

УДК 614.8(666.29):66.048.912

## ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЭМАЛИ ПФ-115. ВОПРОС ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ИСПАРЕНИЯ

А. Л. БУЯКЕВИЧ, начальник кафедры,

С. Н. БОБРЫШЕВА, профессор кафедры, кандидат технических наук, доцент

Л. И. БУЯКЕВИЧ, доцент кафедры, кандидат физико-математических наук, доцент

Н. Л. СТОРТА, курсант 4 курса

*Государственное учреждение образования «Гомельский инженерный институт»  
МЧС Республики Беларусь*

Осуществлен анализ литературы, рассматривающей пожаро-взрывоопасные свойства веществ. Проведен анализ пожарной опасности эмали ПФ-115. Осуществлен анализ экспериментальных исследований по скорости испарения эмали ПФ-115 и сделан вывод о соответствии величин интенсивности испарения эмали ПФ-115, полученных расчетным и экспериментальным методами.

**Ключевые слова:** взрывопожароопасная концентрация, масса паров, скорость испарения, взрывопожароопасная категория помещения.

### Введение

На территории Республики Беларусь расположено более 1100 промышленных предприятий, на которых возможно образование взрывоопасной смеси. Распределение пожаровзрывоопасных объектов (далее – ПВО) по областям республики, количество обращающихся на них взрывоопасных веществ и материалов, а также количество работающих приведены в таблицах 1–3 [1]. По данным РЦУ РЧС, на территории Республики Беларусь за период с 2002 по 2011 г. зарегистрировано 118 взрывов, в результате которых погибло 29 и было травмировано 54 человека. Взрывы, произошедшие на территории Республики Беларусь за рассматриваемый период, составляют 10,4 % от общего числа произошедших техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС), при этом причиненный материальный ущерб равен 25,1 % от общего ущерба от ЧС [2].

**Таблица 1 – Характеристики пожаровзрывоопасных объектов, располагаемых на территории Республики Беларусь, на которых возможно образование взрывоопасных смесей**

Область	Общее количество ПВО	Количество ПВО, на которых возможно образование взрывоопасной смеси в замкнутом объеме	Количество работающих, человек
Брестская	115	39	14435
Витебская	83	41	19591
Гомельская	124	55	9959
Гродненская	31	22	1138
Минская	122	59	13817
Могилевская	539	74	3828
г. Минск	116	30	15540

**Таблица 2 – Характеристики пожаровзрывоопасных объектов, на которых возможно образование взрывоопасных смесей ЛВЖ и ГГ в помещениях, отнесенных к категории А по взрывопожарной и пожарной опасности**

Область	Общее количество ПВО	Количество объектов категории А	Количество ЛВЖ, т	Количество ГГ, м <sup>3</sup>
Брестская	39	23	1281676,1	2256
Витебская	41	21	297791	73127
Гомельская	55	41	1465353,13	4913171,7
Гродненская	22	11	1319,8	1759,72
Минская	59	34	2379,67	123527
Могилевская	74	41	6204,52	106450,3
г. Минск	30	26	283,641	122723,5

**Таблица 3 – Характеристики пожаровзрывоопасных объектов, на которых возможно образование взрывоопасных смесей ЛВЖ, ГЖ и пылевидных материалов в помещениях, отнесенных к категории Б по взрывопожарной и пожарной опасности**

Область	Общее количество ПВО	Количество объектов категории Б	Количество ЛВЖ и ГЖ, т	Количество пылевидных материалов, т
Брестская	39	18	544	31410,6
Витебская	41	24	98950	543406
Гомельская	55	18	117,312	660
Гродненская	22	11	470	110,2
Минская	59	25	1152	99846,5
Могилевская	74	34	3719,03	373754
г. Минск	30	5	280,1	0,85

К пожаровзрывоопасным объектам можно отнести производства, где используются лакокрасочные материалы. Более 90 % промышленных лаков и красок содержат растворители [3], вследствие чего их относят (в зависимости от температуры вспышки [4]) к легковоспламеняющимся и горючим жидкостям. В зависимости от величины температуры вспышки лакокрасочного материала и расчетного максимального давления взрыва производственному или складскому помещению в соответствии с таблицей 1 [5] присваивается категория:

– **категория А (взрывопожароопасная)** – обращаются легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа;

– **категория Б (взрывопожароопасная)** – обращаются легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа;

– **категория В (пожароопасная)** – обращаются легковоспламеняющиеся, горючие и трудногорючие жидкости, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категории А или Б.

Установление категории по взрывопожарной и пожарной опасности – важный момент в обеспечении пожарной безопасности рассматриваемого помещения. В зависимости от установленной категории предусматриваются соответствующие мероприятия по обеспечению пожарной безопасности. Техническими нормативными правовыми актами Системы противопожарного нормирования и стандартизации Республики Беларусь для помещений, отнесенных к взрывопожароопасной категории, предусматривается более сложный и экономически затратный комплекс мероприятий [6] (устройство легкосбрасываемых конструкций, устройство тамбур-шлюзов и др.). Соответственно, для помещений, отнесенных к пожароопасной категории, предусматривается менее сложный (по сравнению с взрывопожароопасной категорией) комплекс противопожарных мероприятий.

Для определения категории по взрывопожарной опасности помещений с наличием лакокрасочных материалов по методике [5] необходимо знать их свойства, как пожароопасные, так и физические. Вследствие большого количества и разнообразия лакокрасочных материалов не для всех из них определены эти свойства. Ситуация осложняется также тем, что лакокрасочные материалы являются сложными суспензиями и растворами, из-за чего сложно определить эти свойства, а следовательно, усложняется процесс определения категории по взрывопожарной и пожарной опасности производственных и складских помещений, связанных с обращением лакокрасочных материалов.

К таким сложным лакокрасочным материалам относится довольно распространенная эмаль ПФ-115, для которой изучены не все параметры (как физические, так и пожароопасные), которые используются в расчетах по определению категории по взрывопожарной и пожарной опасности производственных и складских помещений.

### **Основная часть**

Эмаль – суспензия пигментов или их смесей с наполнителями в лаке, образующая после высыхания (отверждения) непрозрачную твердую пленку с различным блеском и фактурой поверхности [7].

Модифицированные алкидные лакокрасочные материалы (к ним относится эмаль ПФ-115) образуют покрытия с хорошими декоративными и защитными свойствами, высокой твердостью, атмосферостойкостью и др. Покрытия, образуемые эмалью ПФ-115, отличаются высоким блеском (50–60 %), высыхают при температуре 18–22 °С за 24 ч, устойчивы к перепадам температур от –50 до +60 °С, стойки к действию 0,5-процентного раствора моющих веществ. Эмаль наносят на поверхность пневматическим или электростатическим распылением, окунанием, кистью и струйным обливом. Их можно длительно эксплуатировать в атмосферных условиях и внутри помещений. Поэтому они получили широкое применение в промышленности, на транспорте и используются для бытовых целей.

Эмаль ПФ-115 – суспензия двуокиси титана рутильной формы и других пигментов и наполнителей в пентафталево-лаке [7]. В состав эмали входят также растворители (в основном, уайт-спирит), сиккатив и модифицирующие добавки. Примерный состав эмалей белого, голубого и серого цвета в процентном (по массе) соотношении представлен в таблице 4 [7], [8].

Таблица 4 – Примерный состав эмалей белого, голубого и серого цвета

Наименование составного элемента эмали	Процент по массе		
	Белая	Голубая	Серая
Лак пентафталевый полуфабрикатный	28	26	20
Двуокись титана (рутильной формы)	62	60	75
Цинковые белила	–	6	–
Уайт-спирит	10	4	4,5
Технический углерод	–	–	0,5
Лазурь железная	–	4	–

Справочная литература [9], [10], определяющая показатели пожарной опасности веществ и материалов, относит эмаль ПФ-115 к легковоспламеняющимся жидкостям и определяет следующие характеристики:

– эмаль ПФ-115 серая – легковоспламеняющаяся жидкость, температура вспышки – 33 °С; температура самовоспламенения – 370 °С; температурные пределы распространения пламени: нижний – 29 °С, верхний – 73 °С. Средства тушения: распыленная вода, воздушно-механическая пена;

– эмаль ПФ-115 темно-зеленая – легковоспламеняющаяся жидкость, температура вспышки – 32 °С; температура самовоспламенения – 440 °С; температурные пределы распространения пламени: нижний – 33 °С, верхний – 60 °С. Средства тушения: распыленная вода, воздушно-механическая пена.

Как видно, не все пожароопасные свойства, определенные [4], [11], установлены для эмалей ПФ-115, что указывает на то, что эмали не исследованы в полном объеме. Эта проблема вызывает трудности при определении категорий производственных и складских помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, а также при разработке комплекса мероприятий по обеспечению взрывобезопасности в соответствии с [11].

Как было указано выше, категория по взрывопожарной опасности устанавливается на основании расчетной величины – давления взрыва паровоздушной смеси. Основным параметром, характеризующим давление взрыва паровоздушной смеси, является масса паров жидкости, испарившаяся в течение времени, не превышающего 3600 с [5], [12].

Масса паров жидкости, кг, определяется по следующей формуле:

$$m_{\text{п}} = WFT, \quad (1)$$

где  $W$  – интенсивность испарения,  $\text{кг/с} \cdot \text{м}^2$ ;  $F$  – площадь испарения,  $\text{м}^2$ , определяемая в зависимости от массы жидкости, вышедшей в помещение;  $T$  – время испарения, с.

Как видно из формулы (1), главным фактором, определяющим массу паров жидкости, является интенсивность испарения, определяемая по формуле (2) или экспериментальным путем:

$$W = 10\eta M P_{\text{н}}, \quad (2)$$

где  $\eta$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;  $M$  – молярная масса горючего,  $\text{кг/кмоль}$ ;  $P_{\text{н}}$  – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости  $t_{\text{р}}$ .

Ввиду того что на эмали ПФ-115 отсутствуют сведения об их молярной массе и давлении насыщенных паров, а также справочные величины об интенсивности испарения, то при расчете категории приходится ориентироваться на наиболее опасный компонент, содержащийся в эмали (уайт-спирит) [5]. Используя в расчете показатели уайт-

спирита (как показали расчеты категорий по взрывопожарной и пожарной опасности производственных и складских помещений при обращении предприятий и организаций), происходит завышение величины расчетного давления взрыва и соответствующей категории по взрывопожарной и пожарной опасности.

Для уточнения параметра – интенсивности испарения жидкости, а соответственно, давления взрыва паровоздушной смеси и категории по взрывопожарной опасности были проведены расчеты и экспериментальные исследования по определению интенсивности испарения.

Расчетным методом была определена интенсивность испарения эмали. Эмаль состоит из 49 % (мас.) сухих негорючих компонентов и 51 % (мас.) растворителя, ввиду чего расчет интенсивности испарения эмали производим по растворителю. Качественный и количественный состав растворителя представлен в таблице 5.

**Таблица 5 – Количественный и качественный состав растворителя эмали ПФ-115 светло-голубого цвета**

Наименование компонента растворителя	Процент по массе	Химическая формула	Молярная масса	Константы Антуана			Давление насыщенных паров при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , кПа
				<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	
Ксилол	9	$\text{C}_8\text{H}_{10}$	106,17	6,17972	1478,16	220,535	1,08
Уайт-спирит	22	$\text{C}_{10,5}\text{H}_{21}$	147	7,13623	2218,3	273,15	0,37
РЭ-4в	20	–	103,95	–	–	–	0,61
Сольвент нефтяной	30	–	162,11	6,2276	1529,33	226,679	1,066
Этилцеллозольв	70	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$	90,1	7,86626	2392,56	273,15	0,51

В ходе расчетов была установлена интенсивность испарения эмали ПФ-115 при температуре воздуха и эмали  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , которая составила  $6,798 \cdot 10^{-6}\text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$ .

На основании результатов расчетных исследований построена зависимость величины давления насыщенных паров эмали ПФ-115 (от которых зависит интенсивность ее испарения согласно формуле 2) от температуры. Данная зависимость представлена на рисунке 1.

Для подтверждения результатов, полученных расчетным методом, были проведены экспериментальные исследования. Для их проведения использовалась светло-голубая эмаль ПФ-115 совместного предприятия ЗАО «Могилевский химкомбинат «Заря» (партия № 131, дата изготовления – май 2012 г., масса нетто – 1,8 кг).

Цель эксперимента состояла в определении скорости испарения эмали ПФ-115. Эксперимент проводился при следующих условиях:

- в помещении (лаборатория);
- температура воздуха и эмали  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- атмосферное давление – 758 мм рт. ст. (101,1 кПа);
- движение воздуха в лаборатории – отсутствует.

В ходе эксперимента (3 опыта) на стекло (да начала эксперимента каждое стекло было взвешено) разливалось определенное количество эмали. Далее измерялись и рассчитывались параметры разлива эмали в различные моменты времени (в течение 70 мин; через каждые 10 мин):

- площадь разлива, м<sup>2</sup>;
- приведенный радиус разлива, м;
- масса стекла с эмалью, кг;
- масса эмали, кг;
- потеря массы эмали, кг;
- удельная масса эмали, кг;
- потеря удельной массы эмали, кг/м<sup>2</sup> · мин.

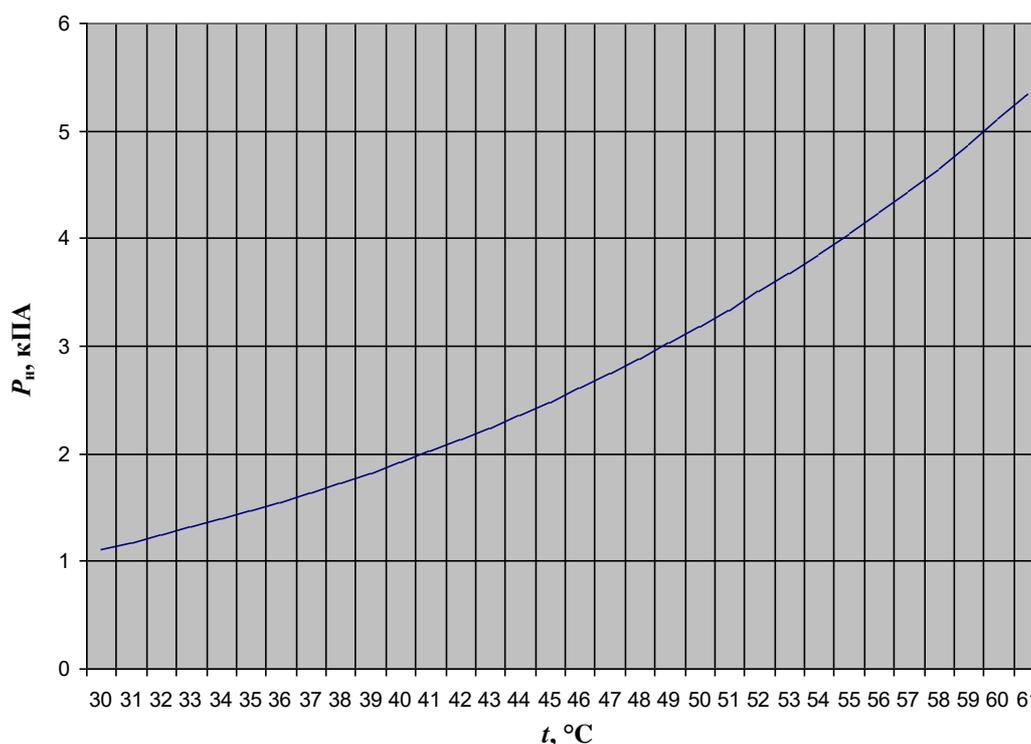


Рисунок 1 – Зависимость величины давления насыщенных паров эмали ПФ-115 от температуры

По результатам экспериментальных исследований была определена средняя интенсивность (удельная потеря массы) эмали ПФ-115 при температуре воздуха и эмали 20 °С и атмосферном давлении 758 мм рт. ст. (101,1 кПа), которая составила  $4,99 \cdot 10^{-6}$  кг/м<sup>2</sup> · с.

Анализ двух результатов показал, что величина интенсивности испарения эмали, полученная расчетным путем, несколько выше, т. е. больше на  $1,807 \cdot 10^{-6}$  (данное расхождение можно объяснить физико-химическими процессами, происходящими в суспензиях с большой концентрацией, т. е. наличием в эмали твердых порошкообразных наполнителей, которые частично препятствуют испарению компонентов растворителя). Вследствие чего использование величин (давления насыщенных паров и интенсивности испарения), полученных расчетным методом, несколько выше величин, полученных экспериментально, что допускает их использование при определении массы паров эмали в помещении при ее разливе.

Данный график построен таким образом, что шкала температуры начинается с 30 °С, ввиду того, что [5], [12] определяют такую температуру в помещении «как максимальную для соответствующей климатической зоны (т. е. наименьшая абсолютная максимальная температура для Республики Беларусь – 34 °С – Полоцк, Лепель, Воло-

жин и др. [13]) по технологическому регламенту с учетом ее возможного повышения в аварийной ситуации (но не менее климатической зоны), либо допускается принимать ее равной 61 °С».

### Заключение

Таким образом, проведенные исследования и анализ полученных результатов показал, что для оценки пожарной опасности помещений с обращением эмали ПФ-115 можно использовать расчетный метод, который позволит более точно определить массу паров эмали, а соответственно, и величину избыточного давления взрыва, и правильно установить категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности. В результате этого можно более точно определить перечень необходимых мероприятий по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности помещений, которые снизят экономические затраты.

### Литература

- 1 Миканович, А. С. Использование стеклопакетов для взрывозащиты производственных и складских помещений : дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / А. С. Миканович. – Минск, 2013. – 132 с.
- 2 Шебеко, А. А. Статистический анализ техногенных чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь и основные мероприятия по их предупреждению / А. А. Шебеко // Чрезвычайн. ситуации: предупреждение и ликвидация. – Минск, 2010. – № 1 (27). – С. 77–87.
- 3 Клубань, В. С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса / В. С. Клубань, А. П. Петров, В. С. Рябиков – М. : Стройиздат, 1987. – 477 с.
- 4 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения : ГОСТ 12.1.044–89. – Переизд. с изм. № 1. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2006. – 99 с.
- 5 Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : ТКП 474–2013 (02300). – Введ. 15.04.2013. – Минск : Госстандарт : НИИ ПБ и ЧС МЧС Республики Беларусь, 2013. – 53 с.
- 6 Ограничение распространения пожара в зданиях и сооружениях. Объемно-планировочные и конструктивные решения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.02-92–2007 (02250). – Введ. 01.07.2008. – Минск : Стройтехнорм, 2008. – 34 с.
- 7 Лившиц, М. Л. Лакокрасочные материалы : справ. пособие / М. Л. Лившиц, Б. И. Пшиялковский. – М. : Химия, 1982. – 360 с.
- 8 Эмали ПФ-115. Технические условия : ГОСТ 6465–76. – Изм. № 1, 2, 3, 4 ; утв. в янв. 1979 г., июне 1980 г., июне 1985 г., апр. 1988 г. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2001. – 12 с.
- 9 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : справ. изд. : в 2 кн. / А. Н. Баратов [и др.]. – М. : Химия, 1990.
- 10 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : справ. изд. : в 2 кн. / А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. – М. : ПожНаука, 2004. – 2 кн. – 774 с.
- 11 Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования : ГОСТ 12.1.010–76. – Переизд. с изм. № 1. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 7 с.
- 12 Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная безопасность технологических процессов. Методы оценки и анализа пожарной опасности : СТБ 11.05.03–2010. – Введ. 01.01.2011. – Минск : Госстандарт : НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2010. – 76 с.

- 13 Строительная климатология. Строительные нормы проектирования = Будаўнічая кліматалогія. Будаўнічыя нормы праектавання : СНиП 2.04.02–2000. – Взамен СНиП 2.01.01–82 ; введ. 01.07.07. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2007. – Изм. № 1. – 35 с. – (Нац. комплекс техн. нормативных правовых актов в области архитектуры и стр-ва).

*Поступила в редакцию 01.09.2014*

**A. L. Buyakevich, C. N. Bobrysheva, L. I. Buyakevich, N. L. Storta**  
**FIRE HAZARDS OF PF115 ENAMEL: THE QUESTIONS OF ESTIMATION**  
**EVAPORATION RATE**

The article presents the analyses of papers on fire and explosion hazards of chemical substances. It also analyses fire hazards of PF 115 ENAMEL as far as the experiments carried out on evaporation rates are concerned. The article presents conclusions concerning correspondence between calculated and experimental methods.