

На нефтеперерабатывающих заводах перестают гореть факелы



Н.С. Борисов,
ген. директор



А.А. Ивлев,
техн. директор



Ю.В. Буракова,
ст. науч. сотрудник



С.М. Лыков,
канд. техн. наук, зав. отделом

ООО «Нефтехимбезопасность»

АНО «Агентство исследований промышленных рисков»

Представлены основные достоинства закрытых факельных систем по сравнению с открытыми факелами: отсутствие дыма, пара, видимого пламени, теплового шлейфа, запаха; низкий уровень шума; небольшие и контролируемые выбросы; простая система управления с легким доступом ко всем управляющим органам; удобство обслуживания всех узлов с земли; отсутствие теплового излучения; безопасное и надежное уничтожение любых жидких и газообразных отходов.

The main advantages of the closed flare systems compared to the open flare systems are presented: absence of a smoke, steam, visible flame, thermal loop, smell; low level of noise, small and controlled emissions; a simple control system with easy access to all control elements; convenience of maintenance of all the units from the ground; lack of thermal radiation; safe and reliable destruction of any liquid and gaseous waste.

Ключевые слова: факельные системы, горючие газы и пары, парогазовое облако, утилизация горючих газов и паров, факельные установки закрытого типа, факельный ствол.

Трагический опыт аварий, а также многочисленные инциденты в работе факельных систем (в частности, остановки крупнотоннажных агрегатов производства аммиака из-за погасания пламени) показали, что данные системы не только не совершенны, но и могут быть источником аварий [1, 2]. Большинство химических технологий основано на применении повышенного давления. Это связано прежде всего с тем, что значительно увеличиваются скорость протекания процессов, выход продукта, а габариты оборудования уменьшаются. Ряд химических процессов протекают с выделением тепла (экзотермические реакции), что приводит к росту давления в аппаратуре, ряд процессов — с поглощением тепла (эндотермические реакции), что требует подвода тепла от внешних источников (возможная причина повышения давления). Рост давления выше расчетного приводит к потере оборудованием прочности, разрушению аппарата или его элемента, разгерметизации оборудования и выбросу вещества в помещение или атмосферу. Защиту оборудования и трубопроводов от превышения регламентированного давления осуществляют с помощью систем аварийного сброса (предохранительные клапаны, разрывные мембраны, гидрозатворы, специальные сбросные системы с

применением ручной, дистанционно или автоматически управляемой запорной арматуры).

Для ликвидации загрязнения воздушного бассейна выбросы горючих и горюче-токсичных газов, не поддающиеся улавливанию и переработке, на химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих предприятиях принято направлять в факельные системы. Эти требования установлены законодательно.

«Сбрасываемые горючие газы, пары и мелкодисперсные материалы должны направляться в закрытые системы для дальнейшей утилизации или в системы организованного сжигания. Выделяемый в технологическом процессе избыток чистого водорода подлежит сбросу в атмосферу» [3, п. 3.23].

«Среда, выходящая из предохранительных устройств, должна отводиться в безопасное место. Сбрасываемые токсичные, взрыво- и пожароопасные технологические среды должны направляться в закрытые системы для дальнейшей утилизации или в системы организованного сжигания.

В случаях, обоснованных проектной документацией, допускается сброс нетоксичных взрыво- и пожароопасных сред в атмосферу через сбросные трубопроводы при условии, что их конструкция и места размещения обеспечивают взрыво- и пожаро-

безопасное рассеивание сбрасываемой среды с учетом требований норм пожарной безопасности.

Запрещается объединять сбросы, содержащие вещества, которые способны при смешивании образовывать взрывоопасные смеси или нестабильные соединения» [4, п. 322].

«Сбросы газов от предохранительных клапанов, установленных на сосудах и аппаратах с взрывоопасными и вредными веществами, должны направляться в факельные системы» [5, п. 2.7].

Требования о необходимости сброса от предохранительных клапанов на факел были установлены после взрыва парогазового облака, происшедшего 11 августа 1990 г. на Новоярославском нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ). Выброс в атмосферу горючего водородосодержащего газа произошел через сбросную трубу на высоте около 50 м от поверхности земли вследствие срабатывания предохранительных клапанов, установленных на теплообменной аппаратуре, работающей под избыточным давлением около 4 МПа. Выбрасываемая газовая среда двигалась по направлению к поверхности земли под углом примерно 30° в сторону открытых технологических установок с работающей теплообменной аппаратурой, в том числе с холодильниками воздушного охлаждения, способствующими перемешиванию горючих паров (газов) с воздухом, и печами огневого нагрева. В предполагаемом эпицентре взрыва крышки люков канализационных колодцев были проломаны, сильно разрушены здания газовой компрессорной, распределительно-трансформаторной подстанции, операторной, постаменты. Давление на фронте ударной волны было таково, что оператор, который находился в 150–190 м от предполагаемого эпицентра взрыва, был сбит с ног и отброшен ударной волной на расстояние 5–8 м [6].

Факельные установки предназначены для утилизации горючих паров или газов, а также для обеспечения безопасности постоянных, периодических и аварийных сбросов, сброса и последующего сжигания углеводородов при нарушениях технологического режима, горючих газов и паров. Наиболее распространены два вида факельных установок — закрытые и открытые. Открытая факельная система предусматривает прямолинейный проход газа через факельный ствол, установленный вертикально. Такую систему также называют вертикальной (высотной) [7].

Эксплуатация открытых факельных систем связана с наличием опасных факторов воздействия на окружающую природную среду, оборудование, здания и сооружения, размещенные на прилегающих территориях, а также создает угрозу обслуживающему персоналу. При отрыве и погасании факела в атмосферу поступает большое количество токсичных и горючих газов, что при определенных условиях приводит к воспламенению образовавшегося облака и возникновению взрывов, пожаров или к интоксикации людей. При этом возможны образование выбросов непосредственно в атмосферу и рассеивание в

окружающей среде паров и газов, содержащих до 8 % сероводорода, что допустимо по действующим для нефтеперерабатывающих предприятий правилам [8].

Окислитель (воздух, кислород) может попадать в факельную систему через открытый верх факельного ствола, неплотности в трубопроводах и арматуре, при отсутствии избыточного давления в системе, сбросах из технологической аппаратуры кислородосодержащих газов. Создаваемое открытым факелом тепловое излучение весьма опасно, особенно если факельный ствол невысокий и находится на ограниченном участке. Для снижения опасности теплового воздействия на персонал и оборудование факел поднимают на значительную высоту, осуществляют подачу пара и воздуха, а также применяют конструкции на основе множества наконечников со струйным перемешиванием. Для защиты пламени от ветрового воздействия используют ветрозащитные устройства в целях повышения устойчивости факела, что требует дополнительных затрат на их установку, техническое обслуживание и ремонт. Кроме того, возникают проблемы с техническим обслуживанием и ремонтом факельного оголовка, так как грузоподъемных кранов для проведения работ на такой высоте нет.

В настоящее время существует тенденция применения закрытых факелов (их также называют наземными факелами, факелами для густонаселенных районов или факелами термического окисления), которые имеют множество преимуществ по сравнению с высотными (открытыми) факельными системами. Одна из отраслей, в которых факельные системы начали применять в первую очередь, — нефтеперерабатывающая промышленность, поскольку на ее предприятиях всегда существовала и поныне остается потребность в безопасном удалении углеводородов, выделившихся во время нарушения технологического режима. Такие нарушения могут быть обусловлены отказами систем электроснабжения, неисправностью оборудования или пожаром на заводе.



На рисунке показана закрытая факельная установка.

Закрытая система сжигания позволяет лучше контролировать процесс горения. Закрытые факелы особенно актуальны для предприятий, расположенных непосредственно в населенных пунктах, так как эффективность удаления продуктов сгорания газобразных отходов превышает 99,9 %. Это лучший показатель сокращения выбросов оксидов серы, оксидов азота, а также других летучих канцерогенных выбросов в отличие от факельной установки открытого типа, где продукты сгорания сразу попадают в

атмосферу. Например, факельные установки закрытого типа введены в эксплуатацию и успешно работают на Хабаровском, Рязанском, Казанском НПЗ. Факельный ствол, разработанный и поставленный для ООО «Хабаровский НПЗ», предусматривает в своей конструкции размещение 270 наземных многоструйных горелок.

Закрытые факельные системы сжигают газообразные отходы чисто и эффективно, без дыма и с меньшим уровнем шума и видимого пламени по сравнению с открытыми факельными системами. Во многих закрытых факельных системах используют оребренные пластинчатые горелки. Конструкция аэродинамической решетки факела позволяет равномерно распределить поступающий воздух и устранить местный перегрев, вызванный турбулентностью потока воздуха. В результате пластинчатые горелки обеспечивают при минимальном уровне шума бездымное высокоэффективное сжигание таких непредельных углеводородов, как этилен и пропилен. Прочное огнеупорное покрытие выдерживает тепловые удары и противостоит растрескиванию, поэтому корпус факела не требует ремонта продолжительное время. Каждый закрытый факел рассчитывают методом подобия пламени для точного обеспечения бездымного сжигания и уменьшения потребления воздуха и пара. Закрытые факелы с естественной тягой применяют для бездымного, невидимого сжигания газообразных отходов в экономичном закрытом корпусе, без подачи пара или воздуха.

Основные достоинства закрытых факельных систем по сравнению с открытыми факелами: отсутствие дыма, пара, видимого пламени, теплового шлейфа, запаха; низкий уровень шума; небольшие и контролируемые выбросы; простая система управления с легким доступом ко всем управляющим органам; удобство обслуживания всех узлов с земли (например, дежурные горелки могут быть сняты без остановки всей системы); отсутствие теплового излучения (нет необходимости сооружать специальный тепловой экран); безопасное и надежное уничтожение любых жидких и газообразных отходов.

Факельный ствол можно размещать непосредственно на территории технологической установки, а не удалять на значительные расстояния, определяемые расчетом плотности теплового потока от пламени. Это позволяет уйти от прокладки протяженных факельных коллекторов и трубопроводов, устройства высоких факельных стволов, ограждений, прокладки дорог и планировки территории. Конструкция закрытых факельных систем обеспечивает высокую безопасность и надежность. Это достигается сочетанием передовых методов проектирования с современным высокотехнологичным производством.

В системах автоматизации закрытых факельных систем применяют самые современные технические решения и разработки для обеспечения промышленной безопасности: автоматические схемы

взаимоблокировок, жидкостные затворы, сканеры пламени, работающие в ультрафиолетовом диапазоне, отказоустойчивые системы запуска и останова, световую сигнализацию, многоступенчатые горелочные головки со встроенными огнепреградителями и устройствами предотвращения детонации, дежурные горелки с дистанционными генераторами искры. Полностью автоматизированное многоступенчатое функционирование многофорсуночных, многоструйных горелок с естественной тягой обеспечивает надежное сокращение выбросов с объектов добычи нефти и газа, нефтеперерабатывающих, химических и нефтехимических заводов, а также предприятий других отраслей промышленности.

Строительство и пуск закрытых факельных установок — часть стратегии многих компаний по снижению вредного воздействия на окружающую среду. Пуск закрытых факельных установок означает, что привычный атрибут НПЗ — пламя над трубой — персонал и жители городов больше не увидят.

Список литературы

1. Куликов А.В., Лыков С.М., Эльнатов А.И. Анализ эффективности применения и переработка правил устройства и безопасной эксплуатации факельных систем: отчет о НИР; инв. № 800/7-90. — М.: НТЦ Госпроматомнадзора, 1990. — 68 с.
2. Факельные системы. URL: <http://ru-safety.info/> (дата обращения: 27.02.2015).
3. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности: утв. приказом Ростехнадзора от 11 марта 2013 г. № 96. — Сер. 09. — Вып. 37. — 2-е изд., доп. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2013. — 126 с.
4. Правила промышленной безопасности для опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности: утв. приказом Ростехнадзора от 25 марта 2014 г. № 116. — Сер. 20. — Вып. 16. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. — 254 с.
5. ПБ 09-563—03. Правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств: утв. постановлением Госгортехнадзора России от 29 мая 2003 г. № 44. — Сер. 09. — Вып. 7. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2014. — 58 с.
6. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы: оценка и предупреждение. — М.: Химия, 1991. — 432 с.
7. Руководство по безопасности факельных систем: утв. приказом Ростехнадзора от 26 дек. 2012 г. № 779. — Сер. 03. — Вып. 68. — М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2013. — 48 с.
8. ПБЭ ПН—2001. Правила безопасной эксплуатации и охраны труда для нефтеперерабатывающих производств: введ. приказом Минэнерго России от 27 дек. 2000 г. № 162). URL: http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/481036/pravila_bezopasnoi_ekspluatatsii_i_okhrany_truda_dlya_neftepererabatyvayush.pdf (дата обращения: 27.02.2015).

burakova@safety.ru

Материал поступил в редакцию 2 марта 2015 г.