire Eng. J. – 2004, Aug. – С. 28-31.
24. Luo R.C., Su Kuo L. Autonomous fire-detection system using adaptive sensory fusion for intelligent security robot // IEEE/ASME Trans. Mechatron. – 2007. – T. 12. – №3. – С. 274–281.
25. Fireproof measure in electric systems // IEEE Trans. Power. Deliv. – 2008. – T. 23. – №2. – С. 625.
26. Wang Sh.-J., Jeng D.-L., Tsai M.-T. Early fire detection method in video for vessels // J. Syst. and Software. – 2009. – T. 82. – №4. – С. 656–667.
27. Cheng C., Sun F., Zhou X. One fire detection method using neural networks // Tsinghua Sci. and Technol. – 2011. – T. 16. – №1. – С. 31–35.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЖИГАНИЯ ЛЕСА ПРИ РАЗРЫВЕ НА ТРУБОПРОВОДЕ

А.В. Румянцев

Научный руководитель: Перминов В.А., д. ф.-м. наук, проф. кафедры ЭБЖ

Томский политехнический университет,

634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)60-64-85

E-mail: aleksandr.rumyancev89@yandex.ru

Аннотация. Представляет интерес определение размеров возможных зон зажигания при аварийных ситуациях на трубопроводах, расположенных вблизи лесных массивов, которые сопровождаются возникновением огненных шаров. Гидродинамические процессы турбулентного переноса описываются с помощью уравнений Рейнольдса. Используется локально-равновесная модель турбулентности. Дискретный аналог получен с помощью метода контрольного объема. На основе результатов численного решения определяются значения максимальных размеров зон зажигания растительного покрова в результате аварийных выбросов горючих веществ.

Abstract. It is of interest to determine the size of the possible areas of ignition in an emergency pipeline located near the forest, accompanied by the emergence of fireballs. Hydrodynamic turbulent transport processes are described by the Reynolds equations. It uses locally-equilibrium model of turbulence. A discrete analogue obtained by control volume method. Based on the results of the numerical solution are determined by the values of the maximum dimensions of zones of vegetation ignition due to accidental releases of flammable substances.