

Работа выполнена с использованием оборудования Сетевого центра коллективного пользования ТПУ за счет средств субсидии в рамках реализации Программы повышения конкурентоспособности ТПУ ВИУ-ИНК-66-2014.

Список использованных источников

1. Воробьев В.А., Андрианов Р.А., Ушаков В.А. Горючесть полимерных строительных материалов – М.: Стройиздат–1978 – 224 с.
2. Баратов А.Н., Андрианов Р.А., Корольченко А.Я. и др. Пожарная опасность строительных материалов – М.: Стройиздат–1988 – 380 с.
3. Исаева Л.К. Пожары и окружающая среда – Москва: Изд. Дом «Калан»– 2001 – 222 с.
4. Леонова Д.И. Сравнительный анализ токсичности основных групп антипиренов // Актуальные проблемы транспортной медицины – 2008 – № 3 (13) – С. 117–128
5. Кодолов В.И. Замедлители горения полимерных материалов – М.: Химия–1980 – 274 с.
6. Ю-Винг Май, Жонг-Жен Ю. Полимерные наноккомпозиты – М.: Техносфера–2011 – 688 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ИНДУКЦИИ САМОВОЗГОРАНИЯ ВЕЩЕСТВА ПО ПРОГНОЗНО-ЭКСТРАПОЛЯЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ НА ОСНОВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ

Сечин А.И., Кырмакова О.С., Осипенко С.И.
Томский политехнический университет

Явление самовозгорания веществ и материалов можно определить как самопроизвольное возникновение горения вещества в отсутствие источника зажигания. Оно вызывает интерес ученых с конца 19-го века, и по сей день. Наибольшее внимание в настоящее время уделяется вопросам вычисления времени индукции процесса самовозгорания, что имеет практический интерес: предотвращение возникновения аварий на производстве. Наиболее подвергнуты влиянию данного процесса угледобывающая и углеперерабатывающая отрасли, а так же нефтяная и нефтеперерабатывающая. Их объединяет одно свойство перерабатываемых материалов: самовозгорание при определенных условиях [1, 2]. Как показывает анализ самовозгораний угольных объемов и отложений, процесс этот многофакторный, и один из основных факторов – время индукции процесса самовозгорания. Анализ же причин аварий, произошедших в резервуарных парках для хранения нефти и нефтепродуктов [1–3], позволил выявить, что порядка 40 % аварий происходят во время проведения зачистки и ремонта резервуаров, одной из причин которых является самовоспламенение нефтяных отложений, что и обуславливает актуальность рассматриваемого вопроса и необходимость более внимательного изучения. Наблюдения некоторых материалов, с позиций времени старения, показал, что их химическая активность не снижается, и они остаются в той же степени потенциальной опасности, что и были [4, 5].

Известно, что показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов определяются с целью получения исходных данных для разработки систем по обеспечению пожарной безопасности и взрывобезопасности [1, 2, 6]. Но разработчики нередко сталкиваются с ситуацией, когда недостаток физико-химических данных о веществе не позволяет провести расчетными методами комплексного анализа пожаровзрывоопасности того или иного вещества, обрабатываемого в технологическом процессе.

Известные подходы к определению условий теплового самовозгорания веществ и материалов, предлагаемые рядом ведущих научных центров России также не весьма успешны.

Основываясь на термодинамических процессах, которые происходят в веществе при его нагревании, было сделано предположение, что время индукции этих процессов может описываться некоторой одной зависимостью – скоростью накопления тепла в системе. Временные характеристики, которыми руководствуются исследователи пожаровзрывоопасных показателей веществ и материалов, были проанализированы с позиций термодинамики. Результат анализа показал, что можно руководствоваться такими показателями как группа горючести, температура самовоспламенения, температура тления, температура вспышки и температура начала термической деструкции или возгонки вещества.

Задача, которая решалась в данной работе, состояла в определении по известным температурным показателям пожаровзрывоопасности методического подхода в определении времени индукции процесса самовозгорания веществ и материалов, характеризующего начало развития некоторого аварийного процесса.

В основу алгоритма исследования был положен процесс самовозгорания угля и нефтяных отложений. У этих веществ присутствует разный набор показателей пожаровзрывоопасности (Табл. 1. [6]).

Таблица 1. Перечень показателей пожаровзрывоопасности представленных к анализу

Наименование вещества	Показатель пожаровзрывоопасности вещества				
	Группа горючести	Температура самовоспламенения	Температура тления	Температура вспышки	Температура начала термической деструкции или возгонки
Уголь марки СС Кузбасского бассейна	+	+	+	–	+
Нефтяные отложения	+	+	+	+	+

Из таблицы 1 видно, что для угля марки СС нет возможности использования показателя – Температура вспышки.

Схема прибора, на котором проводились эксперименты с образцами угля марки СС Кузбасского бассейна, по определению температуры самовозгорания представлена на рис. 1.

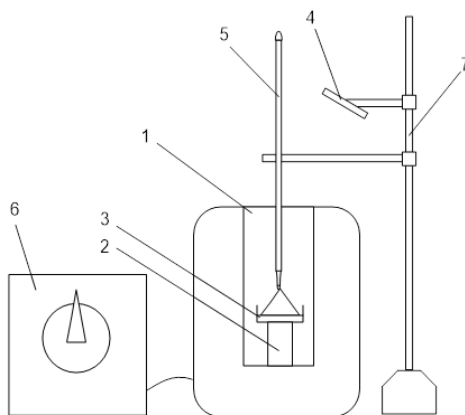


Рис. 1. Схема прибора для определения параметров самовозгорания веществ и материалов: 1 – электрическая печь ($V=1000\text{мл}$); 2 – кварцевая подставка; 3 – фарфоровая подставка для вещества; 4 – смотровое зеркало; 5 – ртутный термометр; 6 – лабораторный автотрансформатор; 7 – штатив

Исследования проводились согласно «Методу экспериментального определения температуры самовозгорания твердых веществ и материалов», представленному в ГОСТ 12.1.044-89.

Полученные результаты проведенных исследований представлены в таблице 2.

Проведя анализ определения пожаровзрывоопасных характеристик для рассматриваемого горючего твердого вещества – угля Кузбасского бассейна марки СС, по известным в литературе характеристикам, а так же по результатам проведенных исследований (таблица 2), была построена кривая, выражающая аналитико-прогнозную зависимость величины температуры зажигания от времени индукции (рис. 2).

Таблица 2. Скорость роста температуры образца при проведении эксперимента

Температура показателя, °С	Время индукции, с	Скорость роста температуры, °С/с
Группа горючести 900	35	26
Самовоспламенение 535	60	9
Температура тления 350	1200	0,3
Температура тления 224	7920	0,03

Для обработки полученных результатов был применен метод прогнозной экстраполяции – операция экстраполяции тренда с использованием программы Microsoft Excel.

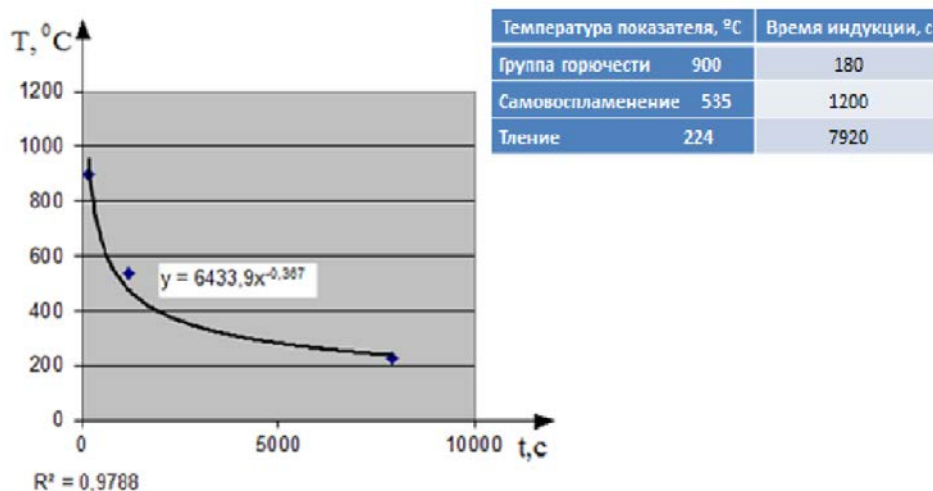


Рис. 2. Прогнозно-экстраполяционная зависимость величины температуры зажигания от скорости роста температуры в данный момент времени T/c , по характеристикам пожаровзрывоопасности угля марки СС.

Величина достоверности аппроксимации (R^2) по имеющимся исходным температурным показателям составляет 0.9788, что считается допустимым.

Функция, описывающая полученную прогнозно-экстраполяционную кривую имеет вид степенной зависимости:

$$y = k \cdot x^n, \quad (1)$$

где k , n – константы, определяемые по прогнозно-экстраполяционной зависимости, на основе экспериментальных данных.

Для угля Кузбасского бассейна марки СС были определены следующие константы:

$$k=6433,9, n=-0,3674.$$

Таким образом, выражение 1 является прогнозно-экстраполяционной зависимостью, построенной по экспериментальным данным и позволяющей определить время индукции до появления горения при определенной температуре. Запишем выражение 1 в удобной для производственников форме

$$T = 6433,9 \cdot \tau^{0,3674} \quad (2)$$

где T – температура вещества при имеющейся скорости нагрева, °C; τ – скоростной показатель времени индукции, с.

Данное выражение 2 может представлять большое практическое значение для отраслей угледобычи, потребления и переработки.

Полученный алгоритм исследования был применен для изучения процесса самовозгорания нефтяного осадка взятого из нефтяного сепаратора. Возможность данного шага обосновывается тем, что механизм прохождения по кривой самовоспламенения для угля и осадка нефти идентичен, в силу того, что данные вещества в процессе своего преобразования проходят аналогичные друг другу физико-химические фазы.

Таким образом, для исследуемого нефтяного осадка, в состав которого входят, в том числе оксиды металлов, был проведен комплекс исследований по представленной ранее схеме и построение прогнозно – экстраполяционной кривой по характеристикам пожаровзрывоопасности (таблица 3) [6].

Таблица 3. Характеристики пожаровзрывоопасности отложений нефти

Температура показателя, °C	Время индукции, с	Скорость роста температуры, °C/c
Группа горючести 900	52	31,7
Самовоспламенение 550	63	9
Вспышка 150	4500	0,03
Температура тления 100	10800	0,01

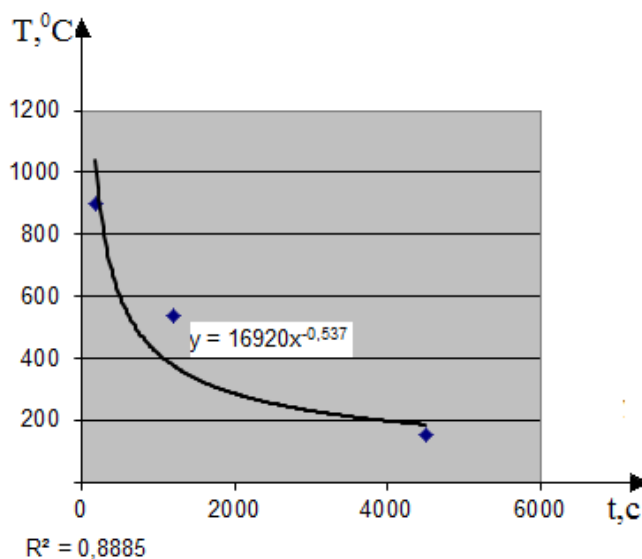


Рис. 3. Прогнозно-экстраполяционная кривая по характеристикам пожаровзрывоопасности отложений нефти

Полученная прогнозно-экстраполяционная кривая имеет степенную зависимость:

$$y = 16920 \cdot x^{-0,537}$$

Располагая алгоритмом расчета времени индукции для таких веществ, как битум нефтяной окисленный (горючее твердое вещество, получаемое окислением остаточного продукта нефтеперегонки) и гудрон нефтяной (горючее твердое вещество, являющееся остаточным продуктом нефтеперегонки), провели проверку достоверности полученной зависимости и методики определения времени индукции самовоспламенения отложений нефти в целом [3, 4].

Для битума нефтяного окисленного формула для расчета условий самовозгорания:

$$\lg t = 2,2912 - 0,122 \cdot \lg \tau \quad [6],$$

где t – температура равная 204°С; τ – время индукции вещества.

Вычислено значение второго параметра:

$$\lg \tau = (\lg t - 2,2912) / (-0,122) = -0,151$$
$$\tau = 10^{-0,151} = 2542 \text{ с.}$$

Для гудрона нефтяного:

$$\lg t = 2,3106 - 0,122 \cdot \lg \tau [6],$$

где t – температура равная 204°C ; τ – время индукции вещества.

Рассчитано значение времени индукции:

$$\lg \tau = (\lg t - 2,3106) / (-0,122) = -0,0079$$
$$\tau = 10^{0,0079} = 3665 \text{ с.}$$

Затем поставили использованный температурный показатель в полученную нами степенную зависимость прогнозно-экстраполяционной кривой характеристик пожаровзрывоопасности нефти.

$$y = 16920 \cdot x^{-0,537},$$

где y – температурный показатель, x – время индукции.

Соответственно, время индукции составило 3742 с. Ориентируясь на $R^2 = 0,8885$ – величину достоверности аппроксимации, было получено, что

$$x = \tau \cdot R^2 = 3325 \text{ с.}$$

Сравнение полученных результатов с расчетными данными для битума и гудрона, показало, что временные показатели индукции образуют диапазон $2542 < \tau(\text{с}) < 3665$.

Очевидно, что полученная по разработанной методике величина $\tau = 3325 \text{ с.}$, с учетом поправки, является допустимой.

Таким образом, получены достоверные и применимые в практике нефтяной и нефтеперерабатывающей отраслей степенная зависимость времени индукции от температурного показателя: $y = 16920x^{-0,537}$ и методика ее получения.

Практическая же значимость полученных результатов заключается в возможности понимания, представления и прогноза вероятных аварийных ситуаций и принятия соответствующих мер, направленных на предотвращение их возникновения, что устраняет или существенно снижает ущерб, наносимый чрезвычайной ситуацией, выражающийся, как в нарушении технологического процесса на предприятии, финансовых затратах, так и в гибели людей и во вредном влиянии на экологию территории.

Таким образом, в результате проведенного исследования:

Предложен, по известным температурным показателям пожаровзрывоопасности, методический подход в определении времени индукции процесса самовозгорания веществ и материалов, характеризующий начало развития некоторого аварийного процесса.

Получен алгоритм определения времени индукции появления взрывоопасных концентраций внутри технологического оборудования, результат представлен в виде степенной функции $y = 16920x^{-0,537}$, и позволяющий прогнозировать развитие определенных событий, процессов, происходящих при ведении работ в нефтяной и нефтеперерабатывающей отраслях, что дает основания для принятия каких-либо предупредительных мероприятий.

Список использованных источников

1. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ (ред. от 25.06.2012 г.)
2. «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 г. №69-ФЗ (ред. от 30.12.2012 г.)
3. Сучков В.П., Безродный И.Ф., Вязниковцев А.В. Пожары резервуаров с нефтью и нефтепродуктами – М.: ЦНИИТЭнефтехим – 1992 – 100 с.
4. Nazarenko O.B., Amelkovich Y.A., Sechin A.I. Characterization of aluminum nanopowders after long-term storage // Applied Surface Science – 2014 – V. 321 – P. 475–480

5. Nazarenko O.B., Sechin A.I., Amelkovich Yu.A., Pyin A.P. Perspectives of using nanopowders as flame retardant additives.// *Advance Materials Research*–2013–V. 872 –P. 123–127
6. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочное издание– М.: Химия – 1990 – кн. 1 – 496 с, кн. 2 – 384 с.

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СЕРДЕЧНО-ЛЕГОЧНОЙ РЕАНИМАЦИИ ПАЦИЕНТА

Буреев А.Ш., Киселева Е. Ю., Куцов М. С., Жданов Д.С.

Научный руководитель: Жданов Дмитрий Сергеевич

Томский государственный университет.

Статистика свидетельствует, что до 90% пациентов, пришедших в состоянии клинической смерти, могли бы остаться в живых, если бы адекватная помощь им была оказана в течение первых 5 минут с момента остановки сердца. К сожалению, даже в больших медицинских учреждениях врачи зачастую не могут осуществить процедуру сердечно-легочной реанимации (далее – СЛР) согласно рекомендациям.

По данным Общероссийской общественной организации "Российский Красный Крест", процент граждан, прошедших специальные курсы по оказанию доврачебной (первой) помощи, ничтожно мал. Для примера – в течение 2013 года на территории Томской области правилам оказания первой помощи обучено всего 392 человека (при населении 1070128 человек). В этой ситуации чрезвычайно актуальным становится создание устройства, способного рекомендовать реанимирующему порядок действий и автоматически оценивать адекватность проводимых реанимационных мероприятий, контролируя и координируя ход проведения СЛР.

Контроль успешности реанимационных мероприятий можно осуществлять путем анализа акустических шумов кровотока, регистрируемых в местах бифуркаций сонных артерий и шумов тока воздуха в трахее реанимируемого.

Сила шумов, возникающих в местах бифуркаций сонных артерий, пропорциональна объему кровотока, проходящего через эти бифуркации, аналогично этому, существует пропорциональная связь между объемом проходящего воздуха и выраженностью шумов дыхания.

Можно экспериментально установить функциональную связь между динамикой кровотока в сонных артериях и шумами кровотока в бифуркациях, а также между интенсивностью тока воздуха в верхних дыхательных путях и шумами дыхания в гортани. Данная функциональная связь обладает следующими свойствами:

- неотрицательность и ступенчатый характер;
- прямая пропорциональная зависимость;
- нормируемость.

Ступенчатый характер функциональной связи обусловлен четкой границей между присутствием и отсутствием шумов кровотока и дыхания.

Пропорциональная зависимость обусловлена следующим фактом: чем сильнее кровотоки или интенсивнее дыхание, тем громче шумы.

Свойство нормируемости заключается в том, что за время проведения мероприятий СЛР измеренные шумы кровотока и дыхания будут обладать вполне определенными значениями, и, таким образом, шкала громкости шумов и калибровка будут определяться исходя из текущего набора измеренных значений и чувствительности приборов при каждом измерении.

Один цикл реанимации человека можно представить в виде временной последовательности СЛР (рис. 1):