

# Лекция 12

# Теория горения и взрывов

доктор технических наук, профессор  
Лепешкин Олег Михайлович

---

# Тема 5: ВЗРЫВОЗАЩИТА

## Учебные вопросы

- **Контроль за накоплением горючих газов и паров.**
  - **Аварийное вентилирование помещений.**
  - **Взрывозащита методом флегматизации взрывоопасной среды.**
  - **Устройство предохранительных конструкций.**
  - **Взрывоподавление**
-

## Учебная литература:

- 1. Зинченко А.В. Теория горения и взрыва, 2016.**

**URL:**

**[http:// elib.spbstu.ru/dl/2/s16-138.pdf](http://elib.spbstu.ru/dl/2/s16-138.pdf)**

---



# **Контроль за накоплением горючих газов и паров.**

---

К числу активных мер взрывозащиты относятся следующие:

- контроль за накоплением взрывоопасных газов и паров в помещениях;
  - аварийное вентилирование помещений при образовании в них взрывоопасной среды;
  - флегматизация взрывоопасной среды в помещениях;
  - устройство предохранительных конструкций, ослабляющих разрушительное действие взрыва;
  - подавление возникающего взрыва.
-

*Газоанализатор* – измерительный прибор для определения качественного и количественного составов смесей газов.

Различают газоанализаторы ручного действия и автоматические. Среди газоанализаторов ручного действия наиболее распространены абсорбционные газоанализаторы, в которых компоненты газовой смеси последовательно поглощаются различными реагентами.

*Автоматические газоанализаторы* непрерывно измеряют какую-либо физическую или физико-химическую характеристику газовой смеси или ее отдельных компонентов.

---



По принципу действия автоматические газоанализаторы могут быть разделены на три группы:

1. Объемно-манометрические (химические) газоанализаторы – приборы, основанные на физических методах анализа, включающих вспомогательные химические реакции. При помощи таких газоанализаторов определяют изменение объема или давления газовой смеси в результате химических реакций ее отдельных компонентов.

2. Приборы, основанные на физических методах анализа, включающих вспомогательные физико-химические процессы (термохимические, электрохимические, фотоколориметрические, хроматографические и др.).

---

**Термохимические газоанализаторы** — газоанализаторы, позволяющие измерить тепловой эффект реакции каталитического окисления (горения) газа и применяемые для определения концентраций горючих газов (например, опасных концентраций окиси углерода в воздухе).

**Электрохимические газоанализаторы** — газоанализаторы, применяемые для определения концентрации газа в смеси по значению электрической проводимости раствора, поглотившего этот газ.

**Фотоколориметрические газоанализаторы** — газоанализаторы, действие которых основано на изменении цвета определенных веществ при их реакции с анализируемым компонентом газовой смеси, позволяющее определить микроконцентрации токсичных примесей в газовых смесях — сероводорода, окислов азота и др.

**Хроматографические газоанализаторы** — газоанализаторы, широко используемые для анализа смесей газообразных углеводородов.

---

## Приборы, основанные на чисто физических методах анализа

**Термокондуктометрические газоанализаторы** – газоанализаторы, применяемые для измерения теплопроводности газов и анализа двухкомпонентных смесей (или многокомпонентные при условии изменения концентрации только одного компонента).

**Денсиметрические газоанализаторы** – газоанализаторы, применяемые для измерения плотности газовой смеси и содержания углекислого газа, плотность которого в 1,5 раза превышает плотность чистого воздуха.

**Магнитные газоанализаторы** – газоанализаторы, применяемые для определения концентрации кислорода, обладающего большой магнитной восприимчивостью.

**Оптические газоанализаторы** – газоанализаторы, используемые для измерения оптической плотности, спектров поглощения или спектров испускания газовой смеси.

**Ультрафиолетовые газоанализаторы** – газоанализаторы, используемые для определения содержания в газовых смесях галогенов, паров ртути, некоторых органических соединений.



Газоанализаторы разделяются на

**Портативные** приборы являются средством индивидуальной защиты и измерения концентрации газов.

**Стационарные** используют для индикации показаний и интеграции их в систему АСУ, включения и отключения различных вторичных устройств.

**Газосигнализатор** – прибор для подачи сигнализации о превышении норм допустимой концентрации опасных газов и паров в воздухе рабочей зоны, для предотвращения отравлений токсичными газами и исключения опасности взрыва горючих газов.

---

# Аварийное вентилирование помещений

---

## **Аварийное вентилирование помещений**

является одним из основных способов предупреждения образования взрывоопасных сред.

Различают промышленные и бытовые системы вентиляции.

**Промышленные системы вентиляции** устанавливаются на производстве, а бытовые – в жилых помещениях.

В зависимости от специализации различают **рабочую (основную) и аварийную системы вентиляций.**

Различают **вентиляции с искусственным и естественным побуждением.**

Вентиляция с естественным побуждением (открытие окон, форточек) используется при неопасном и невредежном производстве.

Искусственная вентиляция (нагнетание воздуха какими-то приспособлениями, например, вентилятором) используется там, где нужна постоянная стабильная скорость и сила потока.

По назначению системы вентиляции делятся на приточные, вытяжные и приточно-вытяжные.

---

Основным показателем работы вентиляции является кратность воздухообмена, которая характеризуется числом обмена воздуха в помещении в течение часа.

При оценке взрывоопасности помещений учитывается возможность образования локальной взрывоопасной среды, допустимый объем которой определяется тем, что развиваемое при выгорании локального облака избыточное давление не должно превышать 5 кПа.

Этому условию соответствует объем локального облака со средней концентрацией на уровне НКПР, равный примерно 5 % от объема помещения. Расчеты показывают, что предельно допустимая концентрация горючих примесей с учетом запаса надежности 50 % составляет 2,5 % НКПР.

---

Время действия аварийной вентиляции ( $t$ ) определяется по формуле

$$t = \frac{V}{L} \cdot \ln \frac{C}{C_0}, \quad (14.1)$$

где  $V$  – объем помещения, м<sup>3</sup>;  $L$  – объем подаваемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч;  $C$  – текущая концентрация, кг/м<sup>3</sup> или % (об.);  $C_0$  – предельная концентрация, кг/м<sup>3</sup> или % (об.).

Примем предельную концентрацию равной 1 г/м<sup>3</sup>, а кратность обмена воздуха  $K = \frac{V}{L}$ .

Текущая концентрация создается выбросом газа из технологического оборудования под давлением с соответствующим расходом. С учетом уравнения (14.1) можно записать

$$\left( C - \frac{G}{K} \right) \left( C_0 - \frac{G}{K} \right) = \exp(-tk), \quad (14.2)$$

где  $G$  – удельное газовыделение, кг/м<sup>3</sup>·ч.

Время, необходимое для снижения  $C$  до  $C_0$ , рассчитывается по формуле (14.2) путем задания  $C$  и  $K$ .

Максимально возможная концентрация истекающего вещества ( $C$ ) рассчитывается следующим образом:

$$C = \frac{\mu S \sqrt{\frac{2P}{\rho}} t}{V} \cdot 10^2, \quad (14.3)$$

где  $\mu$  – коэффициент истечения ( $\mu = 0,8$ );  $S$  – площадь сечения отверстия,  $\text{м}^2$ ;  $P$  – давление в оборудовании, Па;  $\rho$  – плотность газообразных примесей с учетом давления и температуры,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $t$  – время истечения вещества, ч;  $V$  – объем помещения,  $\text{м}^3$ .



Взрывозащита методом флегматизации  
взрывоопасной среды.

---

## Метод флегматизации

взрывоопасной среды в помещениях основан на разбавлении взрывоопасной среды до состояния, когда эта среда не способна распространять пламя.

Это состояние достигается при содержании разбавителей, соответствующих «пику» на кривой флегматизации, построенной на графике в координатах «содержание горючего компонента в смеси с воздухом и флегматизатором» (ось ординат) и «содержание флегматизатора в смеси с воздухом и горючим компонентом» (ось абсцисс).

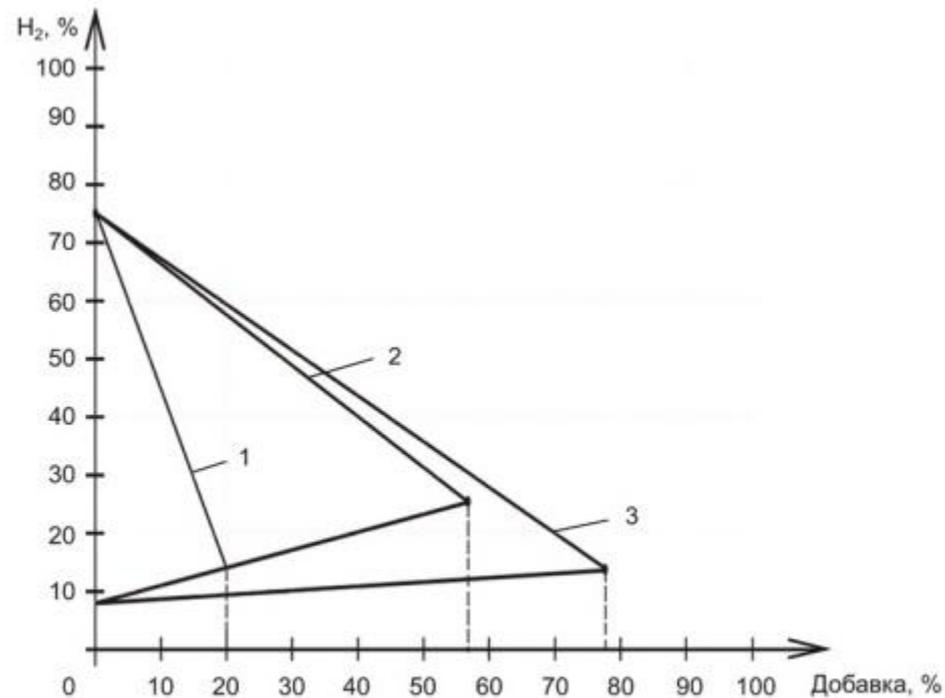


Рис. Флегматизация смеси «H<sub>2</sub> – воздух» инертами:  
1 – гексафторпропилен; 2 – диоксид углерода; 3 – азот

Область состава, ограниченная кривой флегматизации и осью ординат, является горючей, а область вне кривой флегматизации – негорючей.

В качестве флегматизатора применяются инертные разбавители и бромйодосодержащие хладоны, способные ингибировать горение ( $C_2H_5I$ ,  $CF_3CH_2Br$ ,  $CF_3CHClBr$  и др.).

Как видно из рисунка, значения пиковых концентраций весьма велики, а нижняя ветвь кривой флегматизации оказывается практически параллельной оси абсцисс.

---

# Устройство предохранительных конструкций.

## Взрывоподавление

Предохранительные конструкции применяются для взрывозащиты технологического оборудования и помещений.

Принцип их действия заключается в ослаблении разрушительного действия взрыва за счет своевременного сброса из объекта защиты избыточного давления.

Для взрывозащиты технологического оборудования используются мембраны и клапаны, которые предназначены для уменьшения давления в ГВС, что приводит к предотвращению взрыва в условиях нагревания ГВС.

К предохранительным конструкциям, предназначенным для взрывозащиты помещений и сооружений, относятся следующие:

- остекление;
  - легкосбрасываемые облегченные стеновые панели;
  - облегченные покрытия.
-

Наиболее широко в качестве ПК применяется остекление. Толщина стекла ( $h$ ) является важным, но не единственным фактором, определяющим эффективность ПК. С увеличением размера стекла его прочность ( $\sigma_c$ ) снижается. Вместе с тем, при  $2 \text{ мм} \leq h \leq 6 \text{ мм}$   $\sigma_{\text{мин}} \approx \text{const}$ .

Разрушение зависит и от способа крепления стекол. Остекление как средство взрывозащиты эффективно, если время образования проема будет меньше времени сгорания горючей смеси, т. е. при  $t \leq 0,1 \text{ с}$ . Коэффициент эффективности использования стекол в качестве ПК составляет для одинарных стекол от 0,01 до 0,7 а для бинарных – 0,25.

---

**Взрывоподавление** – активный способ взрывозащиты, заключающийся в очень быстром воздействии на начавшийся взрыв эффективными средствами пожаротушения.

Взрыв ГВС, паров ЛВЖ, газа, органических пылей, развивающийся в дефлаграционном режиме, имеет инкубационный период длительностью до  $5 \cdot 10^{-2}$  с, во время которого еще не происходит резкого повышения давления.

Существующие технические средства позволяют за это время обнаружить возникновение взрыва и интенсивно воздействовать на него огнетушащим средством. Впервые систему взрывоподавления для защиты самолетных баков в годы Второй мировой войны разработала фирма «Травинер», которая до настоящего времени успешно работает в этой области.

---

