

8.3 Способы предотвращения и прекращения горения

Наиболее эффективны способы, основанные на использовании предельных явлений и параметров:

1) **Обеспечение определенного концентрационного состава газопаровоздушных смесей.** Это достигается либо соблюдением определенных температурных пределов каждого конкретного вида производства (т.е. соблюдение безопасных температурных пределов), или обеспечением регламентных условий по давлению, или по расходу горючих компонентов в аппаратах. Если соблюдение этих условий невозможно, то поддерживают необходимую концентрацию нейтральных газов или ингибиторов. Их концентрация должна быть постоянно выше предельного значения.

2) Другой способ предотвращения горения заключается в **ограничении потенциальных источников зажигания** по критическим энергиям зажигания, температуре самовоспламенения и вынужденного воспламенения.

3) Широко используются **предельные значения параметров распространения горения.** В том числе такая величина как критический гасящий диаметр или критический размер гасящей щели. Суть в том, что существуют предельно-малые размеры зазоров, отверстий, каналов, через которые горение уже не распространяется. Механизм гашения пламени в узких щелях основан на том, что фронт пламени, разбиваясь на маленькие струйки, проходит через каналы, отдавая тепло.

Размер критического диаметра рассчитывается по формуле:

$$d_{кр} = \frac{60RT_{пл} L_{см}}{U_H C_p P_{см}}$$

где U_H - нормальная скорость распространения пламени;

R - газовая постоянная;

$L_{см}$, C_p - удельные теплопроводность и теплоемкость смеси;

$T_{пл}$ - температура пламени, К;

$P_{см}$ - давление смеси, кПа.

На использовании предельных параметров процессов горения основаны практически все приемы и способы прекращения горения при тушении пожаров.

Простейшим способом тушения пожаров на газопроводе или любом другом трубопроводе с горючим газом или жидкостью является снижение интенсивности подачи и полное прекращение поступления горючего вещества путем закрытия вентиля, задвижками или другими устройствами. Горение прекратится, так как концентрация горючего станет ниже C_H . Можно снизить концентрацию горючего до C_H если интенсивно подавать воздух. Горение также в этом случае может прекратиться за счет аэродинамического срыва пламени. Это произойдет, если скорость воздушного потока будет больше скорости распространения пламени. Таким образом можно тушить пожар на самолете, если он возник на внешних элементах конструкции или, если пожар возник на стоящем на земле самолете, при подаче мощной струи воздуха из сопла реактивного двигателя. Хотя на практике такой способ редко применяется.

Прекратить процесс горения - это значит:



Чтобы потушить пожар, необходимо создать в зоне горения такие физико-химические условия, при которых горение становится невозможным.

8.4 Механизмы прекращения горения

Тушение пожара достигается различными путями и средствами.

Потушить пожар с физической точки зрения - это значит прекратить процесс горения во всех видах, т.е. надо создать в зоне горения условия, исключающие возможность продолжения процесса горения в любой форме.

Если рассмотреть "классический треугольник пожара", тогда видно, что если оборвать одну из связей в треугольнике, то горение станет невозможным. Т.е., если прекратить поступление горючего в зону горения (закрыть задвижки), то горение прекратится, или накрыть очаг изолирующим материалом (раствор пены) и т.д., или разборка горящих конструкций - это тоже исключение горючего материала из процесса горения.

Если закрыть, например, подвал, то прекратится доступ кислорода. Но в этом случае прекратится только пламенное горение, а беспламенное будет продолжаться при 5-6 % O_2 . Метод изоляции источника зажигания применяется, например, при тушении диффузионного пламени газовой горелки. Накрывают в мертвой зоне между газовой горелкой и струей пространство теплоемкой металлической сеткой и затем ее поднимают вверх до полного отрыва пламени от устья.

Иногда производят взрыв взрывчатых веществ в мертвой зоне, при этом факел пламени отрывается от свежей смеси, горение прекращается.

Частым способом прекращения горения жидкостей является перемешивание. При этом на поверхность жидкости поступают холодные массы жидкости, а верхние нагретые слои размешаны и охлаждены, тогда на поверхности создается холодный слой с температурой ниже температуры воспламенения и даже температуры вспышки, поэтому в зону горения поступать горючие пары перестают и горение прекращается.

В принципе возможно тушение, если горючую смесь переобогатить горючим газом или паром, но в связи с тем, что на пожарах доступ кислорода в зону горения велик и труднорегулируем, то подача горючего может, наоборот, привести к интенсификации процесса горения.

Механизм прекращения горения на пожаре связан и зависит от режима горения, окружающих условий, состояния горючего.

От того, какой механизм прекращения горения предполагается и зависит выбор огнетушащих средств, способ их подачи, интенсивность подачи.

Под огнетушащими средствами понимают различные вещества и материалы, с помощью которых можно создавать условия для прекращения горения.

Все огнетушащие средства делятся по агрегатному состоянию и по механизму прекращения горения.

По агрегатному состоянию они делятся на:

- а) жидкие (вода, водные растворы);
- б) пенные (воздушно-механические и химические пены);
- в) порошковые;
- г) сыпучие (песок, земля и т.д.);
- д) аэрозольные.

По механизму прекращения горения они делятся на:

- а) охлаждающие;
- б) разбавляющие;
- в) химически тормозящие реакцию окисления;
- г) изолирующие.

Охлаждение зоны горения происходит всегда, т.е. при любом механизме прекращения горения, а охлаждение горючих веществ целесообразно только в тех случаях, когда снижение их температуры может привести к прекращению горения, а это зависит от агрегатного состояния вещества.

При выборе механизма прекращения горения важную роль играет исходное состояние горючего вещества и режим горения. Однозначно относить то или иное огнетушащее средство к определённой группе по механизму прекращения горения без учёта конкретных условий нельзя. Основным механизмом прекращения горения одного и того же ОС может изменяться. В то же время у различных ОС может быть один и тот же механизм прекращения горения.

Почти все огнетушащие средства, попадая в зону горения, действуют комплексно, одновременно по 2-3 механизмам. Они охлаждают горючие материалы и одновременно зону горения, разбавляют реагирующие компоненты и снижают тепловыделение и т.д. Но для каждого огнетушащего средства существуют 1-2 основных механизма, которые являются доминирующими, по сравнению с сопутствующими.

Например, при горении перемешанных горючих смесей в замкнутом объеме, т.е. при кинетическом горении, невозможен механизм изоляции. Фронт пламени при таком режиме горения движется по горючей смеси самопроизвольно и остановить его можно внешним воздействием: химическим торможением реакции горения во фронте пламени (для этого вводятся химически активные ингибиторы) или отводом тепла (для этого используются огнепреградители). Если же образовавшееся пламя стационарно, т.е. сидит на устье трубопровода, то можно прекратить горение, изменяя состав смеси (перекрыть задвижки или введением нейтральных газов в состав смеси) или динамическим срывом пламени.

Если горение диффузионное, то существует больше возможностей для прекращения горения: изоляция компонентов друг от друга; введение огнетушащего средства в один из компонентов смеси; снижение интенсивности поступления одного из компонентов, а также охлаждение зоны горения.

Если происходит диффузионное горение факела пламени на устье газового или нефтяного фонтана и невозможно прекратить поступление горючего или изменить его состав, тогда единственная возможность - это воздействие на факел пламени.

Способы воздействия:

Взрыв взрывчатого вещества в устье.

Введение в факел компонентов охлаждающих его: вода, порошковые составы.

Интенсивное введение нейтральных газов или химически активных ингибиторов.

При горении на фонтанах охлаждение горящего вещества практически бессмысленно, так как горючие газы способны гореть при любой температуре, а горючие жидкости в условиях фонтана распределяются так интенсивно, что охладить их ниже температуры вспышки практически невозможно, т.е. охлаждать надо сам факел, отводить тепло непосредственно из зоны горения. Это технически можно сделать, т.к. факел имеет форму конуса с вершиной внизу и с основанием вверху, область зажигающего кольца находится в вершине конуса, т.е. в нижней части, достаточно прекратить горение на непродолжительное время в области зажигающего кольца и горение прекратится. При тушении протяженность зоны зажигающего кольца сужается, его мощность уменьшается, факел пламени перемещается вверх, и как только его мощность достигнет критического значения, факел оторвется и горение прекратится. Это в том случае, если нет других источников зажигания: раскаленных конструкций, электрических искр, разрядов статического электричества.

Охлаждение факела пламени и горящего материала будет тем полнее, чем больше поверхность и время контакта охлаждающего вещества с газовой средой или с горючим материалом. Поэтому воду надо подавать в факеле или на горящую поверхность равномерно, т.е. подавать распылённую струю и непрерывно. При тушении мощных газовых фонтанов распылённые струи эффективнее, чем компактные, но следует иметь в виду, что ручным способом подать тонкораспылённую струю в факеле невозможно без специальных средств защиты.

Степень дисперсности капель воды и скорость полёта должны быть максимальными, чтобы могли достигнуть факела. В противном случае, тонкораспыленная вода будет уноситься конвективными потоками.

При пожарах в резервуарах факел имеет другую форму - пламя представляет из себя конус в нормальном положении с вершиной вверху и основанием внизу. Высота конуса может достигать 1.5-2 диаметра основания. Периметр основания равен периметру резервуара и может достигать нескольких десятков метров. Конвективные потоки вокруг основания факела менее значительны, чем в верхней части. Поток паров обладает малой кинетической энергией и поднимается вверх по законам физики или за счет конвективных потоков. Интенсивность этих потоков во много раз меньше, чем в устье скважин. Поэтому огнетушащие средства необходимо подавать в зону горения от основания до вершины факела пламени, чтобы горение прекратилось одновременно во всем объеме. Но осуществить подачу ОС по всему периметру основания очень сложно, поэтому такой способ практически не применяют. Такие пожары как, правило, тушат либо охлаждением ЛВЖ или ГЖ, либо изоляцией горючей жидкости от зоны горения путем подачи пены или порошка.

При тушении пожаров, связанных с твердыми веществами, охлаждение факела - второстепенная задача, т.к. охлаждение зоны горения и даже полное прекращение пламенного горения еще не означает, что пожар потушен. Потому что, ТГМ склонны кроме гомогенного горения еще и к гетерогенному. Температура на поверхности твердых материалов, зачастую, выше температуры самовоспламенения продуктов их пиролиза и может быть выше температуры их вынужденного зажигания и равна 800-900°С. И в поверхностных слоях при этом происходит процесс тления. Поэтому после прекращения пламенного горения через некоторое время может опять возникнуть фронт пламени, и этот процесс может происходить многократно, пока температура на поверхности не станет ниже температуры самовоспламенения, при этом снизится выход летучих продуктов разложения.

При тушении, например, штабелей древесины необходимо воздействовать огнетушащим веществом на все поверхности, с которых могут выделяться летучие продукты разложения.

Таким образом, механизм прекращения горения того или иного вещества зависит от вида горючего материала и от его агрегатного состояния, а это определяет способ тушения пожара, вид огнетушащего вещества, способ его подачи (рис.8. 2).

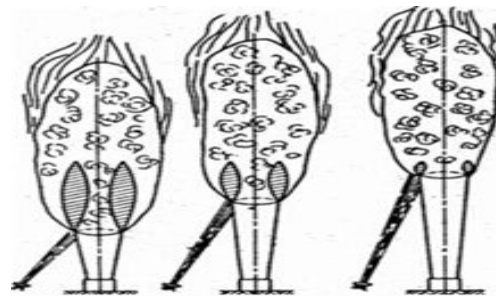


Рисунок 8.2 - Механизмы прекращения горения газового фонтана

Так, для тушения газовых и газонефтяных фонтанов могут применяться все виды огнетушащих веществ: нейтральные газы, ингибиторы, порошки, вода, комбинированные средства тушения, кроме изолирующих средств.

При горении жидкостей можно использовать все без исключения средства, но если пожар в резервуаре на открытой местности, то нецелесообразно применение нейтральных газов и ингибиторов, т.е. средств объемного тушения, которые действуют на факел, а также распыленная вода в этом случае неэффективна. Более эффективно применение изолирующих средств типа пен, порошков, которые действуют по поверхности горячей жидкости, а также охлаждающих средств, которые охлаждают поверхность жидкости, а вот при внутренних пожарах эффективны средства объемного тушения: нейтральные газы, ингибиторы и порошки.

При тушении ТГМ наиболее эффективны охлаждающие средства: вода, вода со смачивателем, которые действуют по принципу охлаждения горючих материалов, и изолирующие огнетушащие вещества типа пен и порошков. Но при тушении ТГМ неэффективны нейтральные газы, ингибиторы, порошки, которые в основном действуют на факел пламени.

Наиболее широко применяются охлаждающие и изолирующие огнетушащие средства. И то и другое достигается методом их подачи на поверхность горючего материала. В качестве таких средств применяют жидкие, коллоидные, дисперсные системы, сыпучие вещества, а в качестве горючего материала выступают твердые и жидкие вещества.

8.5 Нормативные параметры пожаротушения

Нормативными параметрами пожаротушения являются: время тушения, интенсивность подачи средства тушения и удельное количество средства, обеспечивающее прекращение горения. Они связаны следующей зависимостью:

$$q = J \cdot \tau ,$$

где q - удельное количество средства тушения, необходимое для прекращения горения, кг/м² (при поверхностном тушении) и кг/м³ (при объёмном тушении и флегматизации);

J - интенсивность подачи, кг/м²·с при поверхностном тушении и кг/м³·с при объёмном тушении;

τ - время подачи ОС, с, мин.