

З.В. Болдышева, М.И. Саутиев, С.А. Макаров, Б.Ж. Битиев
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: gpslab@yandex.ru)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ СПИРТА В ТОПЛИВЕ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПОДАЧИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ПЕНЫ

На основе результатов экспериментальных исследований сделана попытка установить влияние концентрации спирта в топливе на требуемую интенсивность подачи противопожарной пены.

Ключевые слова: пенное пожаротушение, спиртосодержащие горючие жидкости, нормативная интенсивность.

Z.V. Boldysheva, M.I. Sautiev, S.A. Makarov, B.G. Bituev **ASSESSMENT OF INFLUENCE OF THE CONCENTRATION OF ALCOHOL IN FUEL ON FLOW RATE OF THE FIRE FIGHTING FOAM**

Based on results of experimental researches, an attempt to establish of influence of the concentration of alcohol in fuel on flow rate of the fire fighting foam.

Key words: foam extinguishing, alcohol-containing combustible liquids, normative intensity.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 20 ноября 2014 г.

Число пожаров горючих жидкостей составляет менее 15 % от пожаров на объектах нефтехимии. Однако это самые сложные пожары, представляющие серьезную опасность для людей и предприятий. Наиболее эффективным средством тушения пожаров горючих жидкостей является воздушно-механическая пена, приготовленная на основе пленкообразующих пенообразователей. Возникает вопрос применения таких пенообразователей для тушения углеводородно-спиртовых горючих жидкостей с различным содержанием спиртового компонента [1].

Ужесточены также экологические требования к современным пенообразователям: пенообразователи не должны оказывать опасное для человека и окружающей среды воздействие, превышающее принятые допустимые значения. Использование пенообразователей на основе стойких органических биоаккумулирующихся соединений ограничивается Федеральным законом № 164-ФЗ от 17 июня 2011 г. [2]. В соответствии с Федеральным законом № 123-ФЗ от 4 июля 2008 г., огнетушащие вещества должны обеспечивать тушение пожара поверхностным или объёмным способом с характеристиками подачи в соответствии с тактикой тушения пожара [3].

Тема тушения спиртосодержащих горючих жидкостей современными пленкообразующими пенообразователями становится еще более актуальной в связи с постепенным переводом топлив в России на евростандарт. Сейчас ведется активная работа по гармонизации отечественных стандартов с международными. В 2008 г. принят технический регламент, предполагающий ограничение применения ряда антидетонационных присадок, отрицательно влияющих на окружающую среду, и более широкое применение спиртов в составе топлив [4].

Автомобильные бензины поделены на 5 классов, которые должны заменить обычные этилированные бензины, выпускаемые до введения в действие технического регламента. Допустимое содержание массовой доли серы в бензине класса 2 не должно превышать 500 мг/кг, в бензине класса 5 содержание серы не может быть выше 10 мг/кг. Таким образом, количественное содержание серы уменьшено в 50 раз.

Октановое число бензина класса 2 – не ниже 92, для бензинов классов 3, 4 и 5 – не ниже 95. Особый исследовательский интерес представляет содержание агрессивных растворителей – спиртов (этанол, изопропанол, третбутанол, изобутанол). Их процентное содержание в автомобильных бензинах приведено в табл. 1.

Таблица 1

Содержание спиртов в автомобильных бензинах, выпускаемых в соответствии с техническим регламентом "О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту"

Объемная доля оксигенатов, %	Нормы в отношении классов бензинов			
	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5
Метанол	-	отсутствует	отсутствует	отсутствует
Этанол	-	5	5	5
Изопропанол	-	10	10	10
Третбутанол	-	7	7	7
Изобутанол	-	10	10	10
Эфиры, содержание 5 или более атомов углерода в молекуле	-	15	15	15
Другие оксигенаты (с температурой конца кипения не выше 210 °С)	-	10	10	10

Практическим работникам критически важно знать нормативную интенсивность подачи пены для гарантированного тушения пожара горючих жидкостей. Вопрос, на сколько требуется увеличить нормативную интенсивность подачи пены для тушения спиртосодержащих горючих жидкостей, по сравнению с углеводородными, остаётся открытым.

Целью проведённой авторами работы было установление степени влияния концентрации спирта на нормативную интенсивность подачи пены для тушения спиртосодержащего топлива.

Для достижения поставленной цели необходимо было **решить следующие научные задачи:**

1 – доработать методику определения времени тушения спиртосодержащего модельного топлива от интенсивности подачи пены;

2 – провести экспериментальные исследования по определению времени тушения углеводородно-спиртового модельного топлива от интенсивности подачи пены из пенообразователя типа AFFF;

3 – провести анализ результатов экспериментальных исследований;

4 – установить степень влияния концентрации спирта на требуемую интенсивность подачи пены при фиксированном времени тушения;

5 – предложить математические соотношения для расчёта нормативной интенсивности подачи пены для тушения пожаров спиртосодержащих топлив.

Для решения научной задачи "1" доработана известная стандартизованная методика, описанная в ГОСТе Р 53280.2 [5]. Расход предварительно приготовленной пены традиционно регулировался подачей воздуха в промежуточную ёмкость. По аналогичной схеме вычисляли интенсивность подачи пены. Интенсивность находится в зависимости от массы поданной пены на единицу поверхности горючего за единицу времени. Наибольшую сложность представляли эксперименты с интенсивностью более $0,06 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ с})$ и временем подачи пены более 60 с. Для завершения таких исследований 100 г рабочего раствора недостаточно. Поэтому использована промежуточная ёмкость объёмом 2 л. Пену получали на 4-х размельчителях тканей. Так как подача пены производилась из 400 г рабочего раствора, авторы получили возможность завершения эксперимента на высоких интенсивностях подачи пены.

Для решения научной задачи "2" проведены эксперименты по определению зависимости времени тушения от интенсивности подачи пены. Предварительно сделано 5 модельных топлив. Для приготовления топлив использована углеводородная горючая жидкость – гептан [6] и водорастворимая полярная горючая жидкость – изопропиловый спирт [7] в различных соотношениях. Содержание изопропилового спирта в топливе не превышало 20 %. Тушение топлив проводили пеной низкой кратности, полученной из рабочих растворов пенообразователя типа AFFF. Тип и технические характеристики по показателям качества используемого пенообразователя стандартизованы требованиями ГОСТ Р 50588-2012 [8].

Получены зависимости времени тушения от интенсивности подачи пены. Кривые имеют традиционный экспоненциальный вид с вертикальной асимптотой, соответствующей критической интенсивности подачи пены. По мере повышения интенсивности кривые становятся более пологими.

Для решения научных задач "3" и "4" построены зависимости, представленные на рис. 1.

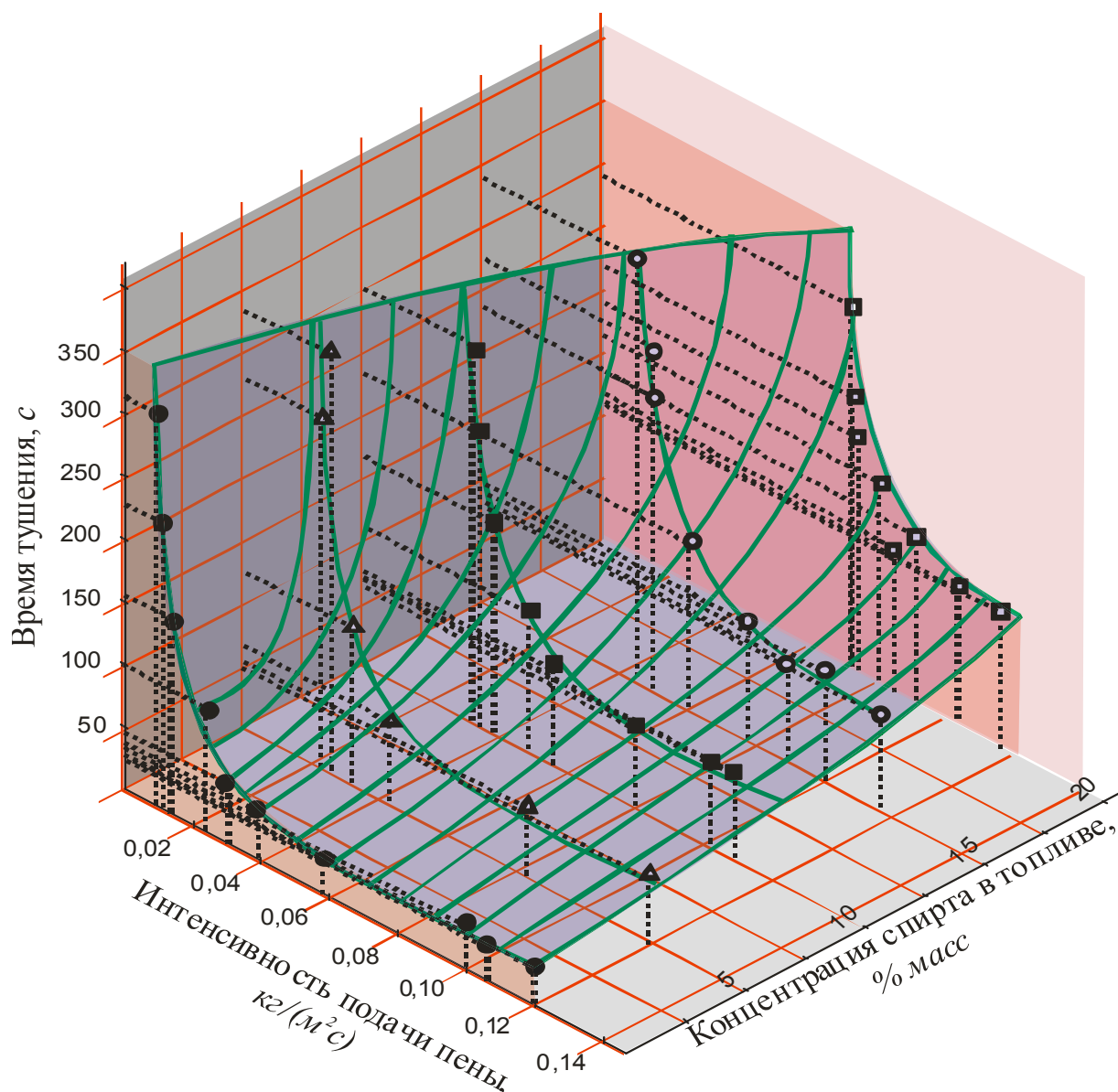


Рис. 1. Зависимости времени тушения от интенсивности подачи пены на поверхность топлива с различным содержанием спирта

Время тушения при различной интенсивности подачи пены показано в зависимости от содержания спирта в топливе. Предложенный инструмент позволяет посмотреть на полученные результаты с другой точки зрения. Получена возможность установить характер влияния концентрации спирта на время тушения при фиксированной интенсивности. Также при фиксированном времени тушения можно определить характер изменения требуемой интенсивности подачи пены от соотношения спиртовой и углеводородной частей

топлива. Из графика видно, что зависимости времени тушения от концентрации спирта имеют экспоненциальную направленность, аналогично зависимостям времени тушения от интенсивности подачи пены. При увеличении интенсивности подачи пены кривые также постепенно становятся более пологими.

Если требуется установить интенсивность подачи пены в зависимости от содержания спирта в топливе, то для этого нужно сделать проекции разрезов поверхности по оси времени тушения (рис. 2).

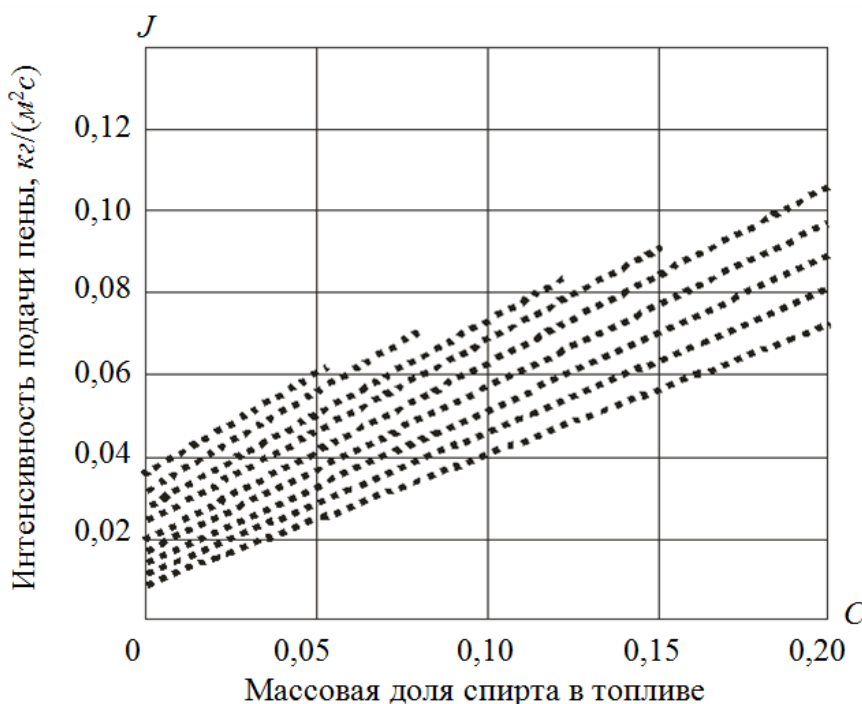


Рис. 2. График зависимостей требуемой интенсивности подачи пены от массовой доли спирта в топливе

Получены зависимости интенсивности подачи пены от массовой доли спирта в топливе. В исследуемом диапазоне концентраций спирта зависимости имеют линейный характер. График показывает характер степени влияния концентрации спирта в топливе на требуемую интенсивность подачи пены для тушения пламени горючей жидкости. Возьмем значение фиксированного времени тушения.

Если для тушения гептана в фиксированное время требуется интенсивность подачи пены $0,02 \text{ кг}/(\text{м}^2\text{с})$, то для тушения за такое же время смеси гептана и 5 %-го изопропилового спирта требуется в два раза большая интенсивность.

Если содержание спирта составляет 10 %, интенсивность подачи в большинстве случаев увеличивается в 3 раза. Подобная картина сохраняется, если для тушения гептана требуется интенсивность подачи пены около $0,02 \text{ кг}/(\text{м}^2\text{с})$. Если для тушения гептана в фиксированное время требуется интенсивность подачи около $0,04 \text{ кг}/(\text{м}^2\text{с})$, то влияние спирта менее заметно.

Для решения научной задачи "5" проведён анализ графика, представленного на рис. 2. В результате анализа подобрана математическая зависимость, позволяющая рассчитать интенсивность (1). Зависимость справедлива, если постоянной является длительность тушения. Исходными переменными для расчёта являются интенсивность при тушении углеводородного топлива и концентрация спирта:

$$J = J_0 + kc, \quad (1)$$

где J – требуемая интенсивность подачи пены для тушения углеводородно-спиртового топлива, $кг/(м^2с)$;

J_0 – требуемая интенсивность подачи пены для тушения углеводородного топлива, $кг/(м^2с)$;

k – коэффициент пропорциональности, $кг/(м^2с)$;

c – массовая доля спирта в топливе.

Значение массовой доли спирта в топливе c – от 0 до 0,2; значение коэффициента пропорциональности k – от 0,39 до 0,41 $кг/(м^2с)$.

В соответствии с регламентирующим документом МЧС России [9], нормативная интенсивность подачи пены в зависимости от температуры вспышки горючей жидкости и способа подачи пены находится в диапазоне 0,05-0,10 $кг/(м^2с)$. Нормативная интенсивность подачи пены для стабильного газового конденсата находится в диапазоне 0,1-0,14 $кг/(м^2с)$.

Свод правил не учитывает возможное содержание спирта в топливе. На основе имеющихся данных по нормативной интенсивности подачи пены и результатов экспериментальных исследований авторами сделана попытка предложить примерную величину нормативной интенсивности подачи пены для тушения спиртосодержащего топлива.

Нормативная интенсивность рассчитана по предложенной выше формуле (1). Исходными данными для расчёта являлись:

- нормативная интенсивность подачи пены для тушения углеводородного топлива $J_0 = 0,05-0,08 кг/(м^2с)$ с шагом 0,01 $кг/(м^2с)$;
- коэффициент пропорциональности $k = 0,4 кг/(м^2с)$;
- массовая доля спирта в топливе $c = 0-0,2$ с шагом 0,01, затем значение переведено в проценты.

Результаты расчётов, с разрядностью нормативной интенсивности 0,01, сведены в табл. 2.

**Нормативная интенсивность подачи пены на основе пенообразователя типа АFFF
для тушения углеводородно-спиртового топлива**

Концентрация спирта в топливе, % масс	Нормативная интенсивность подачи пены, кг/(м ² с)			
	0,05	0,06	0,07	0,08
0	0,05	0,06	0,07	0,08
1	0,05	0,06	0,07	0,08
2	0,06	0,07	0,08	0,09
3	0,06	0,07	0,08	0,09
4	0,07	0,08	0,09	0,10
5	0,07	0,08	0,09	0,10
6	0,07	0,08	0,09	0,10
7	0,08	0,09	0,10	0,11
8	0,08	0,09	0,10	0,11
9	0,09	0,10	0,11	0,12
10	0,09	0,10	0,11	0,12
11	0,09	0,10	0,11	0,12
12	0,10	0,11	0,12	0,13
13	0,10	0,11	0,12	0,13
14	0,11	0,12	0,13	0,14
15	0,11	0,12	0,13	0,14
16	0,11	0,12	0,13	0,14
17	0,12	0,13	0,14	0,15
18	0,12	0,13	0,14	0,15
19	0,13	0,14	0,15	0,16
20	0,13	0,14	0,15	0,16

Таким образом, опираясь на данные нормативной интенсивности для тушения углеводородных горючих жидкостей и предложенное математическое соотношение, выявили ориентировочное значение нормативной интенсивности подачи пены для тушения углеводородно-спиртовых горючих жидкостей с различным содержанием спирта.

Литература

1. **Битусев Б.Ж.** Проблемы противопожарной защиты резервуаров с новыми евротопливами // Пожаровзрывобезопасность. М.: изд-во "Пожнаука". 2013. № 7. С. 75-78.
2. **Федеральный закон** от 17 июня 2011 г. № 164-ФЗ. О ратификации Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях.
3. **Федеральный закон** от 4 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
4. **Технический регламент** от 27 февраля 2008 г. № 118. О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту.
5. **ГОСТ Р 53280.2-2010** (изм. № 1). Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 2. Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования и методы испытаний.
6. **ГОСТ 25828-83.** Гептан нормальный эталонный. Технические условия.
7. **ГОСТ 9805-84.** Спирт изопропиловый. Технические условия.
8. **ГОСТ Р 50588-2012.** Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний.
9. **СП 155.13.130.** Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности (утв. приказом МЧС России № 837 от 26 декабря 2013).