

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра производственной безопасности и права**

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
ПОЖАРНОЙ И ВЗРЫВНОЙ  
ОПАСНОСТИ**

**Часть 1**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ  
ГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ**

**Методические указания к лабораторно-практическим занятиям  
по дисциплине «Безопасности жизнедеятельности»**

**Казань  
2013**

УДК  
ББК

...

..... Исследование пожарной и взрывной опасности. Часть 1. Определение пределов воспламенения газоздушных смесей: Методические указания к лабораторно-практическим занятиям по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» / Сост. Р.А. Хузиахметов, Казань: КГАСУ, 2013. – 11 с.

Методические указания по этой теме состоят из трех частей:  
1 – Определение пределов воспламенения газоздушных смесей;  
2 – Определение категории взрывопожароопасности производственных помещений с горючими газами и легковоспламеняющимися жидкостями;  
3 – Определение категории взрывопожароопасности производственных помещений с выделением пожаровзрывоопасных пылей.

В первой части методических указаний рассматриваются аналитический и лабораторный методы определения одного из основных параметров, используемых для оценки взрывопожароопасности производственных объектов, – нижнего и верхнего пределов воспламенения на примерах простых и сложных газоздушных смесей.

Рецензент  
К.т.н., проф. Г.А.Имайкин

УДК  
ББК

© Казанский государственный  
архитектурно-строительный  
университет, 2013

© Хузиахметов Р.А., 2013

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ И ВЗРЫВНОЙ ОПАСНОСТИ

## ЧАСТЬ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ

### ГАЗОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

**Цель занятия:** Изучение лабораторного и аналитического методов определения пределов воспламенения взрывоопасных газо и паровоздушных смесей.

**Задачи занятия:** 1. Изучение и практическое освоение методики лабораторного определения нижнего и верхнего пределов воспламенения газозвушной смеси.  
2. Изучение и практическое освоение методики аналитического (расчетного) определения нижнего и верхнего пределов воспламенения простых и сложных газо- и паровоздушных смесей.

#### 1. Общие положения

Одной из характеристик, используемых для оценки взрывной опасности горючих газов, паров, пылей, являются нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени (НКПР и ВКПР) этих веществ при их смешении с воздухом.

Нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени представляют собой наименьшую и наибольшую концентрацию газо-, паро- или пылевоздушной смеси, при которой происходит ее воспламенения. Диапазон этих концентраций называется областью воспламенения. За пределами области воспламенения при нормальных условиях не возможно появление устойчивого, стационарного пламенного горения или взрыва.

Концентрационные пределы взрывоопасных смесей в воздухе выражаются в объемных процентах или в весовых единицах – г/л или г/м<sup>3</sup>.

Для оценки нижнего и верхнего пределов также используются понятия нижнего и верхнего температурных пределов, под которыми понимаются такие величины температуры смеси, при которых концентрации этих смесей соответствуют нижнему или верхнему концентрационным пределам. Эти параметры измеряются в °С.

Концентрационные пределы можно определить аналитическим или лабораторным методами.

## 2. Лабораторный способ определения концентрационных пределов распространения пламени газоздушных смесей

Лабораторный способ определения пределов распространения пламени применяется при неизвестном составе газоздушной смеси (ГВС). Пределы взрываемости газоздушных смесей находятся с помощью специальной экспериментальной установки, представленной на рис 1.

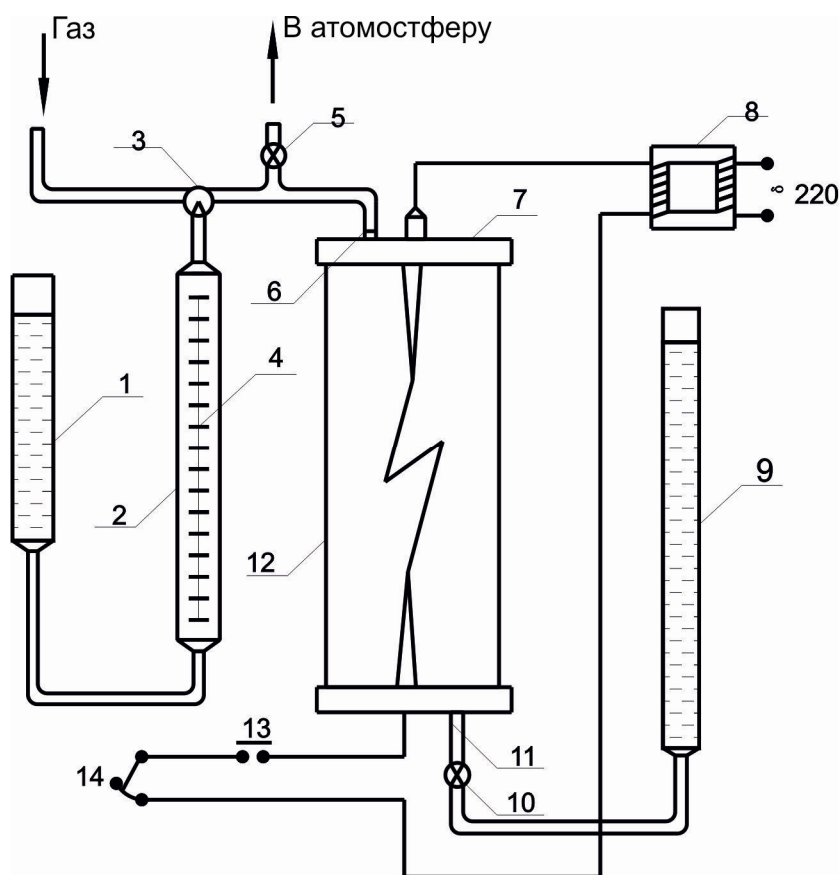


Рис. 1. Схема установки для определения пределов взрываемости газоздушных смесей:

- |  |   |
|--|---|
| 1 – аспиратор;                                     | 8 – источник высокого напряжения;           |
| 2 – мерный цилиндр;                                | 9 – аспиратор;                              |
| 3 – трехходовой кран;                              | 10 – запорный кран;                         |
| 4 – шкала мерного цилиндра;                        | 11 – нижняя нулевая отметка взрывной камеры |
| 5 – запорный кран при выходе в атмосферу;          | 12 – взрывная камера;                       |
| 6 – верхняя нулевая отметка взрывной камеры        | 13 – прерыватель электрической цепи;        |
| 7 – предохранительный клапан с прижимной пружиной; | 14 – запорный кран                          |

Пределы взрываемости газоздушных смесей устанавливаются путем многократного получения ГВС и их воспламенения взрывной камере при постоянном приближении к искомым параметрам, вне которых не происходит взрыва.

До начала экспериментального определения концентрационных пределов сложной газоздушной смеси лабораторная установка должна быть подготовлена к работе.

Действие установки основано на принципе сообщающихся сосудов. Установка состоит из двух взаимосвязанных частей: одна для отбора количества исследуемой газовой смеси, другая – для получения газоздушной смеси во взрывной камере объемом 250 м.

### ***Проверка и подготовка установки к работе***

До начала работы следует проверить герметичность узлов лабораторной установки. Для этого проводится визуальный осмотр наполненной водой лабораторной установки и убедиться в герметичности всех соединений и кранов. Обнаруженные протечки должны быть устранены.

После проверки герметичности устанавливается наличие искры между контактами во взрывной камере. Для этого из взрывной камеры (12) должна быть слита вода, а установка подключается к электросети. Далее путем многократного нажатия на кнопку прерывателя электрической цепи (13) следует убедиться в наличии искры между контактами во взрывной камере (12). По окончании этой проверки взрывная камера (12) заполняется водой до верхней нулевой отметки (6) путем переливания воды из аспиратора (9).

### ***Работа на установке***

Работа по проверке значений концентрационных пределов исследуемой газоздушной смеси на лабораторной установке выполняется в следующей последовательности:

1. В мерный цилиндр (2) набирается требуемое количество исследуемого газа. Для этого на газовой магистрали открывается кран (3) и кран (14) аспиратора (1). При этом двухходовый кран (3) ставится в положение, когда мерный цилиндр соединяется с газовой магистралью. Аспиратор (1) опускается ниже нулевой отметки на шкале (4) мерного цилиндра (2). По уровню поверхности воды в мерном цилиндре фиксируется объем отобранной газовой смеси. После этого краны (3) и (14) закрываются.

2. Исследуемая газовая смесь перемещается из мерного цилиндра (2) во взрывную камеру (12). Для этого открывается кран (10), а двухходовый кран (3) ставится в такое положение, чтобы мерный цилиндр соединялся с взрывной камерой. Необходимо убедиться, что кран (5) находится в закрытом положении. Газовая смесь из мерного цилиндра (2) переводится во

взрывную камеру (12) путем медленного подъема аспиратора (1).

Подъем аспиратора (1) заканчивается при достижении уровня воды в мерном цилиндре (2) нулевой отметки на шкале (4). После этого краны (3), (10) и (14) закрываются.

3. Во взрывной камере (12) создается газоздушная смесь. С этой целью аспиратор (9) опускается в нижнее положение (ниже нижней нулевой отметки (2) взрывной камеры). Для подачи воздуха во взрывную камеру (12) открываются краны (5) и (10). При опускании уровня воды во взрывной камере до нижней нулевой отметки (2) краны (5) и (10) одновременно закрываются.

4. На электроды во взрывной камере (12) подается напряжение для получения импульса воспламенения – искры. Для этого нажимается, кнопка прерывателя электрической цепи (13). Перед нажатием кнопки (13) следует еще раз убедиться, что краны (3), (5) и (10) находятся в закрытом состоянии.

5. Результаты наблюдения за состоянием газоздушной смеси во взрывной камере после появления искры между электродами («взрыв» или «отказ») заносятся в протокол испытаний (графа 4 таблицы 1).

6. Далее следует повторить эксперимент в вышеуказанной последовательности при различных объемах газовой смеси с целью установления граничных значений объема газовой смеси в газоздушной смеси, соответствующих нижнему и верхнему пределам. Результаты каждой экспериментальной проверки необходимо заносить в протокол испытаний.

7. Оформление результатов лабораторных исследования взрываемости газоздушных смесей производится в табличной форме (табл. 1)

В столбец 2 заносятся объемы газовой смеси при каждом испытании. В столбец 3 записываются результаты деления значений в столбце 2 (объемов газовой смеси) на общий объем газоздушной смеси (250 мл) и умножения на 100.

Примечание. После установления значений НКПР и ВКПР следует сделать несколько пробных испытаний газоздушных смесей с концентрациями, равными НКПР и ВКПР и отличающимися в меньшую и большую сторону от НКПР и ВКПР.

8. После определения величин НКПР и ВКПР по данным таблицы 2 выбрать наиболее подходящий взрывоопасный горючий газ.

### ***Оформление результатов лабораторной части работы***

В лабораторной тетради записываются название работы, цель и задачи работы, порядок выполнения работы с использованием лабораторной установки с зарисовкой схемы и необходимыми пояснениями.

Таблица 1

## Результаты испытаний взрываемости газоздушных смесей

№ п/п	Объем газа, мл.	Концентрация газа в ГВС, объемн. %	Результаты испытаний («взрыв» или «отказ»)	Выводы
1	2	3	4	5
1				
2				
.				
.				
.				
n				

Таблица 2

## Физико-химические свойства веществ

№ п/п	Наименование веществ	Пределы взрываемости, объемн. %		Число атомов в молекуле				Объем 1 моля, л	Масса 1 моля, г/моль
		нижний	верхний	углерода, P <sub>c</sub>	водорода, P <sub>н</sub>	кислорода, P <sub>о</sub>	галогена, P <sub>х</sub>		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
1.	Ацетилен	3,5	82,0	2		-	-	22,400	26,038
2.	Ацетон	2,9	13,0	3	6	1	-	0,0728	58,081
3.	Генераторный газ	20,7	73,7	1	2	1	-	22,400	28,000
4.	Денатурированный спирт	3,5	18,0	2	6	1	-	0,0580	46,070
5.	Дихлорэтилен	9,7	12,8	2	2	-	2	0,0757	96,944
6.	Керосин	1,4	7,5	13	28	-	-	0,0200	184,000
7.	Метан	5,0	15,0	1	4	-	-	22,400	16,003
8.	Метиловый спирт	8,0	36,5	1	4	1	-	0,0404	32,040
9.	Пентал	1,4	8,0	5	12	-	-	0,1140	72,157
10.	Пропан	2,3	9,5	3	8	-	-	22,400	44,027
11.	Природный газ	6,0	16,0	1	4	-	-	22,400	18,000
12.	Светильный газ	8,0	24,5	1	6	-	-	22,400	12,000
13.	Сероводород	4,3	45,5	-	2	-	-	22,400	34,000
14.	Скипидар	0,8	-	10	16	-	-	0,14,32	136,00
15.	Этиловый спирт	3,5	18,0	2	6	1		0,0584	46,070

### **Меры безопасности при выполнении лабораторной части работы**

1. Работу выполнять под наблюдением преподавателя или учебного мастера.
2. Соблюдать требования электробезопасности - не приступать к работе в случае обнаружения нарушений изоляции электропроводов, разрушений крышек розетки, наличия напряжения на частях установок, наличия оголенных проводов, мест контактов, других повреждений приборов. Следует знать и помнить, что индукционная катушка находится под напряжением 12 тысяч вольт.
3. При работе не следует забывать, что лабораторная установка выполнена из хрупкого стекла и поэтому нельзя прилагать значительные усилия при поворотах запорных кранов, ударять по стеклянным элементам установки.
4. Работу на лабораторной установке выполнять только при наличии защитного экрана, предназначенного для защиты людей в случае разрушения взрывной камеры при взрыве газовой смеси. При взрыве опасно заглядывать за указанный экран.
5. Особую осторожность необходимо соблюдать при перемещениях газовой смеси, нельзя пересекать нулевые отметки взрывной камеры и мерного цилиндра.
6. После окончания исследований лабораторную установку отключить от электрической сети.
7. При обнаружении каких-либо неисправностей на лабораторной установке - работы прекратить и о неисправностях немедленно сообщить преподавателю или учебному мастеру.

### **3. Аналитический метод определения концентрационных пределов распространения пламени газозвдушных смесей**

Аналитический способ определения пределов взрываемости газозвдушных смесей применим, когда известны горючие газы, входящие в состав газозвдушной смеси.

Для аналитического определения пределов взрываемости индивидуальных горючих веществ применимы следующие эмпирические формулы:

$$НПВ = \frac{100}{1 + (N - 1)4,76} \text{ объемн. \%} = \frac{M}{(N - 1)4,76 V_t} \text{ г/л} ; \quad (1)$$

$$ВПВ = \frac{4 \cdot 100}{4 + 4,76 \cdot N} \text{ объемн. \%} = \frac{4M}{(4 + 4,76N) V_t} \text{ г/л} ; \quad (2)$$



где  $N$  - число молей атомов, участвующее в сгорании 1 моль горючего компонента;

$V_t$  - объем 1 моль горючего компонента при начальной температуре смеси, л;

$M$  - масса 1 моль горючего компонента смеси, моль.

Пределы взрываемости сложных газоздушных смесей можно определить с помощью формулы Ле-Шателье:

$$P = \frac{100}{\frac{K_1}{P_1} + \frac{K_2}{P_2} + \dots + \frac{K_n}{P_n}} ; \quad (3)$$

где  $P$  - верхний или нижний концентрационный предел взрываемости объемн.%;

$K_1, K_2, \dots, K_n$  - концентрации соответствующих горючих компонентов в горючей части смеси ( $K_1 + K_2 + \dots + K_n = 100\%$ ), объемн.%;

$P_1, P_2, \dots, P_n$  - верхний или нижний пределы воспламеняемости чистых компонентов смеси, объемн.%;

Таблица 3

### Состав газовых смесей

Варианты	Наименование газов	Содержание газа в смеси, %	Варианты	Наименование газов	Содержание газа в смеси, %
1	Светильный газ	23	6	Метиловый спирт	69
	Метан	23		Ацетон	11
	Природный газ	54		Метан	20
2	Генераторный газ	80	7	Сероводород	25
	Пентан	5		Этиловый спирт	15
	Пропан	15		Дихлорэтан	60
3	Ацетилен	15	8	Ацетилен	15
	Дихлорэтан	60		Метиловый спирт	77
	Сероводород	25		Динатурированный спирт	8
4	Динатурированный спирт	8	9	Пропан	15
	Метиловый спирт	77		Этиловый спирт	15
	Этиловый спирт	15		Метиловый спирт	70
5	Керосин	2	10	Генераторный газ	80
	Светильный газ	96		Ацетон	11
	Скипидар	2		Динатурированный спирт	9

Для аналитического определения концентрационных пределов распространения пламени газо- или паровоздушной смеси преподаватель задает состав этой смеси (в соответствии с данными таблицы 3).

Следует произвести вычисления концентрационных пределов с необходимыми пояснениями

#### **4. Контрольные вопросы**

1. Какими показателями характеризуется взрывопожароопасность горючих газов и их смесей, что это за показатели?
2. Что такое область воспламенения?
3. Какими методами можно определить концентрационные пределы взрываемости газозвудушных смесей? Когда эти методы применяются?
4. Как определяются пределы взрываемости индивидуальных горючих веществ?
5. Как определяются пределы взрываемости сложных газозвудушных смесей?
6. В чем достоинства и недостатки аналитического метода определения пределов взрываемости газозвудушных смесей?
7. В чем достоинства и недостатки лабораторного метода определения пределов взрываемости газозвудушных смесей?
8. Какие меры безопасности необходимо соблюдать при определении взрываемости лабораторным методом?

#### **5. Литература**

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный Закон № 123-ФЗ от 22 июля 2008 г.
2. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
3. Коптев Д.В., Орлов Г.Г., Булыгин В.И. и др. Безопасность труда в строительстве (Инженерные решения по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»): Учебное пособие. – М.: Изд.АСВ, 2003 г.
4. Пожарная опасность веществ и материалов. Справочник. – Ч. 2. / Под ред. П.В. Рябова – М.: Стройиздат, 1970. – 336 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Цель занятия . . . . .	3
Задачи занятия . . . . .	3
1. Общие положения. . . . .	3
2. Лабораторный способ определения концентрационных пределов распространения пламени газовоздушных смесей . . . . .	4
<i>Проверка и подготовка установки к работе.</i> . . . . .	5
<i>Работа на установке.</i> . . . . .	5
<i>Оформление результатов лабораторной части работы.</i> . . . .	6
<i>Меры безопасности при выполнении лабораторной части работы</i> . . . . .	8
3. Аналитический метод определения концентрационных пределов распространения пламени газовоздушных смесей . . . . .	8
4. Литература . . . . .	10
5. Приложение . . . . .	10

Оценка огнестойкости металлических конструкций:  
Методические указания к лабораторно-практическим занятиям  
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»

Редакция и корректура автора

Издательство

Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Подписано в печать

Формат 60x84/16

Заказ

Бумага офсетная № 1

Усл.-печ.л.

Тираж экз.

Печать ризографическая

Уч.-изд.л.

---

Отпечатано в полиграфическом секторе

издательства КГАСУ

420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1