



Нефтяной газ как источник загрязнения атмосферы. Факельные установки

Факельная установка – эта установка, которая используется для утилизации газов или горючих паров. Кроме того, она применяется для сброса и сжигания углеводородов, которые получаются при нарушениях в технологическом режиме.

Эти нарушения могут быть связаны с отказами в электроснабжении, при пожаре или неисправности оборудования на заводе.

Факельные установки применяются в разных отраслях – нефтехимической, нефтегазодобывающей, химической, нефтеперерабатывающей и других сферах промышленности.

Существенный вклад в загрязнение воздушного бассейна вносит нефтяной газ, который ежегодно сжигается в факелах в объеме десятков миллиардов кубических метров.

Потери нефтяного газа только в нашей стране составляют более 8 % общих мировых потерь этого ценного углеводородного сырья. Утилизация ресурсов нефтяного газа, в целом не превышает 75 %, что эквивалентно потере 80 млн.т нефти. Несмотря на то, что максимальная степень использования ресурсов нефтяного газа в старых нефтегазодобывающих районах Поволжья и Северного Кавказа достигает 90-96 %, его отрицательное воздействие на биосферу в ряде случаев является доминирующим среди существующих источников загрязнения.

Следует учитывать высокую миграционную активность газообразных веществ, которые фиксируются не только у источника загрязнения, но и на значительном удалении от него.

Максимальный ореол рассеяния (до 15 км) характерен для углеводородов, аммиака и оксидов углерода; сероводород мигрирует на расстоянии 5-10 км, а оксиды азота и сернистый ангидрид отмечаются в пределах 1 -3 км от очага загрязнения.

Помимо химического воздействия при сжигании газа происходит и тепловое загрязнение атмосферы. На расстоянии до 4 км от факела наблюдаются признаки угнетения растительности, а в радиусе 50-100 м - нарушение фонового растительного покрова.

Уровень распространения загрязнения по площади при сжигании газа в факелах зависит от дебита и качественного состава газа, его относительной плотности, времени года и преобладающего направления ветров в районе месторождения.

Слабая циркуляция в приземных слоях атмосферы приводит к осаждению компонентов газовых потоков на поверхность почвы и водоемов.

В новых нефтедобывающих районах существует диспропорция между темпами добычи углеводородного сырья и вводом в действие систем сбора и переработки попутного газа. Только в Западной Сибири ежегодно сжигается в факелах более 10 млрд.м³. газа. При этом в воздушный бассейн поступает 7 млн.т токсичных соединений.

Охрана воздушной среды в нефтяной промышленности проводится, главным образом, в направлении борьбы с потерями нефти за счет уменьшения испарения ее при сборе, транспортировке, подготовке и хранении. Для этого:

- проектируются герметизированные системы сбора нефти,
- антикоррозионные наружные и внутренние покрытия трубопроводов и емкостей,
- устанавливаются непримерзающие клапаны,
- расширяется применение резервуаров с понтонами или плавающими крышами и другие технические решения.
- С целью уменьшения вредных выбросов в атмосферу сокращается сжигание нефтяного газа в факелах.

Можно выделить несколько видов факельных установок. Они бывают общезаводскими, где сжигаются близкие по своему составу газовые выбросы с самых разных производств – например, это могут быть углеводороды.

Также факельные установки могут быть специальными, которые находятся в составе отдельных технологических производств или установок.

Также бывают разные конструкции у факельных установок. Два основных типа – это установки открытого и закрытого типа.

Открытая факельная система – это прямолинейных проход газа через ствол, который размещен вертикально и его высота не больше четырех метров.

Закрытые системы, которые часто называют наземными факелами, факелами термического окисления, хорошо подходят для густонаселенных районов. Они изготавливаются в мобильном виде, горизонтальными, очень редко высотными, на треногах. Именно поэтому их называют наземной факельной установкой.



Факельные установки открытого типа

Факельная установка закрытого (наземного) типа



Факельные установки закрытого типа используются для утилизации без дыма аварийных, постоянных, периодических сбросов. Так как нефтеперерабатывающие заводы часто располагаются вблизи с населенными пунктами, то как правило, используются закрытые факельные системы. Это связано с их преимуществами:

- нет дыма, видимого пламени, пара и запаха;
- низкий уровень шума;
- контролируемые и небольшие выбросы;
- нет теплового шлейфа;
- простая система управления, легкий доступ;
- простота обслуживания;
- нет теплового излучения;
- надежное, а главное безопасное уничтожение любых отходов.

Особые меры безопасности требуется принимать при сжигании углеводородов в наземных факельных установках. В этом случае факельную горелку устанавливают в чашу высотой около 2 м и постоянно контролируют состав, содержащегося в ней газа, чтобы предотвратить вытекание углеводородов в окружающую среду.

Для исключения опасности воспламенения газов и паров, выделяющихся из предохранительных клапанов и технологических установок, а также вредного воздействия на персонал теплового излучения пламени, вокруг факельных установок предусматривают свободную зону. Обычно для наземных факельных установок требуется зона радиусом не менее 50 м, а для высотных - радиусом 30-40 м.

Закрытая установка может иметь два варианта утилизации тепла – или предварительный нагрев потока отходов для последующего сжигания, или котел для образования водяного пара.

Факельная установка состоит из следующих элементов:

- ствол;
- оголовок;
- система автоматизации;
- лестницы;
- площадки обслуживания;
- газовый расширитель;
- емкость с насосом для откачки, с комплектом арматуры и средств автоматизации.

По месту расположения факельной горелки факельные установки разделяют на **высотные** и **наземные**.

В **высотных** факельных установках факельная горелка расположена в верхней части факельной трубы; продукты сгорания поступают сразу в атмосферу.

В **наземных** установках горелка расположена на небольшом расстоянии от земли, а продукты сгорания отводятся в атмосферу через дымовую трубу.



Вертикальные факельные установки



Горизонтальные факельные установки

Высотные факельные установки можно разделить на средние (4-25 м) и высокие (более 25 м). В некоторых факельных установках высота факельной трубы составляет 80-120 м. На объектах нефтяной и газовой промышленности применяют факельные установки:

- **низкого давления** - для обслуживания цехов и установок, работающих под давлением до 0,2 МПа;

- **высокого давления** - для обслуживания цехов и установок, работающих под давлением выше 0,2 МПа.

Факельные газы из систем низкого и высокого давления могут (по возможности) собираться в газгольдер для дальнейшего целевого использования (на химическом предприятии).

К факельным установкам предъявляются следующие требования:

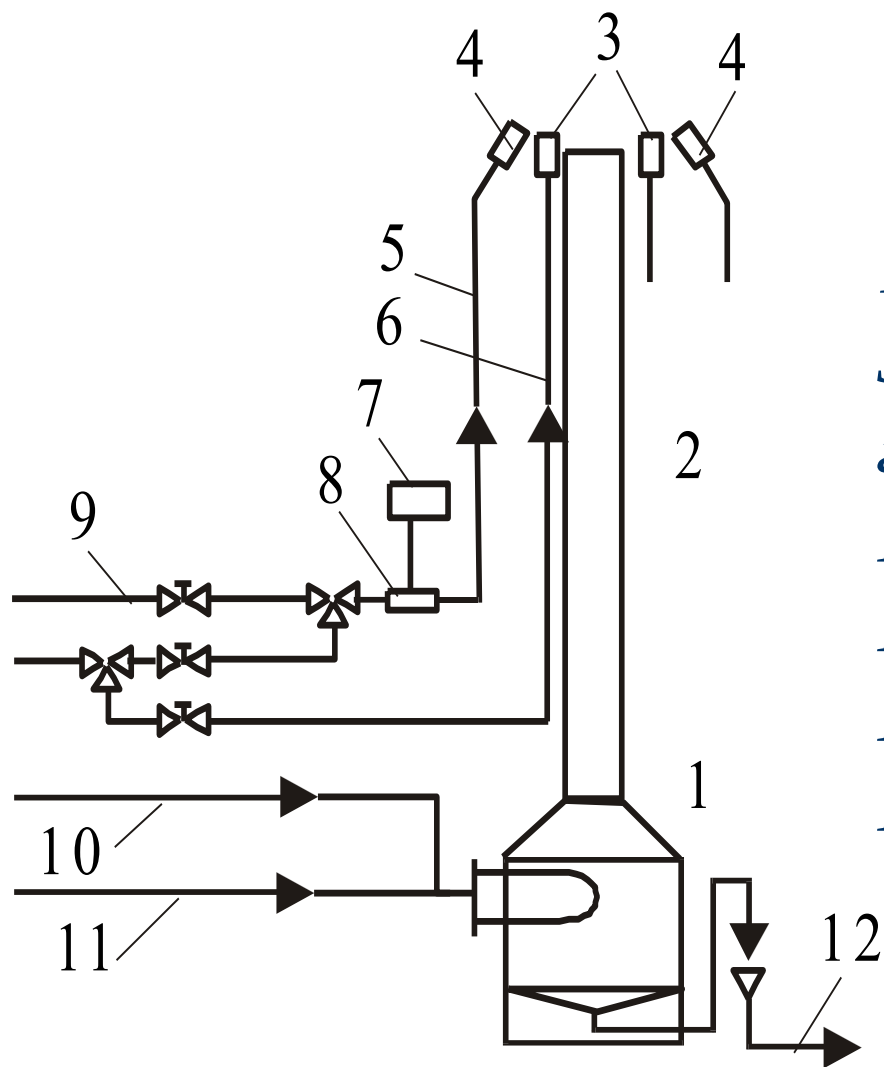
- полнота сжигания, исключающая образование альдегидов, кислот, дыма, сажи и других вредных промежуточных продуктов;
- устойчивость факела при изменении расхода и состава сбрасываемых газов;
- безопасное воспламенение, бесшумность и отсутствие яркого свечения.

На практике применяют различные системы факельных установок.

- 1) система со сбросом газов в факельную трубу;
- 2) система для газов высокого давления с отбором факельных газов на переработку или для сжигания в котельных установках.

Факельная установка

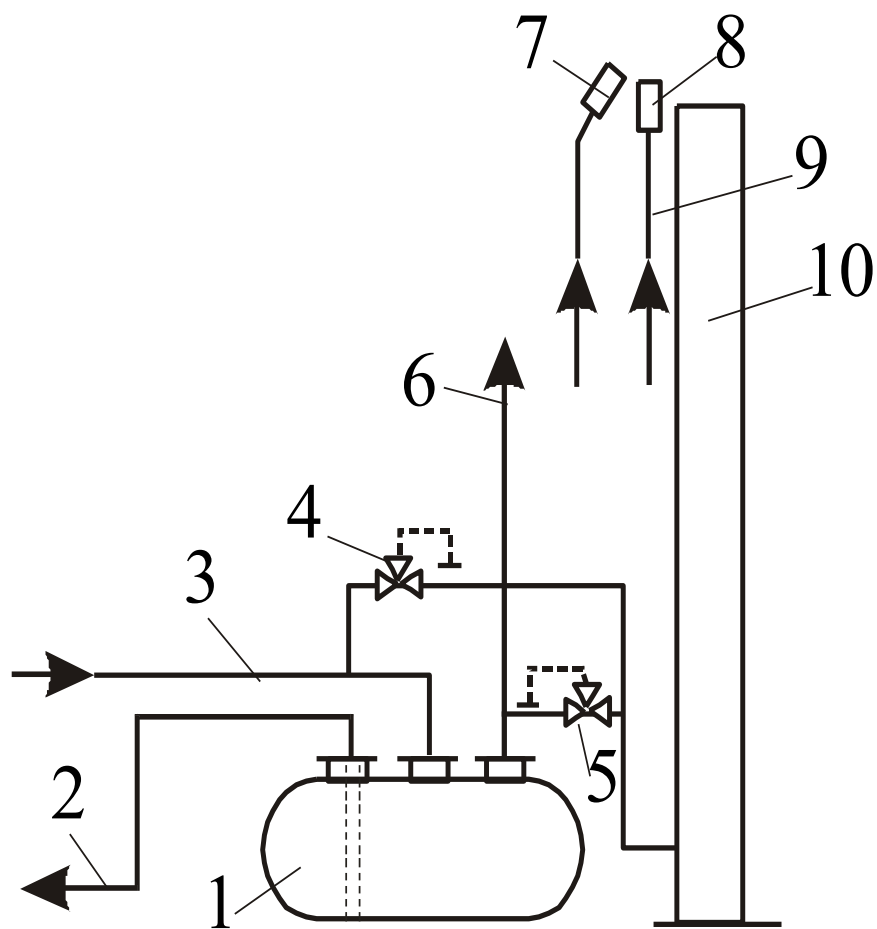
Система со сбросом газов в факельную трубу



*1 -сепаратор, 2- факельная труба,
3-дежурная горелка, 4- запальная
горелка.*

*I - сбросный (факельный) газ,
II- азот для продувки,
III- топливный газ,
IV- воздух, V- конденсат.*

Факельная установка



*Система для газов высокого давления
с отбором факельных газов на
переработку или для сжигания в
котельных установках*

*1-сепаратор, 10- факельная труба,
8-дежурная горелка, 7- запальная
горелка,
4- регулирующий клапан.
I-сбросный газ, II- газ потребителю,
III-конденсат*

Сбрасываемые газы перед попаданием в факельную трубу проходят сепаратор. Конденсат из сепаратора возвращают в производство или утилизируют другим способом или сливают в канализацию.

Факельная труба оснащается дежурными и запальными горелками. Такую систему применяют, когда газы не утилизируются (или не подлежат утилизации) или когда давление на технологических установках не достаточно для подачи сбросного (факельного) газа в газгольдер.

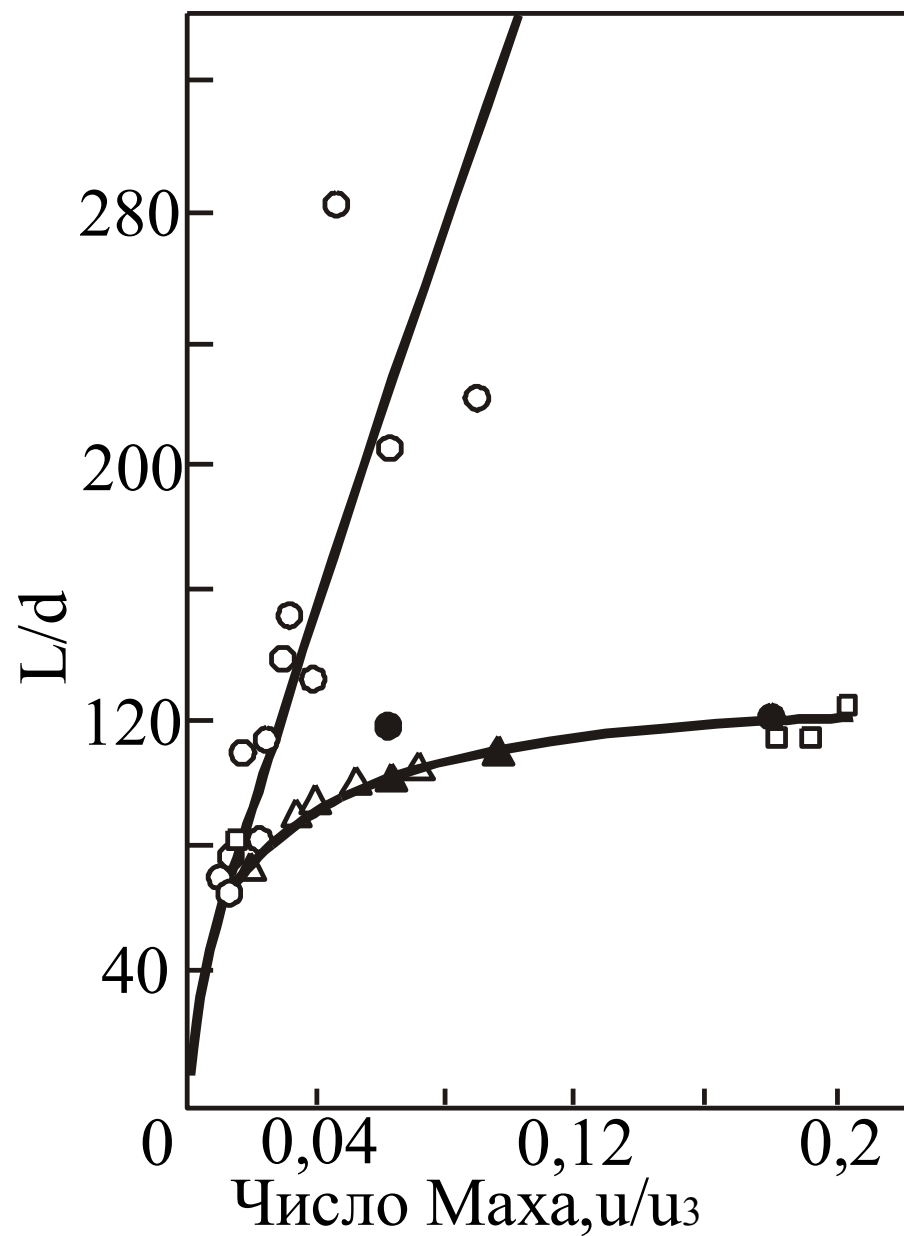
В системах второго типа газы поступают в сепаратор, где отделяются от конденсата. Основная масса газа направляется потребителю, а избыток сбрасывается в факельную трубу через регулирующий клапан.

Воздействие теплового облучения от факелов чрезвычайно опасно для людей, животных и всей окружающей среды. В радиусе 50-100 м от факела погибает растительность.

Безопасность эксплуатации факельных установок зависит от правильного выбора режимных параметров: диаметра ствола факела, который должен обеспечить стабильное пламя в условиях переменной по составу и расходу нагрузки; высоты ствола и расстояния вокруг ствола, на котором тепловое излучение будет безопасным.

Скорость движения газа в факельной трубе независимо от колебаний нагрузки всегда должна быть больше скорости распространения пламени, но меньше некоторой предельной величины, при которой возможен отрыв пламени. Экспериментальные данные о скоростях отрыва пламени для факельных труб отсутствуют.

На практике принимают, что пламя будет устойчивым при скорости газа на выходе из трубы не превышающей 20-30% скорости звука в этом же газе. Эта зависимость характеризует высоту пламени для различных скоростей потока. Начиная с 0,2 высота пламени становится постоянной.



Условия стабильного горения
 L – длина пламени, d – диаметр
факельной трубы

Шум при факельном сжигании газа

Шум возникает при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах. Механические колебания в диапазоне частот 20-20000 Гц воспринимаются ухом человека как звук. После 6-7 ч работы при интенсивности шума 80-90 дБ нарушаются функции вегетативной нервной системы и деятельность головного мозга.

Уровень звука на рабочих местах при длительной непрерывной работе компрессора не должен превышать 85 дБ. Снизить уровень шума, возникающий при истечении газа из трубы, можно увеличением диаметра трубы. Однако при этом увеличиваются расходы на ее монтаж и ухудшаются условия горения.

Установлено, что **уровень звука в направлении ветра**, измеренный на расстоянии 4 - 9 м от трубы, изменяется следующим образом:

Длина пламени, м	Расход газа, м ³ /с	Уровень звука, дБ
27	0,5	94-89
31	18,4	99-95
43	25,9	112-108

Фоновый шум до испытаний у основания пламени составлял **78 дБ**.

Шум при сбросе газа через факельные трубы со скоростями, превышающими скорость звука в данном газе, обусловлен расширением газа при прохождении его через регулирующий клапан и при выходе из трубы. Шум при горении (источник - факельная горелка, на высоких факельных установках) объясняется неравномерностью процесса горения.

Неравномерность процесса горения проявляется в виде отдельных языков пламени. Шум возникает и при неустойчивом горении сбрасываемого газа на факельных установках, возникающем, например, при низкой скорости потока. При низкой скорости потока происходит погружение пламени в верхнюю часть трубы и гашение его. Затем воспламеняется новая порция газа. Частота колебаний составляет 10-15 Гц.

Поэтому в трубах большого диаметра следует поддерживать скорость сброса не менее 0,3-0,9 м/с, чтобы исключить такие низкочастотные колебания.

Другим основным источником шума факельных установок является струи воды или водяного пара, подаваемые в горелку для обеспечения бездымного сжигания. Путь снижения: конструкция сопел для подачи водяного пара при минимальном перепаде давления. Шум водяного пара имеет высокую частоту.

Зависимость общего уровня звука от скорости сброса газа: с увеличением расхода газа шум возрастает. Шум, создаваемый наземными факельными установками, где газ сжигается внутри трубы, приблизительно на 10 дБ меньше, чем шум высоких факельных установок той же производительности.

Причина этого, вероятно, в том, что пламя, находящееся внутри кожуха, защищено от воздействия ветра и периодического охлаждения. Кроме того, тепло от огнеупорных стенок оказывает стабилизирующее действие на процесс горения. Для снижения уровня шума следует по возможности стремиться увеличить время выпуска газа. Для снижения уровня шума на сбросные трубы устанавливают глушители.

Факельные установки характеризуются повышенной степенью опасности по сравнению с другим технологическим оборудованием. Максимальная опасность взрыва возникает в случае образования в факельных установках смеси горючего газа и воздуха.

Если к такой смеси добавить инертный газ, то при определенном его содержании смесь становится негорючей. Количество инертного газа определяется его видом и составом горючего газа и составляет 50-75%.

Образование взрывоопасных смесей в факельных установках связано в основном с попаданием в них **кислорода воздуха**. Опасность проникновения атмосферного воздуха в факельные установки возникает прежде всего при большом ветре, низкой скорости потока сбрасываемого газа и сбросе газов с относительной плотностью по воздуху меньше 1 или нагретых газов.

Воздух в факельную систему может попасть в основном через срез факельной трубы или через неплотности при нарушении герметичности оборудования. В последнем случае подсос воздуха в установку обусловлен разрежением в факельной трубе.

Другим фактором, обуславливающим повышенную опасность факельных установок, является постоянно горящий факел (открытый огонь). Для уменьшения опасности взрыва факельную систему постоянно продувают инертным или топливным газом. Кроме того, для ограничения распространения пламени устанавливают гидрозатворы, лабиринтные уплотнители, огнепреградители и другие устройства.

Одной из причин аварий на факельных установках является засорение (замерзание) факельных трубопроводов. Поэтому трубопроводы следует выполнять с наклоном и без карманов.

Во всех случаях, когда вода может попасть в систему извне (промывка, пропарка), трубопроводы должны быть проверены на отсутствие влаги. Конденсат пара (зимой) может быстро превратиться в лед. Кроме того, конденсация пара может привести к созданию разрежения в факельной системе и подсосу воздуха. Попадание в факельный трубопровод сырой нефти может привести к закупориванию факельной системы.

При оценке реальной опасности следует учитывать, что взрыв невозможен, если содержание кислорода ниже так называемого кислородного предела, который зависит от состава смеси.

Для алканов кислородный предел всегда выше 10%. Для окиси углерода он составляет 5-10%. На практике принимают, что при сбросе алканов высокие факельные трубы безопасны, если содержание кислорода на расстоянии 7,5 м от верха трубы не превышает 6% об.

Расчет высоты факельного ствола и определение места его расположения должны учитывать три основных фактора пожарной безопасности:

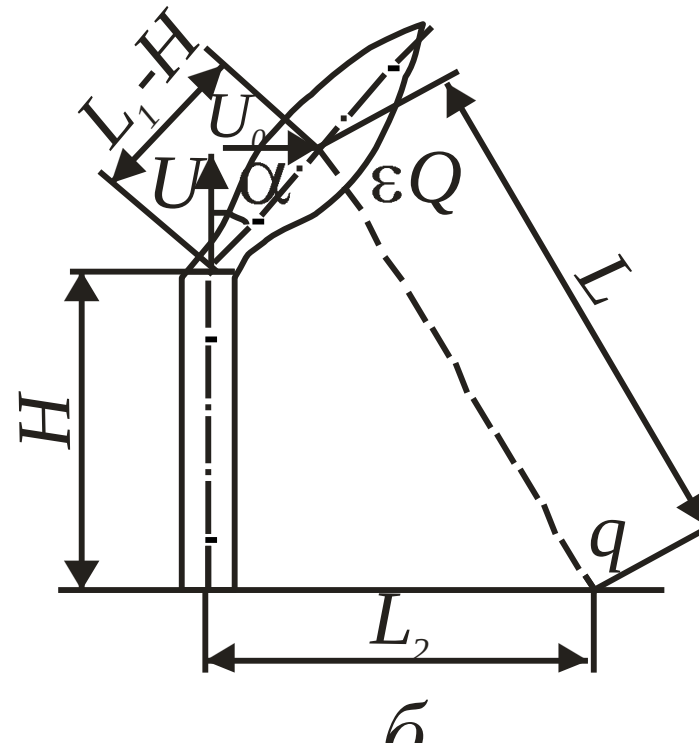
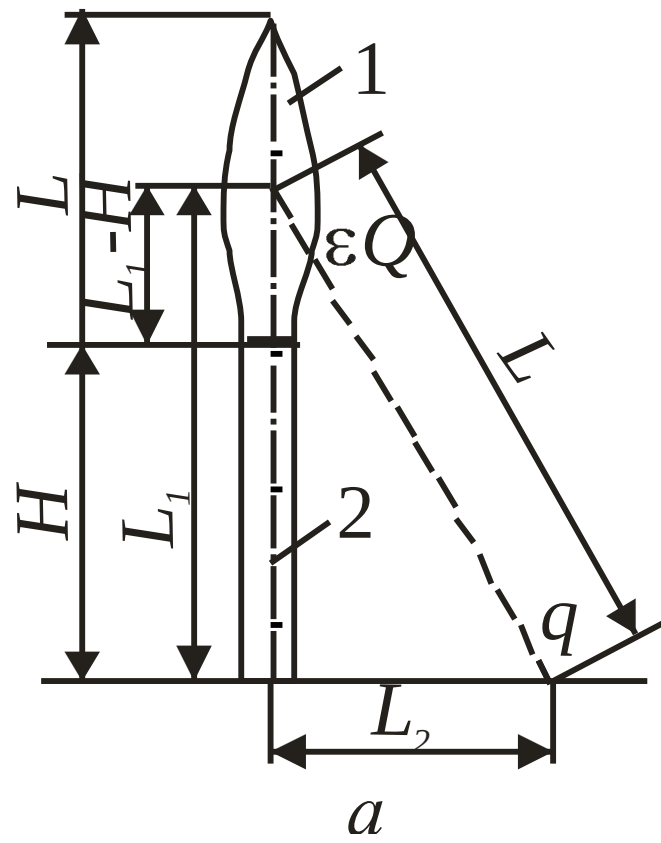
- радиационно-тепловое воздействие пламени на персонал и оборудование;
- искрообразование;
- воспламенение отдельных очагов взрывоопасных смесей с воздухом, если была утечка горючих газов.

В случае аварийного сброса больших количеств газа на факел персонал во время обслуживания оборудования или эвакуации не должен подвергаться воздействию значительного теплового излучения. Для этого необходимо, чтобы факельная труба была достаточно высокой или, если это невозможно, принимать защитные меры.

Если человек находится у основания факельной трубы в момент внезапного выброса газа, то в течение непродолжительного времени он должен покинуть зону, в которой тепловое напряжение превышает $5 \text{ МДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. При тепловом излучении с интенсивностью $11,3 \text{ МДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ и при коэффициенте светового излучения $0,8$ температура на уровне земли через одну минуту составит 90°С , а через 20 мин - 190°С . Поэтому при данном излучении время удаления человека без риска поражения составляет 30 с.

В настоящее время нормативным документом по расчетам рассеивания является «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» ОНД-86. Эта методика лежит в основе автоматизированных расчетов при проектировании предприятий, а также при нормировании выбросов в атмосферу действующих предприятий и реконструируемых.

Степень опасности загрязнения атмосферного воздуха характеризуется наибольшим рассчитанным значением концентрации, соответствующим неблагоприятным метеорологическим условиям, в т.ч. опасной скорости ветра.



*Расположение факела в отсутствие ветра
(а) и при наличии ветра (б). Условные
обозначения даны в тексте*

Скорость движения газа в факельной трубе независимо от колебаний нагрузки всегда должна быть больше скорости распространения пламени, но меньше некоторой предельной величины, при которой возможен отрыв пламени. На практике принимают, что пламя будет устойчивым при скорости газа на выходе из трубы, не превышающей 20—30% скорости звука.

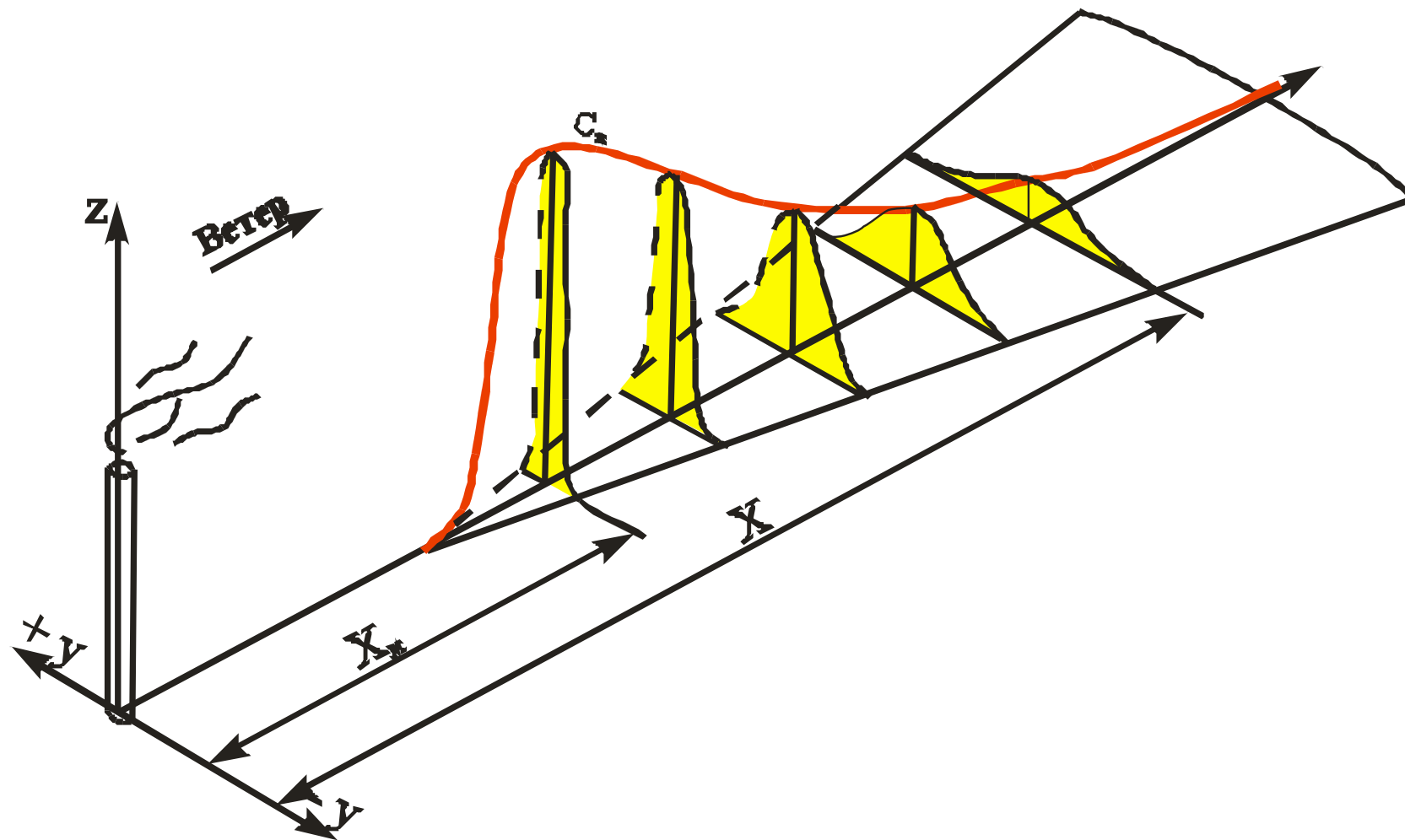


Схема рассеяния вредного вещества в приземном слое атмосферы

Область загрязнения приземного слоя атмосферы определяется типом источника и характером утечки, свойствами ингредиента, состоянием атмосферы и поверхности Земли и т. п. Различают точечные и линейные, наземные и высотные источники загрязнения.

По продолжительности выброса загрязнения в атмосферу - мгновенные, стационарные и периодические.

Состояние атмосферы характеризуется градиентом температуры воздуха по высоте, направлением и скоростью ветра, облачностью, уровнем фонового загрязнения и т. д.

Указанные факторы в существенной мере определяют процесс рассеяния загрязнений в атмосферном воздухе. При большой скорости ветра подъем струи загрязнения над источником незначителен вследствие сноса его потоком воздуха. По мере уменьшения скорости ветра подъем струи возрастает.