

## Введение

Мифы древних греков гласят, что огонь людям подарил Прометей. Он похитил огонь у богов Олимпа, за что и был сурово наказан ими. Человек покорил огонь и научился управлять им. Однако история развития человечества свидетельствует о том, что уже с момента овладения огнем человек столкнулся с опасностями, источником которых он является. На протяжении многих веков в пожарах гибнут люди, уничтожаются материальные и духовные ценности, загрязняется среда обитания.

В Российской Федерации ежегодно происходит более 500 тыс. пожаров, в которых гибнут до 20 тыс. человек и около 15 тыс. получают травмы и ожоги. Ежегодный прямой ущерб составляет не менее 1% от валового внутреннего продукта страны (ВВП).

Сегодня проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов родного хозяйства приобрели еще большую остроту. Количество пожаров и взрывов в стране практически не снижается.

Разработанная и утвержденная Постановлением Правительства РФ от 30.12.2012 г. № 1481 (ред. от 14.02.2015 г.) Федеральная целевая программа «Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 г.» по известным причинам была практически неэффективна и требует коренного пересмотра.

Углубленный анализ существующего состояния пожарной безопасности показывает, что на предприятиях агропромышленного комплекса зона пожаров составляет не менее 5% от их общего количества в стране с общим ущербом до 3 млрд руб., на предприятиях лесопромышленного комплекса – 4–5% от общего количества пожаров с материальным ущербом до 2,3 млрд руб., на нефтеперерабатывающих – не менее 12 крупных пожаров в год, на текстильных – более 50 пожаров и взрывов в год с материальным ущербом более 100 млн руб. В образовательных учреждениях, насчитывающих более 105 тыс. объектов, ежегодно происходит не менее 400 пожаров.

В США ежегодно происходит до 1,5 млн пожаров в год, но по сравнению с нашей страной количество погибших при пожарах не превышает 3 тыс. человек.

Это убедительно свидетельствует о том, что существующие в настоящее время меры профилактики не дают ожидаемых результатов без углубленной подготовки специалистов в этой области знаний, без изучения ими физико-химических основ процессов горения и взрыва, требований безопасности к машинам, оборудованию, технологическим процессам, без изучения современных методов обнаружения и тушения пожаров.

К сожалению, учебников, учебных пособий и материальной базы в учебных заведениях для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Техносферная безопасность», практически нет.

Настоящее пособие одно из немногих, которое подготовлено автором с учетом накопленного опыта преподавания данной дисциплины в рамках Государственного образовательного стандарта и направлено на подготовку квалифицированных кадров для работы на различных объектах народного хозяйства.

В пособии приведены основные законодательные акты по пожарной безопасности, проанализированы основные причины пожаров и взрывов, рассмотрены с современных позиций физико-химические основы процессов горения и взрыва, методы и средства обнаружения и тушения пожаров, организационно-правовые основы системы обеспечения пожарной безопасности на объектах народного хозяйства.

## **1. Основные законодательные и нормативно-правовые акты по пожарной безопасности**

Законодательство РФ о пожарной безопасности основывается на Конституции РФ, включает в себя федеральные законы и иные нормативно-правовые акты, регулирующие вопросы пожарной безопасности.

Основными законодательными документами в области пожарной безопасности являются:

- Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
- Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
- Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».
- Закон Санкт-Петербурга от 18.07.2005 № 368-52 «О пожарной безопасности в Санкт-Петербурге».

К нормативным документам по пожарной безопасности относятся стандарты, нормы и правила пожарной безопасности, инструкции и иные документы, содержащие требования пожарной безопасности, обязательные для исполнения. К таким документам относятся Система стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.004–12.1.044, ГОСТ 12.3.003–12.3.005, ППБ 01-93 «Правила пожарной безопасности в РФ», НПБ 101-95, НПБ 110-96, СНИП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» и др.

Основы противопожарной защиты объектов определены стандартами ГОСТ 12.1.004-1 «Пожарная безопасность» и ГОСТ 12.1.010 «Взрывоопасность. Общие требования». Этими стандартами возможная частота пожаров и взрывов допускается такой, чтобы вероятность их возникновения в течение года не превышала  $1 \times 10^{-6}$ , или чтобы вероятность воздействия опасных факторов на людей в течение года не превышала  $10^{-6}$  на человека.

В соответствии с Положением о Министерстве РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, утвержденным Указом Президента РФ от 11.07.2004 № 868, обеспечение пожарной безопасности возложено на МЧС.

Данное министерство осуществляет управление, координацию, контроль и реагирование в области обеспечения пожарной безопасности, главным образом, через Государственную противопожарную службу, которая является составной частью сил обеспечения безопасности личности, общества и государства и координирует деятельность других видов пожарной охраны.

Отправным правовым актом, обязательным для применения и исполнения органами власти всех уровней, организациями, их должностными лицами и др., в соответствии с которым должна строиться стратегия обеспечения пожарной безопасности, являются «Правила противопожарного режима в Российской Федерации», утвержденные Постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 № 390 «О противопожарном режиме» (вместе с «Правилами противопожарного режима в Российской Федерации»).

## **2. Классификация пожаров и взрывов.**

### **Причины возникновения пожаров, пожароопасные факторы, задачи пожарной безопасности**

**Пожар** – неконтролируемое горение, причиняющее ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

ГОСТ 22.3.31-87 определяет следующие классы пожаров:

А – горение твердых веществ;

В – горение жидких веществ;

С – горение газообразных веществ;

Д – горение металлов и их сплавов;

Е – горение электроустановок, находящихся под напряжением.

От класса зависит выбор методов и средств тушения пожаров.

По масштабам и интенсивности пожары подразделяются на отдельные, сплошные, огневой штурм и массовые пожары.

Основными опасными факторами пожара являются:

- открытый огонь (пламя, искры);

- тепловой поток;

- повышенная температура;

- токсичность продуктов горения;

- пониженная концентрация кислорода;

- задымление, снижение видимости в дыму.

К сопутствующим факторам пожара относятся:

- осколки, части разрушившихся зданий, сооружений, строений, транспортных средств, оборудования, агрегатов и иного имущества;

- радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных технологических установок;

- опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара;

- воздействие огнетушащих веществ.

**Взрыв** – это быстропотекающий процесс высвобождения внутренней энергии, создающий избыточное давление.

Взрыв может происходить с горением (процессом окисления) – химический взрыв или без него – физический взрыв.

Взрыв может быть вызван:

- детонацией конденсированных взрывчатых веществ (ВВ);

- быстрым сгоранием воспламеняющегося облака газа или пыли;

- внезапным разрушением сосуда со сжатым газом или перегретой жидкостью;

- смешиванием перегретых твердых веществ (расплава) с холодными жидкостями и т. п.

Если построить дерево причин возникновения пожаров и взрывов, то можно обнаружить, что основной причине предшествует стадия накопления ошибок в объемно-планировочных решениях, недостатков технологии

и отклонений от технологических режимов, дефектов оборудования, нарушений противопожарных и санитарных норм, недостаточного контроля за организацией труда и действиями персонала и других причин. Совокупность указанных недостатков формируют обстоятельства, способствующие переходу потенциальных опасностей возникновения пожаров и взрывов в реальные.

Углубленный анализ причин возникновения пожаров и взрывов показывает, что наиболее распространенными являются:

- неосторожное обращение с огнем – 43%;
- нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования – 20,7%;
- поджоги – 7,2%;
- игры с огнем – 10,1%;
- неисправность электроустановок, машин и оборудования;
- неудовлетворительное состояние объектов, отсутствие первичных средств пожаротушения.

Довольно часто происходят пожары и взрывы, связанные с явлением самовоспламенения, самовозгорания, разрядов статического электричества, нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации бытовых газовых приборов, печей и дымоходов.

**Пожарная безопасность** – это состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения используются необходимые меры по устранению негативного влияния опасных факторов пожара на людей, сооружения и материальные ценности.

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Пожарная профилактика включает комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожара или уменьшение его последствий. Активная пожарная защита – меры, обеспечивающие успешную борьбу с пожарами или взрывоопасной ситуацией.

Пожарная безопасность решает 4 задачи, непосредственно связанные с профилактикой и тушением пожаров:

- предупреждение пожаров;
- локализация пожаров;
- защита людей и материальных ценностей;
- тушение пожаров.

### 3. Физико-химические основы процессов горения и взрыва.

#### Условия, необходимые для горения и взрыва

**Горение** – быстропротекающая химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением большого количества тепла и излучением света.

**Взрыв** – частный случай горения, протекающего мгновенно. С кратковременным выделением значительного количества тепла и излучением света, сопровождающегося ростом давления и образованием ударной волны. При давлении ударной волны более 15 кПа, она обладает разрушительной способностью и распространяется в газе перед фронтом пламени со звуковой скоростью 330 м/с.

Механизм горения раскрыт в трудах советских ученых Н. Н. Семенова, Д. А. Франк-Каменецкого, Я. Б. Зельдовича, Я. С. Киселева и др. В основе работ лежит тепловая теория самовоспламенения и цепная теория окисления. Согласно теории самовоспламенения, условием возникновения горения является превышение скорости выделения тепла химической реакции над скоростью отдачи тепла реагирующей системой в окружающую среду.

Согласно цепной теории, энергия, сосредоточенная в молекуле продукта первичной реакции, не рассеивается, а передается непосредственно одной из реагирующих молекул, приводя ее в активное состояние. Так возникает цепь реакций.

Горение возможно при наличии четырех условий: горючего вещества, окислителя, источника воспламенения (импульса) и температуры.

В качестве окислителя могут выступать кислород, азотная кислота, пероксид натрия, аммиачная селитра, бертолетова соль и другие вещества.

Окислитель необходим в определенных концентрациях, а импульс должен иметь достаточную мощность.

Наибольшая скорость горения наблюдается в чистом кислороде, наименьшая – при содержании в воздухе 14–15% кислорода, при дальнейшем уменьшении кислорода горение большей части веществ прекращается.

Различают два вида горения:

- полное – при достаточном и избыточном количестве кислорода;
- неполное – при недостатке кислорода.

При *полном горении* продуктами сгорания являются двуокись углерода, вода, азот, сернистый ангидрид, фосфорный ангидрид. При *неполном горении* обычно образуются едкие, ядовитые, горючие и взрывоопасные продукты: окись углерода, спирты, кетоны, альдегиды, кислоты.

Температура, которая достигается в стехиометрической смеси при полном сгорании, называется **теоретической температурой горения**.

**Стехиометрическим** называется такое соотношение компонентов горючей смеси, при сгорании которой ни один из компонентов не остается в избытке в продуктах реакции.

**Действительные температуры**, развивающиеся во время пожаров, из-за потерь тепла в окружающую среду на 30–50% меньше теоретических.

Например, для древесины, бензина, серы теоретическая  $t_t$  и действительная  $t_d$  температуры имеют следующие значения (табл. 1).

Таблица 1

**Действительные и теоретические температуры,  
развивающиеся во время пожара**

Компонент	$t_t$ , °C	$t_d$ , °C
Древесина	1605	1090
Бензин	1730	1400
Сера	1820	1300

В зависимости от агрегатного состояния веществ, участвующих в процессе горения, различают гомогенное и гетерогенное горение.

**Гомогенным** является горение лишь газообразных веществ.

При **гетерогенном** горении исходные вещества находятся в разных агрегатных состояниях (твердое или жидкое горючее и газообразный окислитель).

**Движение пламени по газовой смеси называется распространением пламени.** В зависимости от скорости распространения пламени горение может быть **дефлаграционным** (нормальным) (несколько м/с), **взрывным** (десятки и сотни м/с), **детонационным** (тысячи м/с).



#### 4. Показатели пожаро- и взрывоопасности веществ и материалов

Показатели пожаро- и взрывоопасности веществ и материалов определяются с целью получения исходных данных для определения категории производства и разработки систем обеспечения пожарной безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-85 и ГОСТ 12.1.010-76.

Пожаро- и взрывоопасность веществ и материалов определяется показателями, выбор которых зависит от агрегатного состояния вещества и условий его применения.

Количество показателей, необходимых и достаточных для характеристики пожаро- и взрывоопасности веществ и материалов в условиях их производства, переработки, транспортировки и хранения, как правило, определяется разработчиком системы обеспечения пожарной безопасности объекта.

Номенклатура и применяемость показателей пожаро- и взрывоопасности веществ и материалов приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Номенклатура и применяемость показателей пожаро-  
и взрывоопасности веществ и материалов**

Показатели	Применяемость показателей пожаро- и взрывоопасности			
	газов	жидкостей	твердых веществ	пылей
Группа горючести	+	+	+	+
Температура вспышки	—	+	+	—
Температура воспламенения	+	+	+	+
Температура самовоспламенения	+	+	+	+
Нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени (воспламенения)	+	+	—	+
Температурные пределы распространения пламени (воспламенения)	+	+	—	—
Температура самонагрева	—	—	+	+
Температура тления	—	—	+	+
Условия теплового самовозгорания	—	—	+	+
Минимальная энергия зажигания	+	+	—	+
Кислородный индекс	—	—	+	—
Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами	+	+	+	+
Нормальная скорость распространения пламени	+	+	—	—
Скорость выгорания	—	+	—	—

Окончание табл. 2

Показатели	Применяемость показателей пожаро- и взрывоопасности			
	газов	жидкостей	твердых веществ	пылей
Коэффициент дымообразования	–	–	+	
Индекс распространения пламени	–	–	+	–
Показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов	–	–	+	–
Минимальное взрывоопасное содержание кислорода	+	+	–	+
Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора	+	+	–	+
Максимальное давление взрыва	+	+	–	+
Скорость нарастания давления при взрыве	+	+	–	+

## 5. Классификация веществ и материалов по их способности к горению

Одним из основных показателей пожароопасности, применяемых при классификации веществ и материалов по способности их к горению, является **группа горючести**. По горючести вещества и материалы подразделяются на три группы:

- **негорючие** – вещества и материалы, не способные к горению в воздухе. Негорючие вещества могут быть пожароопасными (например, окислители, а также вещества, выделяющие горючие продукты при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом);

- **трудногорючие** – вещества и материалы, способные возгораться в воздухе от источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после его удаления;

- **горючие** – вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

По агрегатному состоянию горючие вещества делятся на горючие газы (ГГ), горючие жидкости (ГЖ), горючие вещества (ГВ), горючие пыли (ГП).

Пожарная опасность строительных материалов определяется показателями: горючестью, воспламеняемостью, распространением пламени по поверхности, дымообразующей способностью и токсичностью.

Каждый из этих показателей в соответствии с требованиями стандартов в зависимости от вида, свойства и других характеристик строительного материала подразделяется на подгруппы.

Например, по горючести (ГОСТ 30244) строительные материалы делятся на 2 группы: негорючие (НГ) и горючие (Г). Если для группы негорючих материалов другие показатели пожарной опасности определяются и не нормируются, то строительные материалы второй группы (Г) подразделяются на 4 подгруппы:

- слабогорючие (Г1);
- умеренногорючие (Г2);
- нормальногорючие (Г3);
- сильногорючие (Г4).

Рассмотрим подробнее определения других показателей, приведенных в табл. 2.

**Температура вспышки** – наименьшая температура горючего вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но количество их недостаточно для устойчивого горения.

Различают легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) и горючие (ГЖ) жидкости.

К ЛВЖ относятся жидкости с температурой вспышки не более 61°C, к ГЖ – с температурой вспышки более 61°C. Температуру вспышки определяют по специальным методикам.

**Температура воспламенения** – наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что после их зажигания возникает устойчивое пламенное горение. Температура воспламенения всегда выше температуры вспышки: для ЛВЖ – на 1–5°C, для ГЖ – на 30°C.

**Температура самовоспламенения** – самая низкая температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающихся пламенным горением.

Температура самовоспламенения выше температуры воспламенения. Так, для основной древесины температура воспламенения и самовоспламенения составляет соответственно 255 и 399°C, пшеничной муки – 250°C, разрыхленного хлопка – 260 и 372°C.

Нижний и верхний концентрированные пределы распространения **пламени (воспламенения)** – интервал концентраций, в котором возможно горение (воспламенение) смеси. Концентрационные пределы взрыва выражаются в объемных процентах и в весовых концентрациях. Пределы непостоянны и зависят от температуры и давления. Для расчета нижнего (НП) и верхнего (ВП) пределов воспламенения индивидуальных горючих веществ можно пользоваться следующими эмпирическими формулами:

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

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

где  $N$  – число грамм-атомов кислорода, участвующее в сгорании 1 моля горючего;  $V_t$  – объем 1 моля газа при начальной температуре смеси, л;  $M$  – масса 1 моля горючего компонента смеси, г.

Для сложной газопаровоздушной смеси известного состава пределы взрываемости можно подсчитать по формуле Ле Шателье:

$$\Pi = \frac{100}{\frac{K_1}{n} + \frac{K_2}{n} + \dots + \frac{K_n}{n}} \%,$$

где  $\Pi$  – предел воспламенения (нижний и верхний);  $K_1, K_2, \dots, K_n$  – концентрации горючих компонентов в горючей части смеси (причем  $K_1 + K_2 + \dots + K_n = 100$ ), объемн. %;  $n_1, n_2, \dots, n_n$  – соответствующие пределы воспламенения чистых компонентов смеси, объемн. %.

При вычислении пределов в весовых концентрациях  $K_1, K_2, \dots, K_n$  заменяются соответственно весовыми процентами горючих компонентов.

**Температурные пределы распространения пламени (воспламенения)** – температуры вещества, при которых его насыщенные пары образуют концентрации, равные соответственно нижнему (нижний температурный предел) и верхнему (верхний температурный предел) концентрированным пределам распространения пламени.

**Нормальная скорость распространения пламени.**

Нормальной или дефлаграционной называется скорость перемещения фронта пламени относительно несгоревшего газа или жидкости в направлении, перпендикулярном к его поверхности.

Эта скорость является физико-химической константой смеси, зависящей от ее состава, давления и температуры.

**Максимальное давление взрыва и скорости нарастания давления при взрыве.**

Максимальное давление взрыва ( $P_{\max}$ ) – наибольшее давление, возникающее при дефлаграционном взрыве газо-, паро-, пылевоздушных смесей в замкнутом сосуде при начальном давлении смеси 101,3 кПа.

Скорость нарастания давления при взрыве – производная давления по времени на восходящем участке взрыва смеси.

**Минимальная энергия зажигания  $W_{\min}$**  – это наименьшее значение энергии электрического разряда, способной воспламенить ту или иную смесь газа, пыли или пара с воздухом.

Существуют различные эмпирические формулы, в которые входит критический зазор между электродами в качестве основного параметра. Процесс считается безопасным, если возможная энергия электрического разряда не превышает 25% от  $W_{\min}$ .

**Минимальное взрывоопасное содержание кислорода (МВСК)** – это такая его концентрация в смеси, ниже которой воспламенение смеси становится невозможным. Минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора – наименьшее значение концентрации флегматизатора, при которой смесь становится неспособной к распространению пламени при любом соотношении горючего и окислительной среды.

**Температура тления** – температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций окисления, заканчивающихся возникновением горения.

**Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами** – качественный показатель, характеризующий особую пожарную опасность некоторых веществ.

**Температура самонагрева** – наименьшая температура вещества, при которой самопроизвольный процесс его нагревания не приводит к тлению или пламенному горению.

**Условия теплового самовозгорания** – экспериментально выявленная зависимость между температурой окружающей среды, массой вещества и временем до момента самовозгорания.

**Самовозгорание** – самопроизвольный процесс самонагревания, заканчивающийся тлением или пламенным горением. Самовозгорание может быть вызвано микробиологическими процессами, химическими реакциями, воздействием высокой температуры. **Микробиологические процессы** – причина самовозгорания растительных веществ: влажных опилок, сена, листьев, торфа, хлопка.

Самовозгорающиеся химические вещества можно разделить на три группы.

1. Вещества, самовозгорающиеся при взаимодействии с воздухом.

Например,  $K + O_2 \rightarrow KO_2 + 283,8 \text{ кДж}$ .

2. Вещества, самовозгорающиеся при взаимодействии с водой.

Например,  $LiH + H_2O \rightarrow LiOH + H_2 + 132 \text{ кДж}$  и  $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2 + 125,2 \text{ кДж}$ .

3. Вещества, самовозгорающиеся при взаимодействии одного с другим.

Стандарт (12.1.004-85 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования») определяет порядок совместного хранения различных химических веществ и материалов, которые подразделяются на шесть групп.

1. Вещества, способные к образованию взрывчатых смесей: калий азотнокислый, натрий азотнокислый, барий азотнокислый, перхлорат калия, бертолетова соль, кальций азотнокислый, аммиачная селитра и др.

2. Сжатые и сжиженные газы:

а) горючие и взрывоопасные газы: ацетилен, водород, блаугаз, метан, аммиак, сероводород, хлорметил, этиленоксид, бутилен, бутан, пропан и др.;

б) инертные и негорючие газы: аргон, гелий, неон, азот, диоксид углерода, диоксид серы и др.;

в) газы, поддерживающие горение: кислород и воздух в сжатом и сжиженном состоянии.

3. Самовозгорающиеся и самовоспламеняющиеся от воды и воздуха вещества:

а) калий, натрий, кальций, карбид кальция, кальций фосфористый, цинковая пыль, пероксид натрия, пероксид бария, алюминиевая пыль и пудра, никелевый катализатор типа Ренея и др., фосфор белый и желтый;

б) триэтилалюминий, диэтилалюминий хлорид, триизобутилалюминий и др.

4. Легковоспламеняющиеся и горючие вещества:

а) жидкости – бензин, бензол, сероуглерод, ацетон, скипидар, толуол, ксилол, амилацетат, легкие сырые нефти, лигроин, керосин, спирты, диэтиловый эфир, масла органические;

б) твердые вещества – целлулоид, фосфор красный, нафталин.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)