

АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ
МЧС РОССИИ

«ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ-2019»

МАТЕРИАЛЫ

VIII-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

9-10 апреля 2019, Москва

STATE FIRE ACADEMY
OF EMERCOM OF RUSSIA

«PROBLEMS OF TECHNOSPHERE SAFETY – 2019»

PROCEEDINGS

of the VIII INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL
CONFERENCE OF YOUNG SCIENTISTS AND SPECIALISTS

9-10 April 2019, Moscow

УДК 614.8 (043)
ББК 68.9
М 34

Материалы VIII-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности -2019». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. – 234 с.

ISBN 978-5-9229-0175-8

Материалы VIII-й международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2019» адресованы молодым ученым и специалистам из вузов, научных институтов, государственных учреждений и промышленности.

Целью конференции является создание площадки для формирования творческих связей и обмена опытом между молодыми учеными и специалистами, обсуждение вопросов развития научных исследований и внедрения инновационных разработок в области техносферной безопасности.

Издано в авторской редакции

ISBN 978-5-9229-0175-8

УДК 614.8 (043)
ББК 68.9

© Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2019

4. М.А. Тюганова. Получение огнезащитных целлюлозных материалов/М.А. Тюганова, М.А. Копьев, С.А. Кочаров // Хим. Волокна – 1981. – Т.26. - №4 – с.65 – 67.16
Заявка 95122480 РФ, МКИ 6 О01Р2/02

5. Воробьев В.А. Строительные материалы / В.А. Воробьев, А.Г. Комар.: Учебник для ВУЗов. Изд – во 2 – е, переработ. и дополн. М.: Строиздат., 1976, 475 с.11.

РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА ПАРОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

*Хвостанцева Ксения Николаевна (khvostanceva94@mail.ru),
Райкова Влада Мирославовна (raikova@muctr.ru),
Акинин Николай Иванович (akinin@muctr.ru)*

Проведен расчет параметров горения и взрыва паровоздушных смесей для 46 легковоспламеняющихся и горючих жидкостей: спирты, гликоли, амины, диамины и аминспирты. Получены расчетные уравнения зависимости энтальпии сгорания от числа атомов углерода в веществе для каждого класса жидкостей. Показано, что на теплоту сгорания и давление взрыва паровоздушных смесей влияет строение горючего. Смесей стехиометрического состава имеют высокие значения давления взрыва 960-1000 кПа.

Ключевые слова: спирты, гликоли, амины, диамины, аминспирты, теплота сгорания, давление взрыва.

SETTLEMENT ASSESSMENT OF PARAMETERS OF BURNING AND EXPLOSION OF VAPOR-AIR MIXTURES

*Khvostantseva Kseniya Nikolayevna (khvostanceva94@mail.ru),
Raykova Vlada Miroslavovna (raikova@muctr.ru),
Akinin Nikolay Ivanovich (akinin@muctr.ru)*

Calculation of parameters of burning and explosion of vapor-air mixtures for 46 flammable and combustible liquids: alcohols, glycols, amines, diamines and aminoalcohols. The settlement equations of dependence of an enthalpy of combustion on number of atoms of carbon in substance for each class of liquids are received. It is shown that heat of combustion and pressure of explosion of vapor-air mixtures are affected by the structure of fuel. Mixtures of stoichiometric structure have high values of pressure of explosion of 960-1000 kPa.

Keywords: alcohols, glycols, amines, diamines, aminoalcohols, heat of combustion, explosion pressure.

В технологических процессах химической, нефтехимической, коксохимической и других отраслей промышленности в больших количествах используются легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) и горючие (ГЖ) жидкости. Всегда существует риск образования взрывоопасных паровоздушных систем. Взрывы смесей горючих паров с воздухом в технологическом оборудовании и производственных помещениях представляют большую опасность и приводят к значительным разрушениям.

Основными параметрами, используемыми для оценки разрушительных последствий взрывов паровоздушных смесей, являются теплота сгорания и максимальное давление взрыва. Число веществ, для которых эти параметры определены и представлены в справочной литературе, ограничено. Поэтому для прогнозирования этих характеристик часто используют расчетные методы [1].

Основной задачей настоящей работы был расчет параметров горения и взрыва паровоздушных смесей 46 органических жидкостей различных классов: алифатические спирты (C_2-C_7), гликоли (C_2-C_6), алифатические амины (C_2-C_7), диамины (C_2-C_7) и аминокспирты (C_2-C_7). Спирты, амины и диамины относятся к легковоспламеняющимся жидкостям, а гликоли и аминокспирты – к горючим жидкостям.

Для выполнения таких расчетов необходимо знать энтальпию образования горючего вещества (ΔH_f^0). Для некоторых веществ (спирты, амины) значения ΔH_f^0 приведены в справочнике [2], но не для всех исследуемых жидкостей (гликоли, диамины, аминокспирты). Расчет стандартной энтальпии образования веществ в газообразном состоянии проводился с помощью метода аддитивных вкладов связей [2]:

$$\Delta H_{fr}^0 = \sum \Delta(\Delta H_f^0)_i * n_i \quad (1)$$

где n_i – число связей i -го типа в молекуле соединения;

$\Delta(\Delta H_f^0)_i$ – аддитивный вклад i -го типа.

Энтальпию образования веществ в жидком состоянии рассчитывали с учетом энтальпии испарения:

$$\Delta H_{fж}^0 = \Delta H_{fr}^0 - \Delta H_{исп} \quad (2)$$

Энтальпию испарения в точке кипения определяли по правилу Трутона:

$$\Delta H_{исп} = K_{тро} T_{кип}$$

где $K_{тро}$ – константа Трутона;

$T_{кип}$ – температура кипения жидкости.

Принимали $K_{\text{тро}} = 126,2$ Дж/К для спиртов и гликолей, $K_{\text{тро}} = 89,12$ Дж/К для аминов и диаминов и $K_{\text{тро}} = 111,4$ Дж/К для аминоспиртов.

Результаты расчета энтальпии образования исследуемых веществ, представлены в работах [3, 4].

С использованием расчетных и справочных значений энтальпии образования веществ был проведен расчет «низшей» (вода – газ) энтальпии сгорания по закону Гесса:

$$\Delta H_{\text{сг}}^{\circ} = \sum \Delta H_{\text{ф}}^{\circ} \cdot \nu_i - \Delta H_{\text{ф}}^{\circ} \quad (4)$$

где $\Delta H_{\text{ф}}^{\circ}$ – энтальпии образования продуктов реакции горения;

ν_i – стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции горения;

$\Delta H_{\text{ф}}^{\circ}$ – энтальпия образования исходного вещества.

Были построены зависимости энтальпии сгорания ($\Delta H_{\text{сг}}^{\circ}$) от числа атомов углерода (n_c) в молекуле жидкости. Зависимости $\Delta H_{\text{сг}}^{\circ}$ от n_c достаточно точно описываются линейными функциями:

$$\Delta H_{\text{сг}}^{\circ} = A \cdot n_c + B \quad (5)$$

Значения коэффициентов А и В для различных классов веществ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты А и В в уравнении (5) для расчета энтальпии сгорания (кДж/моль) веществ различных классов

Класс веществ	Число атомов углерода, n_c	А	В
спирты	C_2-C_7	-613,0	8,6
гликоли	C_2-C_6	-618,4	187,5
моноамины	C_2-C_7	-613,4	-329,2
диамины	C_2-C_7	-614,3	-491,4
аминоспирты	C_2-C_7	-613,8	-153,6

Для прогнозирования потенциальной взрывоопасности технологических процессов и определения масштабов последствий аварийных взрывов паровоздушных смесей используют теплоту сгорания ($Q_{\text{сг}}$, кДж/кг) [5]:

$$Q_{\text{сг}} = \frac{-\Delta H_{\text{сг}}^{\circ}}{M} \quad (6)$$

где М – молярная масса вещества, кг.

На рис. 1 представлена зависимость теплоты сгорания от числа атомов углерода (n_c) в молекуле жидкости. С увеличением длины углеродной цепи $Q_{\text{сг}}$ возрастает. Самую высокую теплоту сгорания имеют амины, а самую низкую – гликоли. Интересно отметить, что значения теплоты сгорания спиртов и диаминов близки друг к другу.

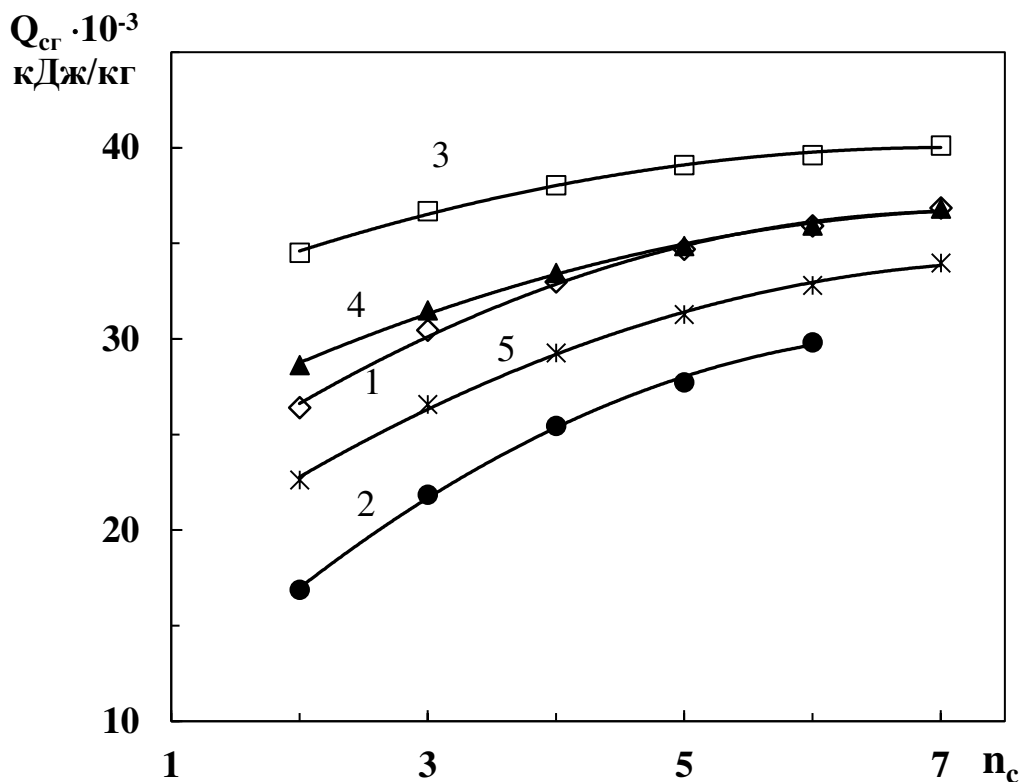


Рис. 1. Зависимость теплоты сгорания спиртов (1), гликолей (2), аминов (3), диаминов (4) и аминокспиртов (5) от числа атомов углерода в молекуле жидкости

Важнейшими характеристиками горения и взрыва парогазовых смесей являются адиабатическая температура горения и давление взрыва. Максимальное давление взрыва (P_{max}) это наибольшее давление, возникающее при дефлаграционном сгорании газо- и паровоздушной смеси в замкнутом объеме. Значение максимального давления взрыва применяют при определении категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности и при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов [5, 6].

Для исследуемых веществ в справочнике [2] данные по максимальному давлению взрыву практически отсутствуют. В этом случае можно использовать расчетные значения давления взрыва (P_v) для смесей стехиометрического состава [1].

Был проведен расчет параметров горения в замкнутом объеме ($v=const$) паровоздушных смесей стехиометрического состава с помощью компьютерной термодинамической программы Real [7]. Результаты расчета температуры горения (T_v) и давления взрыва представлены в табл. 2.

Таблица 2

Средние значения температур горения (T_v) и давления взрыва (P_v) для смесей ЛВЖ и ГЖ с воздухом стехиометрического состава

Класс веществ	Число веществ	$T_v \pm \Delta T$, К	$P_v \pm \Delta P$, кПа
спирты	6	2622 ± 22	968 ± 10
гликоли	13	2595 ± 23	979 ± 5
моноамины	9	2661 ± 9	983 ± 3
диамины	6	2679 ± 2	1007 ± 5
аминоспирты	6	2640 ± 48	996 ± 16

Из таблицы видно, что величина T_v смесей стехиометрического состава практически не зависит от строения горючего и примерно одинакова для всех исследуемых веществ: 2600-2680 К.

На величину P_v влияет строение и состав горючего. Самое высокое давление взрыва имеют смеси на основе диаминов (1007 кПа), а самое низкое значение P_v получено для смесей на основе спиртов (968 кПа).

Результаты, полученные в настоящей работе, расширяют представление о связи термохимических характеристик и параметров горения и взрыва с химическим строением горючих и легковоспламеняющихся жидкостей. Установленные закономерности и расчетные параметры рекомендуется учитывать при разработке мероприятий, направленных на предотвращение образования взрывоопасной среды внутри производственных помещений и оборудования, в которых обращаются ЛВЖ и ГЖ.

Литература

1. Акинин Н.И., Бабайцев И.В. Техносферная безопасность. Основы прогнозирования взрывоопасности парогазовых смесей. Учебное пособие. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2016. 248 с.
2. Корольченко А.Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Асс. “Пожнаука”, 2004. Ч. 1 – 713 с.; Ч. 2 – 774 с.
3. Акинин Н.И., Райкова В.М., Хвостанцева К.Н. Влияние строения аминов на параметры горения и взрыва паровоздушных смесей // Кокс и Химия, 2016. № 12. С. 47-51.
4. Н.И. Акинин, В. М. Райкова, К.Н. Хвостанцева. Характеристики пожарной опасности и параметры горения паровоздушных смесей на основе гликолей. // Кокс и Химия, 2018. № 1. С. 38-42.
5. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. –М., Химия, 1991. – с.432.
6. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. М.: Москва, 2009.

7. Belov G.V. / Thermodynamic Analysis of Combustion Products at High Temperature and Pressure // Propellants, Explosives, Pyrotechnics. 1998, V.23. P. 86-89.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЖАРНЫХ АВТОЦИСТЕРН С ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКОЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

*Гусев Иван Александрович (ivan.gusev.92@inbox.ru),
Ольховский Иван Александрович (250615m@mail.ru),
Ирхин Евгений Сергеевич (250615m@mail.ru),
Марченко Денис Викторович (250615m@mail.ru)*

В статье рассматривается возможность применения пожарных автоцистерн с гидроабразивной резкой при тушении пожаров на электрооборудовании под напряжением. Освещены проведенные экспериментальные исследования и разработанные на их основе тактические приемы.

Ключевые слова: тушение электроустановок, гидроабразивная резка и тушение, пожарные автоцистерны с гидроабразивной резкой.

THE USE OF FIRE TANKERS WITH ABRASIVE WATER JET CUTTING FOR FIRE EXTINGUISHING ELECTRICAL EQUIPMENT UNDER VOLTAGE

*Gusev Ivan Aleksandrovich (ivan.gusev.92@inbox.ru),
Olkhovsky Ivan Aleksandrovich (250615m@mail.ru),
Irkhin Yevgeny Sergeyevich (250615m@mail.ru),
Marchenko Denis Viktorovich (250615m@mail.ru)*

In article the possibility of application of fire tanker trucks with hydroabrasive cutting at fire fighting on electric equipment energized is considered. The conducted pilot studies and policy strokes developed on their basis are covered.

Keywords: suppression of electroinstallations, hydroabrasive cutting and suppression, fire tanker trucks with hydroabrasive cutting.

Тушение пожаров электрооборудования под напряжением всегда сопровождалось определенными сложностями, поскольку возникающие пожары таили в себе угрозу поражения участников тушения электрическим