

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

Казанский государственный аграрный университет

Кафедра «Техносферная безопасность»

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИЖНЕГО ПРЕДЕЛА ВОСПЛАМЕНЕНИЯ  
ПЫЛЕВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ**

Методические указания к практическим занятиям  
и самостоятельной работе

Казань- 2016

УДК-63.658.382.3

ББК-65.246р

Составители: Якимов Ю.В., Фарахова И.З.

Рецензенты:

Профессор кафедры «Машины и оборудование  
в агробизнесе»

А.И.Рудаков

Начальник отдела надзора и автоматизированного  
учета Управления ГТН РТ

Р.Ф. Хайруллин

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры «Техносферная безопасность» Казанского ГАУ, одобрено и рекомендовано к печати (протокол № 5 от 14 декабря 2015 г.)

Методические указания обсуждены и рекомендованы к печати методической комиссией Института механизации и технического сервиса Казанского ГАУ (протокол № 5 от 16 декабря 2015 г.)

**Определение нижнего предела воспламенения пылевоздушных смесей:**  
метод. указания/ Ю.В. Якимов, И.З. Фарахова – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2016 г. – 16 с.

В методических указаниях «Определение нижнего предела воспламенения пылевоздушных смесей» приведены методика, рекомендации и нормативная документация по организации проведения расчетов и измерений.

Методические указания рекомендуется использовать при изучении дисциплин «Пожаровзрывозащита», «Пожарная безопасность технологических процессов» и «Безопасность жизнедеятельности» для направлений «Техносферная безопасность», «Агроинженерия», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», способствует формированию профессиональных компетенций при подготовке бакалавров в Казанском ГАУ.

УДК-63.658.382.3

ББК-65.246р

**Тема: «Определение нижнего предела воспламенения пылевоздушных смесей»**

**Время на изучение материала:** 4 часа

**Цель практического занятия:** Освоить методику определения концентрации горючих пылевоздушных смесей. Дать оценку взрывобезопасности измеренной концентрации. Научиться устанавливать нижний предел воспламенения пылевоздушной смеси.

**Задание:**

1. Рассмотреть вопросы касающиеся методики измерения пожаровзрывоопасности горючих пылей. Контроля за состоянием воздушной среды в помещениях.
2. Описание и принцип работы установки.
3. Порядок проведения измерений.
4. Отчет, выводы и заключение о выполненной работе.

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

На предприятиях АПК, во многих технологических процессах, особенно в процессах переработки продукции растениеводства, мы часто сталкиваемся с условиями, когда в окружающем пространстве и в рабочей зоне формируется повышенная запыленность отходами производства и продуктами переработки. Так же, в случаях нагревания твердого горючего материала, площадь контакта с кислородом воздуха ограничена, выделение тепла происходит постепенно и безопасно, так как в процессе нагрева теплота частично рассеивается. Если рассматривать то же горючее вещество, но измельченное, в виде пылевого облака, площадь поверхности соприкосновения и контакта с воздухом резко возрастает, возрастает и вероятность образования взрыва.

Воспламенение пылевоздушной смеси характеризуется выделением тепла, высокой скоростью фронта пламени и увеличением давления в результате нагрева и расширения объема пылесодержащего воздуха во взрывном объеме. Повышение давления происходит в результате выделения газообразных компонентов, в результате горения пыли. Основным условием для возникновения взрыва пылевоздушной смеси является турбулентность воздушного потока для рассеивания

по объему облака и образования аэрозвеси. Чем мельче частицы пыли, тем быстрее их рассеивание в объеме воздуха и более длительный период нахождения во взвешенном состоянии, от величины размера частиц, также изменяется площадь контактируемой поверхности на единицу массы вещества и соответственно увеличивается вероятность воспламенения.

Отсюда можно сделать вывод, что чем мельче пыль, тем ниже минимальная взрывоопасная концентрация и минимальная энергия воспламенения, следовательно, выше давление возникающее при взрыве.

Важное значение имеет конфигурация частиц, их удельная поверхность. Плоские частицы гораздо легче воспламеняются, чем объемно-сферические, причем величина поверхности частиц пыли имеет значение для процессов горения.

Количественное содержание частиц пыли в сформировавшемся облаке, при котором наблюдается наиболее высокое давление взрыва или скорость горения, более низкие температуры самовоспламенения или энергии поджигания, значительно выше стехиометрических (стехиометрическая смесь — это смесь, состав которой обеспечивает полное сгорание вещества (топлива) без остатка избыточного окислителя) (таблица 1).

Нижний предел взрываемости многих пылей лежит в интервале  $40...50\text{г/м}^3$ , что равно нижнему весовому пределу взрываемости ряда углеводородных газов масляного тумана в смеси с воздухом. При повышенном давлении, возникающем при взрыве, это может быть достаточным для того, чтобы вызвать повреждение или разрушение оборудования, которое используется для обработки веществ и материалов с образованием пыли в производственных условиях.

Но самая большая опасность может возникнуть, когда в результате сгорания небольшого объема смеси (первичный взрыв) сформировавшаяся ударная волна поднимает осевшую пыль на других производственных участках цеха или здания, пламя первичного взрыва или от другого источника зажигания приводит к взрывному сгоранию больших объемов пылевоздушных смесей, что в результате цепной реакции вызывает еще большие разрушения.

Таблица 1 - Взрывоопасные характеристики пылей ГОСТ Р 54745-2011

Пыль с размером частиц 74 мк	Темпера- тура са- мовос- пламене- ния об- лака пы- ли, °С	Мини- мальная энергия поджи- гания, мДж	Нижний предел взрывае- мости, г/м <sup>3</sup>	Макси- мальное давление, возникаю- щее при взрыве, кг/см <sup>2</sup>	Скорость возрастания давления, кг/см <sup>2</sup>	
					средняя	макси- мальная
1	2	3	4	5	6	7
Кофе	410	160	85	3,5	11	18
Крахмал	380	30	40	7,7	155	474
Декстрин	400	40	40	7,4	127	492
Мука	430	30	55	6,7	70	193
Сахар	350	30	35	6,3	112	351
Уголь	610	60	55	6,0	56	158
Пробка	470	45	35	7,0	141	387
Ангидрид	650	15	15	4,9	91	299
Каучук	350	50	25	5,6	84	267
Сера	190	15	35	5,6	119	334
Древесная мука	430	20	40	7,7	112	387
Алюминий (размол.)	550	-	45	4,9	141	288
Магний (размол.)	520	40	20	6,7	211	703
Сплав Mg+Al 50:50	535	80	50	6,3	281	703
Титан	330	10	45	5,6	239	703
Цинк	600	650	480	3,5	42	123
Ацетат целлюлозы	320	10	25	7,7	197	474
Метилцел- люлоза	360	20	30	7,0	134	422
Метилмета- крилат	440	15	20	7,0	35	123
Ренольная смола	460	10	25	5,6	119	422
Полиамид	500	20	30	6,3	127	492
Полистирол	490	15	15	6,3	169	492
Карбамид- ная смола	450	80	70	6,0	56	140

Таким образом, способность взрыва распространяться, образуя на своем пути новый горючий материал, является опасной отличительной особенностью взрывов пыли, от взрывов газовых и парогазовых смесей.

Основными характеристиками взрывоопасности пыли в смеси с воздухом являются:

- нижний предел взрываемости;
- минимальная температура самовоспламенения;
- минимальная энергия поджигания;
- давление, возникающее при взрыве;
- **минимальная концентрация кислорода или негорючей пыли, необходимых для устранения опасности воспламенения.**

Для определения перечисленных характеристик берут пробы пыли с размером частиц 60...70 мкм. При меньших размерах частиц, пыли проявляют склонность к склеиванию и комкованию.

Минимальная концентрация пыли в воздухе, при которой происходит ее загорание, называется **нижним пределом воспламенения пыли**.

Ввиду того, что достижение очень больших концентраций пыли во взвешенном состоянии практически невозможно, термин «верхний предел воспламенения» к пыли практически не применяется.

Температура самовоспламенения пылевоздушного облака – это температура, при которой скорость выделения тепла при реакции взаимодействия пыли с кислородом воздуха равна скорости отвода тепла в окружающее пространство. Превышение скорости выделения тепла в результате химической реакции над скоростью отвода тепла из зоны реакции является условием **теплового самовоспламенения пылевоздушной смеси**.

Минимальная энергия поджигания большинства пылей находится в интервале 20...100 мДж, в тоже время, определенное влияние на энергию поджигания имеет размер частиц. Содержащаяся в воздухе и в пыли влага существенно повышает затраты энергии поджигания. Пылевоздушные смеси с энергией поджигания свыше

100 мДж в обычных условиях плохо поджигаются разрядом статического электричества.

Максимальное давление, возникающее при взрывах пылевоздушных смесей, в основном лежит в пределах 6...8 кг/м<sup>2</sup> и скорость возрастания давления увеличивается при повышении степени турбулентности среды в сосуде (ограниченном пространстве и размеров источника тепла).

Критическое (минимальное) содержание кислорода, при котором не происходит воспламенение пылевоздушного облака, зависит от температуры и типа источника тепла, используемого при поджигании, а также от состава и концентрации разбавляющего газа. Минимальное содержание кислорода для многих горючих пылей составляет 7...15%, причем с повышением температуры минимальное содержание кислорода уменьшается.

**Относительной воспламеняемостью** называется - процентное содержание стандартной негорючей пыли в смеси с исследуемой горючей пылью, необходимое для предотвращения воспламенения облака, для большинства пылей оно составляет примерно 90%.

Все производственные процессы, при производстве которых образуются большие количества взрывоопасных пылей делятся на три группы:

1. Измельчение веществ до порошкообразного состояния, в муку мелкого или крупного помола, а также в пылеобразное состояние;
2. Использование выше перечисленных порошков, муки и пыли;
3. Процессы, при которых металлические отливки, изделия из древесины, пластмассы, пробки и т.п. материалов подвергаются шлифовке, полировке с образованием при этом нежелательного отхода в виде пыли.

При проведении подобных процессов должны приниматься меры по обеспечению безопасности:

- устранить все потенциальные источники поджигания;
- соблюдать режим чистоты, так чтобы взрывоопасная пыль не рассеивалась и не оседала на нагретых поверхностях электрооборудования;

- применение инертного газа в процессах с выделением особо взрывоопасных пылей;
- смешение горючей пыли с негорючей;
- измельчение или обработка порошка или пыли под жидкостью;
- обработка поверхности частиц защитной пленкой, с целью предотвращения быстрого окисления;
- пылящее оборудование располагать на открытых площадках;
- монтировать опасные узлы отдельно от остальной установки;
- предусматривать разгрузочные устройства для сброса взрывного давления, автоматические средства локализации взрыва и пожаротушения.

## 2. ОПИСАНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ УСТАНОВКИ

Схема принципиальная пневмоэлектрическая работы установки приведена на рисунке 1.

Пылевоздушную смесь взрывают в вертикальной кварцевой трубе 1 с внутренним диаметром 50 мм и длиной 1000 мм. Источник зажигания 2 – кольцевая электронагревательная печь.

После каждого эксперимента, для очистки внутренней стенки трубы (прокаливания) от осевшей пыли, печь перемещается вдоль трубы, это перемещение обеспечивается вращением винта 3 вручную, маховик винта вынесен за пределы прозрачного ограждения установки.

Температура кварцевой трубы фиксируется термопарой 4, показания которой снимаются по гальванометру 5, перевод измеренных значений напряжений (мВ) в градусы (°С) производится в зависимости от используемой термопары, по ее паспорту. В установке применяется хромель-алюминиевая пара.

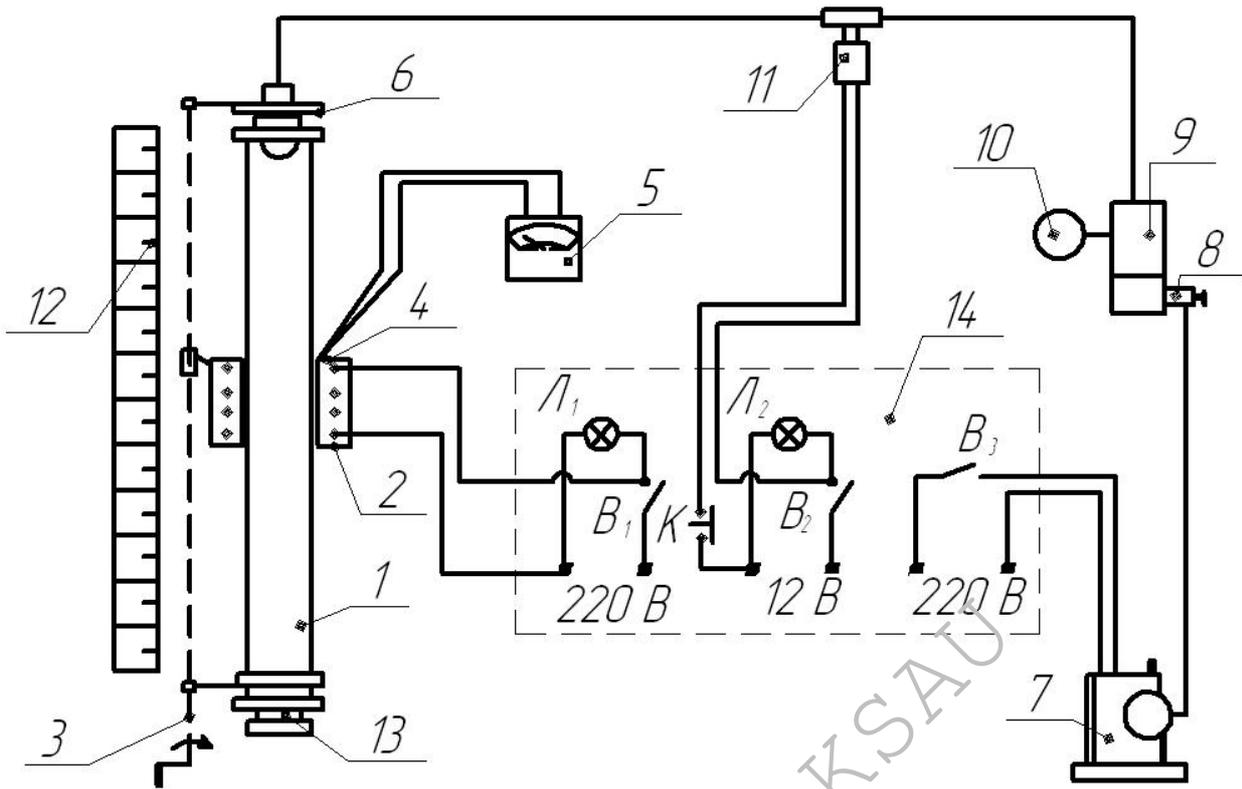


Рисунок 1 - Схема принципиальная пневмоэлектрическая установки

Пылевоздушная смесь создается путем распыления соответствующего количества пыли из распылителя 6, расположенного в верхней части кварцевой трубы. Конструкция распылителя показана на рис. 2.

Подача воздуха обеспечивается следующим образом. Сжатый на компрессоре 7 воздух через вентиль 8 подается в промежуточный ресивер 9, давление в промежуточном ресивере фиксирует манометр 10. По достижении давления в ресивере  $1 \text{ кгс/см}^2$  закрыть вентиль. При включении электропневмоклапана (ЭПК) 11 воздух из ресивера попадает в распылитель 6.

Воспламенение пылевоздушной смеси регистрируется визуально, размер пламени фиксируется по шкале 12. Тумблеры, включающие и выключающие нагрев электропечи, ЭПК и компрессора, вынесены на пульт управления установкой 14. В нижней головке 13, установленной на кварцевой трубе имеется противовзрывная мембрана из кальки, срабатывающая при взрыве пылевоздушной смеси.

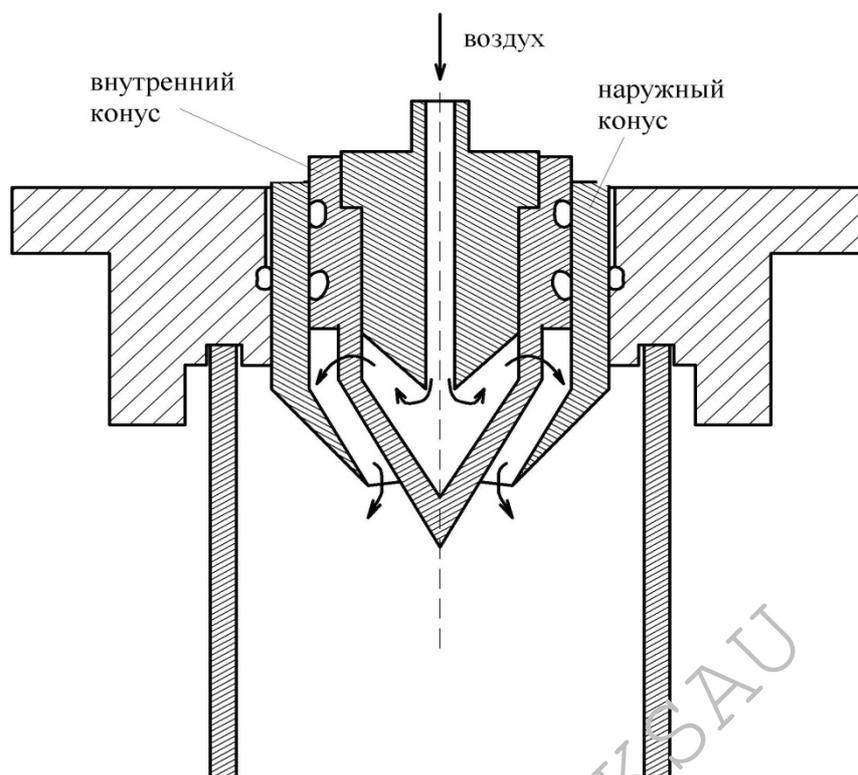


Рисунок 2 - Распылитель пылевоздушной смеси

### 3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Кольцевую печь установить на расстоянии 200 мм от нижней головки кварцевой трубы и включить тумблером  $B_1$  на пульте управления, загорится индикаторная лампа  $L_1$ .

3.2. Взвесить на аналитических весах 0,5 г исследуемой пыли с точностью  $\pm 0,01$  г и поместить навеску в основной корпус распылителя. Установить распылитель в верхнюю головку кварцевой трубы.

3.3. Включить компрессор тумблером  $B_3$  при открытом вентиле на промежуточном ресивере. При достижении в ресивере давления 1 кгс/см<sup>2</sup> (по показанию манометра) вентиль закрыть и выключить компрессор.

3.4. При выходе печи на постоянный тепловой режим (в течение двух минут показания одни и те же, это говорит о том, что печь создала максимальный нагрев в той части кварцевой трубы, которая находится внутри ее объема) по показаниям гальванометра. Убедившись, что тепловой режим печи постоянен, произвести запуск установки. Включить блок питания ЭПК тумблером  $B_2$ , индикаторная лампа  $L_2$  загорелась.

Нажатием кнопки  $K_1$  на пульте управления включить ЭПК, который пропускает воздух в верхнюю головку кварцевой трубы, распыляя навеску. Визуально наблюдать воспламенение пылевоздушной смеси и распространение пламени.

3.5. Отключить блок питания ЭПК тумблером  $B_2$ . Питание электропечи должно быть включено в течение всего исследования.

3.6. Очистить (прокалить) внутреннюю поверхность кварцевой трубы, перемещая печь вдоль нее. Перемещать печь медленно, вращая винт, затем печь установить в исходное положение.

Если произошло воспламенение (взрыв) и пламя распространилось по всему объему трубы, эксперимент повторить с меньшим количеством пыли (0,35; 0,25; 0,15 г), предварительно сменив мембрану, если произошло ее разрушение. Навеску пыли уменьшать до тех пор, пока не будет наблюдаться спокойное распространение пламени по всему объему трубы. Данное количество пыли (навеску) принимают при расчете нижнего предела воспламенения. Повторность эксперимента, с одними и теми же навесками трехкратная. Только после проведения всех экспериментов печь выключить.

Расчет нижнего предела воспламенения необходимо начать с определения **коэффициента распыления**. Для этого навеску, соответствующего количества пыли, поместить в распылительный конус и распылить и распылить воздухом под тем же давлением, что и при проведении эксперимента, при этом в нижней части головки трубы, вместо разрывной мембраны лист бумаги, на котором осядет часть навески пыли, участвующей в создании аэрозвеси. Лист бумаги взвесить до и после опыта. Вычитая вес бумаги, определить вес фактически осевшей части навески пыли  $q_\phi$ :

$$k = \frac{q_\phi}{q_\varepsilon}, \quad (1)$$

Нижний предел воспламенения (НПВ) рассчитывается по формуле:

$$\text{НПВ} = \frac{q \cdot k \cdot 10^3}{V} \text{ г/м}^3, \quad (2)$$



**Контрольные вопросы:**

1. Необходимые условия для воспламенения пылевоздушной смеси.
2. Факторы, влияющие на взрываемость пылевоздушных смесей.
3. Основные характеристики взрывоопасности пылевоздушных смесей.
4. Минимальные концентрации кислорода или негорючей пыли, необходимые для устранения опасности воспламенения.
5. Каким образом ведется классификация производственных процессов, при которых образуются большие количества взрывоопасной пыли.
6. Расчет нижнего предела воспламенения пылевоздушных смесей.
7. Устройство и принцип действия установки для определения НПВ пылевоздушных смесей.

**Список использованной литературы**

1. Безопасность труда в химической промышленности: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / [Л.К.Маринина, А.Я. Васин, И.И. Торопов и др.]; под ред. Л.К. Марининой. – 2-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. -528 с.
2. ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».

Library of KSAU

Для заметок

Library of KSAU

Для заметок

Library of KSAU