

Воздействие на человека негативных факторов производственной среды

Пожаровзрывоопасность

- *Пожар* — неконтролируемое горение вне специального очага, наносящее материальный ущерб и создающее опасность для жизни и здоровья людей.
- *Горение* — окислительный процесс, возникающий при контакте **горючего вещества, окислителя и источника зажигания.**
- ***Горючее вещество*** - вещество, которое способно самостоятельно гореть после того, как будет удален внешний источник зажигания.
- Горючее вещество может находиться в твердом, жидком или газообразном состоянии.
- Горючими веществами являются большинство органических веществ, ряд газообразных неорганических соединений и веществ, многие металлы и т. д.
- Наибольшую взрывопожарную опасность представляют газы.

Для воспламенения **горючей жидкости** над ее поверхностью сначала должна образоваться паровоздушная смесь.

Горение жидкостей возможно только в паровой фазе; при этом поверхность самой жидкости остается сравнительно холодной.

Среди горючих жидкостей выделяют класс наиболее опасных –

легковоспламеняющиеся жидкости.

(бензин, ацетон, бензол, толуол, некоторые спирты, эфиры и т. п.)

Горение твердого вещества происходит по более сложному механизму, в несколько стадий.

При воздействии внешнего источника происходит прогрев поверхностного слоя твердого вещества, из него начинается выделение газообразных летучих продуктов. Этот процесс может сопровождаться или плавлением поверхностного слоя твердого вещества, или его возгонкой (образованием газов, минуя стадию плавления).

При достижении определенной концентрации горючих газов в воздухе (нижнего концентрационного предела) они воспламеняются и посредством выделяющейся теплоты начинают сами воздействовать на поверхностный слой, вызывая его плавление и поступление в зону горения новых порций горючих газов и паров твердого вещества.

Процесс горения твердых веществ сложен и многообразен, он зависит от многих факторов (дисперсность твердого материала, его влажность, наличие пленки окислов на его поверхности и ее прочность, присутствие примесей и т. д.).

Более интенсивно (часто со взрывом) происходит возгорание мелкодисперсных металлических порошков и пылевидных горючих материалов (например, древесной пыли, сахарной пудры).

Пожаровзрывоопасность

- В качестве **окислителя** при пожаре наиболее часто выступает кислород, содержание которого в воздухе составляет около 21 %.
- Сильными окислителями являются перекись водорода, азотная и серная кислоты, фтор, бром, хлор и их газообразные соединения, хромовый ангидрид, перманганат калия, хлораты и другие соединения.
- При взаимодействии с металлами, которые в расплавленном состоянии проявляют очень высокую активность, в роли окислителей выступают вода, двуокись углерода и другие кислородсодержащие соединения, которые в обычной практике считаются инертными.

Пожаровзрывоопасность

Появление активных атомов и молекул возможно:

- при нагреве всей системы,
- при локальном контакте газов с нагретой поверхностью,
- при воздействии пламени, электрического разряда (искра или дуга),
- локального нагрева стенки сосуда в результате трения или при введении катализатора и т. п.
- Источником воспламенения может быть также внезапное адиабатическое (без теплообмена с окружающей средой) сжатие газовой системы или воздействие на нее ударной волны.

Пожаровзрывоопасность

- Необходим еще ***источник зажигания***. Для того чтобы произошла химическая реакция, необходимо появление достаточного количества активных молекул, их обломков (радикалов) или свободных атомов (еще не успевших объединиться в молекулы), которые обладают избыточной энергией, равной энергии активации для данной системы или превышающей ее.

Пожаровзрывоопасность

- Механизм возникновения и развития реальных пожаров и взрывов характеризуется комбинированным *цепочно-тепловым* процессом.
- Начавшись цепным путем, реакция окисления за счет ее экзотермичности продолжает ускоряться за счет тепла.
- В конечном счете критические (предельные) условия возникновения и развития горения будут определяться тепловыделением и условиями теплообмена реагирующей системы с окружающей средой.

Пожаровзрывоопасность

По скорости распространения пламени горение подразделяется на:

- *нормальное* (дефлаграционное), при котором пламя распространяется со скоростью до нескольких десятков метров в секунду;
- *взрывное* — при скорости распространения пламени до нескольких сотен метров в секунду;
- *детонационное* — при распространении пламени со скоростью до нескольких тысяч метров в секунду.

Пожаровзрывоопасность

- Процесс возникновения горения подразделяется на несколько видов: вспышка, возгорание, воспламенение, самовозгорание, самовоспламенение, взрыв и детонация. Кроме того, существуют и особые виды горения: тление и холоднопламенное горение.

Пожаровзрывоопасность

Горючесть — это способность вещества или материала к горению под воздействием источника зажигания.

По горючести (возгораемости) материалы подразделяются на три группы:

- негорючие (несгораемые),
- трудногорючие (трудносгораемые);
- горючие (сгораемые).

Принято считать негорючими такие материалы, которые не горят, не тлеют и не обугливаются под воздействием открытого пламени или высокой температуры.

Трудногорючие материалы — материалы, которые загораются и горят только при воздействии на них открытого огня.

Пожаровзрывоопасность

Горючие материалы и вещества подразделяются на:

- *легковоспламеняющиеся вещества и материалы*, которые способны воспламеняться от кратковременного (до 30 с) воздействия источника зажигания с низкой энергией (пламя спички, искра, тлеющая сигарета и т. п.);
- *вещества средней воспламеняемости*, которые воспламеняются от длительного воздействия источника зажигания с низкой температурой;
- *трудновоспламеняющиеся вещества*, которые способны воспламеняться только под действием мощного источника зажигания.

Пожаровзрывоопасность

- К легковоспламеняющимся веществам относятся прежде всего горючие жидкости. ЛВЖ — горючие жидкости с температурой вспышки в закрытом тигле не выше $61\text{ }^{\circ}\text{C}$ или в открытом тигле не выше $66\text{ }^{\circ}\text{C}$ (бензин, ацетон, бензол, толуол, некоторые спирты, эфиры и т. п.)
- К горючим жидкостям (ГЖ) относятся такие, которые способны самостоятельно гореть после удаления источника зажигания, но имеют температуру вспышки выше $61\text{ }^{\circ}\text{C}$ в закрытом тигле

Пожаровзрывоопасность

- *Температура вспышки* — наименьшая температура горючего вещества, при которой образовавшиеся над его поверхностью пары и газы способны вспыхивать в воздухе от источника зажигания, однако скорость образования паров или газов еще недостаточна для поддержания устойчивого горения.
- Температура вспышки является одним из критериев, по которому устанавливают безопасные способы хранения, транспортирования и применения веществ. Ацетон имеет температуру вспышки -18°C , разные сорта бензина от -39 до -17°C , керосин $+40^{\circ}\text{C}$, масло трансформаторное $+147^{\circ}\text{C}$.

Пожаровзрывоопасность

- *Температура воспламенения* — наименьшая температура вещества, при которой вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что после их зажигания начинается устойчивое горение. Температуру воспламенения применяют для установления группы горючести веществ, оценки пожарной опасности оборудования и технологических процессов, связанных с переработкой горючих веществ. Для ЛВЖ температура воспламенения отличается от температуры вспышки на 1...5 °С, для других веществ — на 20 °С и более

- *Температура самовоспламенения* — самая низкая температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермической реакции, заканчивающейся пламенным горением.

Температура самовоспламенения

- газов и паров горючих жидкостей находится в пределах 250...700 °С;
- для твердых веществ (цинка, магния, алюминия) — 450...800 °С;
- дерева, каменного угля, торфа — 250...450 °С.

Пожаровзрывоопасность

В зависимости от температуры самовоспламенения различают: горючие вещества, имеющие температуру самовоспламенения выше температуры окружающей среды;

- горючие вещества, имеющие температуру самовоспламенения равную температуре окружающей среды;
- горючие вещества, имеющие температуру самовоспламенения ниже температуры окружающей среды.
- Последние вещества называют *самовозгорающимися*, т. к. они могут загораться без внесения тепла извне и представляют собой большую опасность.

Пожаровзрывоопасность

- Вещества, способные самовозгораться от воздействия воздуха (например, растительные масла и животные жиры, бурый и каменный уголь, торф, обтирочные концы, древесные опилки и т. п.);
- Существует ряд веществ (газообразных, жидких или в твердом состоянии), которые способны самовоспламеняться при контакте с воздухом без предварительного нагрева (при комнатной температуре). Такие вещества называют пирофорными. К ним относятся: белый фосфор, гидриды и металлоорганические соединения легких металлов и др.

Пожаровзрывоопасность

- Вещества, подверженные самовозгоранию при действии на них воды (например, карбид кальция, карбиды щелочных металлов, металлические калий и натрий и др.);
- Существует также достаточно большая группа веществ, при контакте которых с водой или водяными парами, находящимися в воздухе, начинается химическая реакция, протекающая с выделением большого количества теплоты. Под действием выделяющейся теплоты происходит самовоспламенение горючих продуктов реакции и исходных веществ. К этой группе веществ относятся щелочные и щелочноземельные металлы (литий, натрий, калий, кальций, стронций, уран и др.), гидриды, карбиды, фосфиды указанных металлов, низкомолекулярные металлоорганические соединения (триэтила-люминий, триизобутилалюминий, триэтилбор) и др.

Пожаровзрывоопасность

- вещества, самовозгорающиеся в результате смешения друг с другом; в эту группу входят различные газообразные, жидкие и твердые окислители (галлоиды — хлор, бром; ацетилен, водород, метан и этилен в смеси с хлором самовозгораются).

Пожаровзрывоопасность

- Минимальная концентрация горючих газов, паров, пыли в воздухе, при которой они способны загораться и распространять пламя, называется *нижним концентрационным пределом воспламенения (НПВ)*.
- Максимальная концентрация горючих газов, паров и пыли, при которой еще возможно распространение пламени, называется *верхним концентрационным пределом воспламенения (ВПВ)*.
- Область смесей горючих газов и паров с воздухом, лежащих между нижним и верхним концентрационными пределами воспламенения, называется *областью воспламенения*.

Пожаровзрывоопасность

Основные причины пожаров на предприятиях:

- нарушение технологического режима — 33 %;
- неисправность электроустановок — 16 %;
- самовозгорание промасленной ветоши и других материалов, склонных к самовозгоранию, — 10 %.

Пожаровзрывоопасность

- Открытое пламя и искры наиболее часто являются источником зажигания различной горячей среды (открытое пламя и искры возникают при сварке, резке металлов, заточке инструмента, зачистке швов и целом ряде других технологических процессов).
- Наиболее частой причиной пожара из-за неисправности электроустановок являются: короткие замыкания, особенно с образованием электрической дуги; перегрузка электрической сети в результате подключения потребителей (машин, оборудования и т. д.) повышенной мощности, на которую не рассчитана электрическая сеть.
- Причиной пожара могут быть разряды статического электричества, а также разряды молнии.

Пожаровзрывоопасность

Опасный фактор пожара (ОФП) — фактор пожара, воздействие которого приводит к травме, отравлению или гибели человека, а также к материальному ущербу.

К первичным ОФП относятся следующие:

- открытое пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода;
- последствия разрушения и повреждения объекта;
- опасные факторы, проявляющиеся в результате взрыва (ударная волна, пламя, обрушение конструкций и разлет осколков, образование вредных веществ с концентрацией в воздухе существенно выше ПДК).

Пожаровзрывоопасность

К вторичным ОФП можно отнести:

- осколки, части разрушающихся механизмов, конструкций зданий и т. д.;
- токсические вещества и материалы из разрушенных механизмов и агрегатов;
- электрическое напряжение, вследствие потери изоляции токоведущими частями механизмов;
- опасные факторы взрыва, возникающие в результате пожара;
- огнетушащие вещества.

Пожаровзрывоопасность

- *Повышенная температура окружающей среды, поверхностей предметов нарушает тепловой режим тела человека, вызывает перегрев, ухудшение самочувствия из-за интенсивного выведения необходимых организму солей, нарушения ритма дыхания, деятельности сердца и сосудов.*
- При температуре тела 39...40 °С, т. к. при этом возникает опасность теплового удара, а при 60...70 °С в организме человека происходят необратимые изменения, которые могут привести к смерти.
- При этом следует иметь в виду, что предельно допустимая повышенная температура окружающей среды также нормируется и составляет для человека 70 °С.

Пожаровзрывоопасность

Динамика нарастания температуры продуктов горения при пожаре в помещении на выходе из него на высоте роста человека имеет следующие примерные параметры:

- в течение первой минуты – примерно до 160°C ;
- в течение второй минуты – примерно до 350°C .
- Следовательно, предельная температура продуктов горения достигается в помещении примерно за 2 минуты, что необходимо учитывать при эвакуации людей.

Пожаровзрывоопасность

- *Токсичные продукты горения.* Состав продуктов сгорания зависит от состава горящего вещества и условий, при которых происходит его горение. При горении прежде всего выделяется большое количество оксида углерода (CO), углекислого газа (CO₂), оксидов азота (NO_x), которые заполняют объем помещения, в котором происходит горение, и создают опасные для жизни человека концентрации.
- Концентрация CO может достигать 10 % от объема помещения, в то время как при 1 % объемной концентрации человек теряет сознание, а затем может наступить смерть.
- Концентрация углекислого газа CO₂ более 3...4 % становится опасной при вдыхании воздуха с такой концентрацией более получаса.
- Концентрация углекислого газа в 8... 10 % вызывает быструю потерю сознания и смертельный исход.
- При оценке первичных ОФП необходимо помнить, что основными из них являются токсические продукты горения и термического разложения, представляющие собой раскаленную до 300–400 °С смесь высокотоксичных отравляющих веществ, парализующих органы дыхания человека за один-два вдоха.
- Статистика гибели людей на пожарах показывает, что около 80% погибших были поражены именно этим ОФП.
- Однако в продуктах сгорания могут быть и значительно более токсичные вещества, например цианистый водород (HCN) и др. Наиболее опасны продукты сгорания различных синтетических веществ, пластмасс.

Пожаровзрывоопасность

- *Дым*, выделяющийся при пожаре, очень разнообразен по своему составу и свойствам. По цвету он может быть белым, серым, черным и представляет собой аэрозоль, состоящую из мельчайших твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии в продуктах сгорания.
- В дыме содержатся раздражающие и токсичные вещества, дым снижает видимость, в результате чего теряется ориентация человека в помещении и усложняются условия эвакуации.

Пожаровзрывоопасность

- *Недостаток кислорода.* Нормальное содержание кислорода в атмосферном воздухе примерно 21 % по объему. При пожаре атмосферный кислород расходуется как окислитель в окислительной реакции горения, и его концентрация в помещении резко снижается.
- Человек теряет сознание при концентрации кислорода примерно 18 % по объему, возникает удушье.
- Практика показывает, что наибольшее количество людей погибает при пожарах не от прямого воздействия огня, а от удушья, связанного с недостатком кислорода, и от отравления токсичными продуктами сгорания.

Пожаровзрывоопасность

- *Обрушение и разрушение несущих конструкций здания.* При воздействии высоких температур, возникающих в очаге пожара, несущие конструкции здания теряют свою механическую прочность, и происходит их обрушение. Это приводит к гибели людей и большим материальным потерям.
- *Взрыв* приводит к быстрому обрушению конструкции. Человек может быть также поражен ударной волной, разлетающимися осколками и элементами конструкций.

Пожаровзрывоопасность

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении
А Взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°C в таком количестве, что могут образовывать парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б Взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
В1 -В4 Пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращении, не относятся к категориям А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые, сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Пожаровзрывоопасность

Под механизмом прекращения горения понимают систему факторов, приводящих к окончанию процесса (реакции) горения.

Для прекращения горения необходимо выполнение хотя бы одного из следующих условий:

- прекращение поступления в зону горения новых порций паров горючего;
- прекращение поступления окислителя (кислорода воздуха);
- уменьшение теплового потока от факела пламени;
- уменьшение концентрации активных частиц (радикалов) в зоне горения.

Возможными принципами (способами) тушения огня могут быть:

- снижение температуры очага горения ниже температуры самовоспламенения или температуры вспышки горючего путем введения в пламя веществ, которые в результате испарения, разложения забирают на себя некоторое количество теплоты (классическим веществом является вода);
- уменьшение количества паров горючего, поступающего в зону горения, путем изоляции горючего вещества от воздействия факела очага горения (например, при помощи плотного покрывала);
- снижение концентрации кислорода в газовой среде путем разбавления среды негорючими добавками (например, азотом, углекислым газом);
- снижение скорости химической реакции окисления за счет связывания активных радикалов и прерывания цепной реакции горения, протекающей в пламени, путем введения специальных химически активных веществ (ингибиторов);
- создание условий гашения пламени при прохождении его через узкие каналы между частицами огнетушащего вещества (эффект огнепреграждения);
- срыв пламени в результате динамического воздействия струи огнетушащего вещества на очаг горения.

Пожаровзрывоопасность

В динамике развития пожара выделяют несколько основных фаз.

- Первая фаза (до 10 мин.) – начальная стадия, включающая переход возгорания в пожар за время примерно в 1–3 минуты и рост зоны горения в течение 5–6 минут. При этом происходит преимущественно линейное распространение огня вдоль горючих веществ и материалов, что сопровождается обильным дымовыделением.

На этой фазе очень важно обеспечить изоляцию помещения от поступления наружного воздуха, так как в некоторых случаях в герметичном помещении наступает самозатухание пожара.

Пожаровзрывоопасность

- Вторая фаза – стадия объемного развития пожара, занимающая по времени 30–40 минут. Характеризуется бурным процессом горения с переходом в объемное горение; процесс распространения пламени происходит дистанционно за счет передачи энергии горения на другие материалы. Через 15–20 минут происходит разрушение остекления, резко увеличивается приток кислорода, максимальных значений достигают температура (до 800–900 °С) и скорость выгорания. Стабилизация пожара при максимальных его значениях происходит на 20–25 минутах и продолжается еще 20–30 минут. При этом выгорает основная масса горючих материалов.

- Третья фаза – стадия затухания пожара, т. е. догорание в виде медленного тления, после которого пожар прекращается.

Анализ динамики развития пожара позволяет сделать следующие выводы.

- Технические системы пожарной безопасности (сигнализации и автоматического тушения пожара) должны сработать до достижения максимальной интенсивности горения, а лучше – в начальной стадии пожара. Это позволит иметь запас времени, чтобы организовать мероприятия по защите людей.
- Пожарные подразделения прибывают, как правило, через 10–15 минут после вызова, т. е. через 15–20 минут после возникновения пожара, когда он принимает объемную форму и максимальную интенсивность.