



УДК 614.84:547.42

Пожарная безопасность исследовательских лабораторий, применяющих жидкостную экстракцию и хроматографию

Алексеев С.Г.

Уральский институт государственной пожарной службы МЧС России, Екатеринбург

Рудаков О.Б., Черепяхин А.М., Калач Е.В.

Воронежский архитектурно-строительный университет, Воронеж

Рудакова Л.В.

Воронежская государственная медицинская академия, Воронеж

Поступила в редакцию 27.04.2012 г.

Аннотация

Проведена оценка взрывопожарной опасности типичной исследовательской лаборатории, в которой применяют методы жидкостной экстракции и хроматографии. Найдены минимально безопасные объемы помещений для таких лабораторий.

Ключевые слова: пожаровзрывобезопасность, жидкостная хроматография, жидкостная экстракция, исследовательская химическая лаборатория, органические растворители

The estimation of a category fire and explosion of hazard of typical laboratory for liquid extraction and chromatography is spent. Minimum safe volumes of rooms are found for analytical laboratory of this type.

Keywords: fire and explosive characteristic, liquid chromatography, research chemistry laboratory, organic solvents

Введение

В современных производственных, исследовательских и учебных лабораториях, использующих методы жидкостной хроматографии – ВЭЖХ и ТСХ, жидкостную экстракцию, применяют более чем 50 органических растворителей или их смесей. Большинство этих растворителей можно отнести к легковоспламеняющимся и горючим жидкостям [1]. Ежедневная потребность в органических растворителях химических лабораторий, в которых используются экстракционные и жидкостнохроматографические методы разделения и анализа, может составлять десятки литров, не считая резервного их количества.

В нашей стране нет специального нормативного документа, характеризующего пожарную опасность химических (аналитических) лабораторий, как например, в США [2]. Тем не менее, ст. 32 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности относит все лабораторные помещения по функциональной пожарной опасности не к классу Ф4 (здания научных и образовательных учреждений, научных и проектных организаций, органов управления учреждений), а к классу Ф5.1 (производственные здания, сооружения, строения, производственные и лабораторные помещения, мастерские) [3]. К сожалению, в отличие от американского подхода отдельные требования по пожарной безопасности для лабораторий у нас разбросаны по различным нормативным актам [3-13].

Таким образом, лаборатории попадают под разряд производственных помещений и подлежат категорированию по взрывопожарной опасности в соответствии с требованиями СП 12.13130.2009 [14].

Пример расчетов категории по пожаровзрывобезопасности для производственной лаборатории приведен в пособии [15]. Однако этот пример слишком простой, и в нем не рассматривается применение экстракционных установок и хроматографической аппаратуры. На практике помещения данного типа часто по умолчанию относят к категории пожароопасных без какого-либо пожарнотехнического анализа и расчета. В тоже время при проектировании производственной лаборатории, в которой аналитический контроль производится с применением хроматографического оборудования, когда не известен объем будущего помещения, удобен прием с расчетом минимального безопасного объема помещения (при котором избыточное давление в помещении $\Delta P \leq 5$ кПа [16]).

Наиболее распространенными в хроматографических лабораториях растворителями являются ацетонитрил, метанол, тетрагидрофуран (ТГФ), которые применяются в составе подвижных фаз в обращенно-фазовой ВЭЖХ, а также гексан, изопропанол, этилацетат, диэтиловый эфир, используемые в качестве компонентов подвижных фаз в нормально-фазовой ВЭЖХ. Этанол, ацетон, бензол, петролейный эфир применяют в ТСХ и экстракционной пробоподготовке. Как видим, речь идет о применении типичных легковоспламеняющихся жидкостях (ЛВЖ). В жидкостной хроматографии часто используют водно-органические и смешанные органические растворители. Как показано в работах [16-19], температура вспышки таких смесей является величиной неаддитивной и для рабочих составов, содержащих небольшое количество воды, или небольшое количество менее пожаровзрывоопасного модификатора, она лимитируется концентрацией наиболее летучего ЛВЖ. Кроме того, в типовом жидкостном хроматографе (рис. 1) используют систему для создания смеси растворителей в режиме «on-line», в которой чистые органические растворители находятся в отдельных резервуарах ёмкостью от 0,5 до 1 л, а элюат в виде смеси после хроматографирования собирается в емкость такого же размера [1].

Одна из наиболее вероятных гипотетических аварийных ситуаций в хроматографической лаборатории связана с разлитием одного из резервуаров чистого органического растворителя объемом 1 л.

В сводах правил допускается вести расчет по наиболее пожаровзрывоопасному компоненту [14, 15]. В табл. 1 и 2 приведены некоторые физико-химические и пожаровзрывоопасные свойства типичных хроматографических растворителей. В литературных источниках имеются определенные различия в экспериментальных данных. В таблицах приведены либо наиболее согласованные измерения, либо (для $t_{свс}$) более низкие значения, либо (для КПВ) наиболее широкие диапазоны.

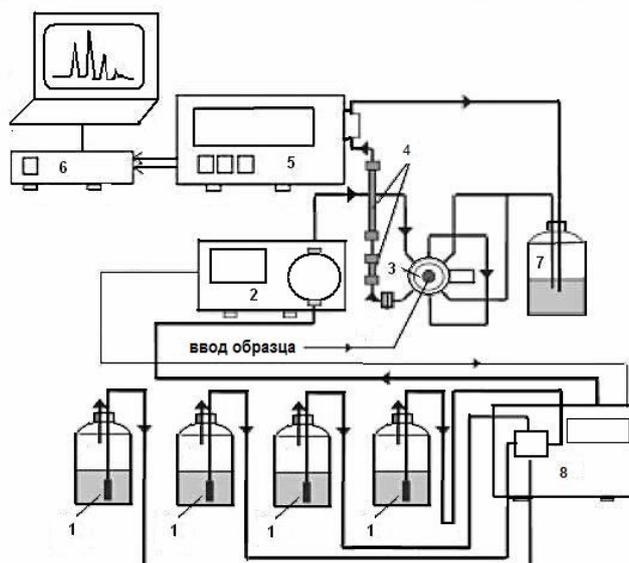


Рис. 1. Схема градиентного жидкостного хроматографа [1]: 1 – емкости для компонентов подвижной фазы; 2 – насос, 3 – инжектор, 4 – разделительная колонка; 5 – детектор; 6 – регистрирующее устройство, 7 – емкость для слива элюата, 8 – программатор градиента

Таблица 1. Физико-химические свойства растворителей для жидкостной экстракции и хроматографии [1, 20-23]

Растворитель	M , кг/кмоль	$t_{\text{кип}}$, °C	$P_{\text{нас}}$, кПа (38 °C)	ρ , кг/м ³
Ацетонитрил	41.05	82	21.2	782.8
Метанол	32.04	64	32.3	786.9
ТГФ	72.1	66	37.2	889.0
Гексан	86.18	69	30.8	654.8
Диэтиловый Эфир	74.12	34.5	114.3	713.5
Этанол	46.07	78.5	16.1	785.0
Изопропанол	60.09	82.3	12.0	784.4
Этилацетат	88.10	77	23.0	900.3
Ацетон	58.08	56.5	52.4	790.8
Бензол	78.11	80.1	22.4	873.7
Петролейный эфир	86.0	30-70	14.2	633-685
Изогексан	86.18	60.3	6.3	659.9
Метилциклопентан	84.16	71.8	4.2	743.9

Из табл. 1 и 2 видно, что сделать простой и однозначный выбор в пользу того или иного растворителя с точки зрения их пожаровзрывоопасности в условиях хроматографической лаборатории без дополнительных расчетов весьма затруднительно, поэтому расчеты необходимо выполнять для каждого растворителя. В связи с тем, что расчеты приурочены к созданию Хроматографического Центра в г. Воронеже и выполнены по заданию Рабочей группы (руководитель Селеменев В.Ф.) по ионному обмену Научного совета по аналитической химии РАН, они привязаны к лаборатории, размещенной в климатической зоне г. Воронежа.

Таблица 2. Взрывопожарные свойства растворителей [20-23]

Растворитель	$t_{всп}$ (з.т.), °C	$t_{вос},$ °C	$t_{свс},$ °C	ТПВ, °C	КПВ, % (об.)	$P_{max},$ кПа	$\Delta H_{гор},$ МДж/кг
Ацетонитрил	2	21	524	–	3.8 ÷ 16.0	–	28.9720
Метанол	6	13	440	5÷39	6.0 ÷ 36.5	620	23.8390
ТГФ	–20	–	212	20÷10	1.8 ÷ 12.4	–	34.7295
Гексан	–23	–	225	–26÷4	1.2 ÷ 7.5	850	45.1033
Диэтиловый Эфир	–41	–	160	44÷16	1.7 ÷ 49.0	720	34.1473
Этанол	13	18	400	11÷41	3.3 ÷ 19.0	680	34.2088
Изопропанол	14	21	425	11÷42	2.2 ÷ 12.7	634	34.1388
Этилацетат	–3	6	445	–6÷28	2.0 ÷ 11.5	852.6	23.5868
Ацетон	–18	–5	465	–20÷6	2.6 ÷ 13	570	31.3602
Бензол	–11	–	560	– 15÷13	1.3 ÷ 8.0	880	40.5761
Петролейный эфир	От -58 до -18	–	280	–	0.7 ÷ 8.0	–	44.9382
Изогексан	–28	–	306	–34÷–4	1.15 ÷ 7.6	–	45.0220
Метилциклопентан	–20	–	345	–24÷–3	1.2 ÷ 7.2	–	44.0233

Примечания. M – молекулярная масса; $t_{кип}$, $t_{всп}$, $t_{вос}$, $t_{свс}$ – температуры кипения, вспышки, воспламенения и самовоспламенения; ТПВ, КПВ – температурные и концентрационные пределы воспламенения; P_{max} – максимальное давление взрыва; $\Delta H_{гор}$ – теплота сгорания. Усредненная молекулярная масса и теплота сгорания петролейного эфира определена по трем основным его компонентам. Давление насыщенного пара петролейного эфира также рассчитано по основным его компонентам с помощью первого закона Рауля и закона Дальтона.

Для г. Воронеж и Воронежской области рабочая аварийная температура (t) составляет 38 °C [24]. СП допускает принимать максимальное расчетное время свободного испарения (T) – 3600 с, а расчетную площадь испарения (F_u) для 1 л чистого сольвента – 1 м² [14]. Для определения интенсивности испарения растворителей (W) необходимо знание давлений их насыщенных паров ($P_{нас}$) при заданной температуре. Значения $P_{нас}$ рассчитаны по уравнению Антуана:

$$\lg P_{нас} = A - \frac{B}{C + t} \quad (1)$$

где A , B и C – константы [20-22].

Для расчетной аварийной ситуации принято, что вентиляция не работает, либо неэффективна и скорость воздушного потока равна 0,1 м/с. Более высокие скорости воздушного потока в аналитической лаборатории будут наблюдаться при работающей вентиляции. В этом случае основной взрыв паровоздушной смеси произойдет в вытяжных коробах и вентиляционных каналах, которые и возьмут на себя основной удар взрывной волны.

В табл. 3 приведены результаты расчетов по формулам (2) и (3) [14] интенсивности испарения (W) и массы жидкости, перешедшей в паровую фазу, (m) для всех сольвентов:

$$W = 10^{-6} \cdot 3 \sqrt{M} \cdot P_{нас}, \quad (2)$$

$$m_{нар} = WF_{и} T, \quad (3)$$

где M – молекулярная масса растворителя, η – коэффициент, учитывающий скорость и температуру воздушного потока над поверхностью испарения, $\eta = 1,6$ [14].

В СП [14] для расчета избыточного давления в помещении предлагаются следующие формулы:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г,п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}}, \quad (4)$$

$$\Delta P = \frac{m \Delta H_{\text{гор0}} P Z}{V_{\text{св}} \rho_{\text{в}} C_p T} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}}, \quad (5)$$

где P_0 – начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа [14]); m – масса горючих паров ЛВЖ/ГЖ; Z – коэффициент участия горючих газов и паров в горении, $Z = 0,3$ [14]; $V_{\text{св}}$ – свободный объем помещения, м³; $\rho_{\text{г,п}}$ – плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , кг/м³, вычисляемая по формуле:

$$\rho_{\text{г,п}} = \frac{M}{V_0(1+0,00367t_p)}; \quad V_0 – \text{киломолярный объем, равный } 22,413 \text{ м}^3/\text{кмоль} [14];$$

$C_{\text{ст}}$ – стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ/ГЖ; $K_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения, $K_{\text{н}} = 3$ [14]; $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха при 38 °С; C_p – теплоемкость воздуха, $C_p = 1,01 \times 10^3$, Дж/(кг×град.).

Если вместо избыточного давления подставить 5 кПа и учесть, что свободный объем помещения составляет 80 % от объема помещения, то из уравнений (4) и (5) можно вывести уравнения (6) и (7) для определения безопасного объема помещения аналитической лаборатории для хроматографии.

$$V_1 = (P_{\max} - P_0) \frac{100mZ}{0,8 \times 5 \times \rho_{\text{г,п}} C_{\text{ст}} K_{\text{н}}} \quad (6)$$

$$V_2 = \frac{m \Delta H_{\text{гор0}} P Z}{0,8 \times 5 \times \rho_{\text{в}} C_p T K_{\text{н}}} \quad (7)$$

Результаты расчетов по уравнениям (6) и (7) представлены в табл. 3. Для ацетонитрила, ТГФ и петролейного эфира максимальное давление взрыва в соответствии с п. А.2.1 СП 12.13130.2009 принято за 900 кПа [14]. Как видно из таблицы 3 наиболее взрывоопасным растворителем для нашей гипотетической аварийной ситуации оказался не легкокипящий диэтиловый эфир, а бензол с температурой кипения 80 °С. Отметим также, что уравнение (7) как минимум в 1,2 раза завышает результаты расчета (см. табл. 3).

Рассмотренный пример свидетельствует, что при категорировании помещений по пожаровзрывоопасности, в которых обращаются различные ЛВЖ, без проведения расчетов по каждому растворителю нельзя определить наиболее опасное горючее вещество.

Таким образом, минимальный безопасный объем помещения для хроматографической лаборатории для Воронежа и Воронежской области составит 251 м³, что соответствует площади примерно 62,8–83,7 м² при высоте 3,0–4,0 м.

При переходе к использованию растворителей, расфасованных в тару до 0,5 л минимальный безопасный объем помещения (V_1) для аналитической лаборатории уменьшается до 104 м³, что соответствует минимальной площади помещения ($S_{\text{пом}}$) 26,0–34,7 м² при вышеуказанной высоте помещения. Если при этом реализовать перевод обычной приточно-вытяжной вентиляции в лаборатории в аварийную приточно-вытяжную вентиляцию путем выполнения требований п. А.2.3 СП 12.13130.2009 [14] с кратностью воздухообмена, равной 6 ч⁻¹, это позволит сократить размер V_1 до 48 м³ ($S_{\text{пом}} = 12,0–16,0$ м²) и фактически дать основание

рассматривать помещение хроматографической аналитической лаборатории как не взрывоопасное.

Таблица 3. Результаты расчетов при условии полного испарения 1 л растворителя

Растворитель	$W \times 10^3$, кг/(м ² ×с)	$m_{\text{пар}}^*$, кг	$C_{\text{ст}}$, % (об.)	V_1 , м ³	V_2 , м ³	V_2/V_1
Бензол	0.3173	0.874	2.68	207.5	251.0	1.2
ТГФ	0.5051	0.889	3.62	173.7	218.6	1.3
Петролейный эфир	0.2106	0.659	2.66	146.8	209.6	1.4
Гексан	0.4579	0.655	2.13	170.7	209.1	1.2
Ацетон	0.6388	0.791	6.44	63.3	175.6	2.8
Диэтиловый эфир	1.5751	0.714	3.33	114.3	172.5	1.5
Ацетонитрил	0.2178	0.783	6.99	139.2	160.5	1.2
Этанол	0.1752	0.631	6.44	78.6	152.7	1.9
Этилацетат	0.3451	0.900	3.97	123.6	150.3	1.2
Метанол	0.2921	0.787	12.11	67.2	132.8	2.0
Изопропанол	0.1487	0.535	4.39	69.1	129.4	1.9

Таблица 4. Максимальные количества ЛВЖ и ГЖ допустимые для работы и хранения в американской лаборатории [2]

Класс помещения лаборатории	Класс ЛВЖ/ГЖ	Максимальное количество ЛВЖ/ГЖ для работы, л		Максимальное количество ЛВЖ/ГЖ для работы и хранения, л	
		На 9,3 м ² площади лаборатории	В лаборатории в целом	На 9,3 м ² площади лаборатории	В лаборатории в целом
А Высокая пожарная опасность	I I, II, IIIA	38	1820	76	1820
		76	3028	150	6060
В Умеренная пожарная опасность	I I, II, IIIA	20	1136	38	1820
		38	1515	76	3028
С Низкая пожарная опасность	I I, II, IIIA	7.5	570	15	1136
		15	757	30	1515
D Минимальная пожарная опасность	I I, II, IIIA	4	284	7.5	570
		4	284	7.5	570

Для сравнения отметим, что американская классификация лабораторных помещений по пожарной опасности основана на отнесении количества легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ) к площади лабораторных помещений. С одной стороны, как видно из табл. 4, в американских

лабораториях возможно использование и хранение значительных количеств ЛВЖ и ГЖ по сравнению с нашими мерками. Классификация ЛВЖ/ГЖ в США отличается от российского подхода, приведенного в ГОСТ 12.1.044 [25], поэтому в табл. 5 приведена классификация по NFPA 30 [26]. С другой стороны NFPA 45 в обязательном порядке требует обязательной установки системы автоматического пожаротушения и аварийной вытяжной вентиляции с постоянным контролем воздушной среды в лаборатории (концентрация паров ЛВЖ/ГЖ должна быть менее 25 % от их нижнего концентрационного предела воспламенения), также предъявляются требования к фасовке жидкостей, обращающихся в лаборатории [2]. Выполнение этих требований по экономическим соображениям может себе позволить далеко не каждая российская химическая лаборатория.

Таблица 5. Классификация ЛВЖ/ГЖ по NFPA 30

Класс	Температура вспышки, °С (F)	Температура кипения, °С (F)
ЛВЖ		
IA	< 22,8 (73)	< 37,8 (100)
IB	< 22,8 (73)	≥ 37,8 (100)
IC	≥ 22,8 (73); < 37,8 (100)	–
ГЖ		
II	≥ 37,8 (100); < 60 (140)	–
IIIA	≥ 60 (140); < 93 (200)	–
IIIB	≥ 93 (200)	–

Заключение

С целью гармонизации и развития отечественной нормативной документации по пожаровзрывобезопасности химических лабораторий, использующих в работе жидкостную экстракцию и высокоэффективную жидкостную тонкослойную и колоночную хроматографию, необходимо учесть современное состояние инструментальной базы, передовой иностранной опыт в этой области, внести дополнения и уточнения прежних методик оценки взрывопожаробезопасности. Возможно два направления противопожарных мероприятий – увеличивать объем (площадь) лаборатории до минимальной пожарной опасности, что особенно важно для малобюджетных учебных лабораторий (251 м³ для г. Воронежа и Воронежской области), или обязательно выполнять дополнительный комплекс противопожарных мер, если объем помещения лаборатории не превышает 48 м³ (площадь 12-16 м²).

Список литературы

1. Рудаков О.Б., Востров И.А., Федоров С.В. и др. Спутник хроматографиста. Методы жидкостной хроматографии. – Воронеж: Водолей, 2004. – 528 с.
2. NFPA 45:2011. Standard on Fire Protection for Laboratories using Chemicals. National Fire. – Quincy: NFPA, 2011. – 56 P.
3. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (принят ГД РФ 04.07.2008, одобрен СФ 11.07.2008). [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. СП 4.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным решениям. – М.: ВНИИПО, 2009. – 81 с.
5. СП 7.13130.2009. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования. – М.: ВНИИПО, 2009. – 30 с.
6. СП 4.13130.2009. Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001. – М.: ВНИИПО, 2009. – 18 с.
7. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации (утв. Приказом МЧС России от 18.06.2003 № 313). Доступ из сборника НСИС ПБ. – 2011. – № 2 (45).
8. ВНЭ 5-79. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности (ППБО-103-79). Доступ из сборника НСИС ПБ. – 2011. – № 2 (45).
9. РД 153.-34.0-03.301-00. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий (ВППБ 01-02-95*.. Доступ из сборника НСИС ПБ. – 2011. – № 2 (45).
10. ВППБ 01-03-96. Правила пожарной безопасности для предприятий АК «Транснефтепродукт». Доступ из сборника НСИС ПБ. – 2011. – № 2 (45).
11. ППБО 109-92. Правила пожарной безопасности на железнодорожном транспорте. Доступ из сборника НСИС ПБ. – 2011. – № 2 (45).
12. ППБО 157-90. Правила пожарной безопасности в лесной промышленности. Доступ из сборника НСИС ПБ. – 2011. – № 2 (45).
13. СНиП 31-06-2009. Общественные здания и сооружения. Доступ из сборника НСИС ПБ. – 2011. – № 2 (45).
14. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (в ред. изм. № 1, утв. приказом МЧС России от 09.12.2010 № 643). Доступ из сборника НСИС ПБ. – 2011. – № 2 (45).
15. Корольченко А.Я., Загорский Д.О. Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: Пожнаука, 2010. – 118 с.
16. Алексеев С.Г., Барбин Н.М., Авдеев А.С., Пищальников А.В. О взрывопожароопасности водочной продукции // Пожаровзрывобезопасность. – 2009. – Т. 18, № 2. – С. 20-23.
17. Рудаков О.Б., Черепяхин А.М., Исаев А.А. и др. Температура вспышки бинарных растворителей для жидкостной хроматографии // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2011. – Т. 13, № 2. – С. 191-195.
18. Рудаков О.Б., Калач А.В., Бердникова Н.В. Пожарная опасность водорастворимых растворителей и их водных растворов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 1. – С. 31-32.
19. Алексеев С.Г., Пищальников А.В., Левковец И.А., Барбин Н.М. О пожароопасности водных растворов этанола // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 19, № 5. – С. 31-33.
20. Smallwood I.M. Handbook of Organic Solvent Properties. – N.Y.: Halsted Press, 1996. – 303 P.
21. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник: в 2-х ч. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч. 1. – 713 с.
22. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник: в 2-х ч. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч. 2. – 774 с.
23. Сайт компании-производителя петролейного эфира «Химфа». URL.

<http://www.chimfa.ru/> (дата обращения 15.10.2011).

24. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология (утв. Постановлением Госстроя России от 11.06.1999 г. № 45, введ. 01.01.2000 г. с изм. от 24.12.2002 г.). [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

25. ГОСТ 12.1.044-89*. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. [Электронный ресурс]. Доступ из сборника НСИС ПБ. – 2011. – № 2 (45).

26. NFPA 30:2008. Flammable and Combustible Liquids Code. – Quincy: NFPA, 2008. – P. 30-20.

Рудаков Олег Борисович – д.х.н., профессор, заведующий кафедрой физики и химии Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, Воронеж

Алексеев Сергей Геннадьевич – к.х.н., доцент, начальник отдела Уральского института ГПС МЧС России, Екатеринбург,

Калач Елена Владимировна – к.х.н., младший научный сотрудник кафедры физики и химии Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, Воронеж

Черепакхин Александр Михайлович – аспирант кафедры физики и химии Воронежского государственного архитектурно-строительного университета, Воронеж

Рудакова Людмила Васильевна – к.х.н., доцент кафедры фармацевтической химии и клинической фармации Воронежской государственной медицинской академии им. Н.Н. Бурденко, Воронеж

Rudakov Oleg B. - Dr Sc. Chem., professor Head of physics and chemistry department of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Voronezh, robi57@mail.ru

Alexeev Sergey G. – Ph D. (Chemistry), assistant professor, Head of Department of Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia, Ekaterinburg, Russia

Kalach Elena V. – PhD, of physics and chemistry department of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Voronezh

Sherepakhin Aleksandr M. – the post-graduate student, Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering Voronezh, Voronezh

Rudakova Lyudmila V. – PhD., assistant professor of the chair of pharmaceutical chemistry and clinical pharmacy of Voronezh state medical academy, Voronezh,