

В.С. Клубань, С.В. Молчанов
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: sergey_molchanov@list.ru)

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОСОБО ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Приведён анализ причин возникновения пожаров на таких стратегических объектах топливно-энергетического комплекса (ТЭК) как нефтебазы, склады горючего, резервуарные парки нефти, нефтепродуктов.

Ключевые слова: резервуарные парки, источники зажигания, взрыв, пожарная безопасность, технические решения, объекты защиты.

V.S. Kluban, S.V. Molchanov

FIRE SECURITY IN SPECIAL IMPORTANCE OBJECTS OF FUEL AND ENERGY COMPLEX

An analysis of the causes of fires on strategic objects of fuel and energy complex, such as tank farms, fuel warehouses, tank parks of oil and oil products.

Key words: tank farms, sources of ignition, explosion, fire safety, technical solutions, objects protection.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 22 апреля 2014 г.

Нефтеперерабатывающие заводы, нефтебазы, склады и базы горючего, автозаправочные комплексы, выполняя важные функции по переработке, приему, хранению и выдаче нефтепродуктов, являются объектами повышенной взрывопожарной и пожарной опасности.

Для возникновения и развития пожара на рассматриваемых объектах необходимо наличие горючего вещества; окислителя (кислород, в том числе кислород воздуха; химические соединения, содержащие кислород в составе молекул, селитры, перхлораты, азотная кислота, окислы азота, фтор, бром, хлор и т.п.); источника зажигания и путей распространения пожара.

Источниками зажигания на предприятиях ТЭК могут являться:

- открытое пламя и высокая температура топочных газов при работе газотурбинных установок, трубчатых печей, котельных, реакторов огневого действия и т.п.;

- удары молнии и её вторичные проявления;

- искровые разряды статического электричества при неисправности защиты от него, при перемещении и истечении из оборудования и коммуникаций нефти, нефтепродуктов; горючего газа, конденсата, дизтоплива;

- искры и дуги при коротких замыканиях, перегрузках, при неисправности электрооборудования, повреждении электроизоляции электрокабелей и электропроводов;

- теплота при перегреве подшипников и сальников компрессоров, насосов, электродвигателей, вентиляторов, генераторов, моторов;

- механические искры при использовании во взрывоопасных зонах искрообразующего (стального) инструмента, при работе неисправных вентиляторов, насосов, электродвигателей, искры удара и трения при техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования;

- лучистое тепло при горении выходящих из оборудования горючих газов и жидкостей;

- лучистое тепло, искры, дуги и пламя при проведении временных огневых ремонтных работ в помещениях или на оборудовании и трубопроводах, расположенных на открытых площадках;

- самовозгорание веществ, нагретых в условиях производства выше температуры самовоспламенения, пиррофорных отложений железа, промасленной ветоши или промасленной спецодежды и других веществ с опасностью самовозгорания и самовоспламенения;

- открытый огонь при использовании факелов, техобслуживании, применении паяльных ламп для разогрева трубопроводов и т.п.;

- искры и нагретые выхлопные трубы работающих двигателей внутреннего сгорания (дизельные электростанции, автомобили и т.п.);

- открытое пламя, появившееся в результате нарушений обслуживающим персоналом правил пожарной безопасности (курение, разведение костров и т.д.), а также источники зажигания, появившиеся в результате действий проникших на объект посторонних лиц, диверсионных актов или иных преднамеренных действий.

Причинами пожаров на предприятиях также могут являться:

- нарушения, допущенные при проектировании и строительстве зданий и сооружений;

- несоблюдение элементарных мер пожарной безопасности производственным персоналом и неосторожное обращение с огнём.

Характерными путями распространения пожара и раскаленных продуктов горения на предприятиях ТЭК могут являться:

- дыхательные, продувочные и сбросные линии;

- продуктопроводы при работе их неполным сечением;

- дверные, оконные и технологические проёмы в производственных, вспомогательных, административных и других помещениях;

- тепловое излучение пламени, "огненного шара";

- промышленная канализация при попадании в нее нефтепродуктов и других *легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ)*;

- поверхности растекающихся ЛВЖ и ГЖ, проливов нефтепродуктов;

- газо- и паровоздушные взрывоопасные смеси (облака);

- воздухопроводы систем вентиляции и дымоудаления; кабельные туннели, полуэтажи, шахты;

- транспортеры, элеваторы, конвейеры, самотечные трубопроводы;

- горючие отходы и отложения;

- производственные площадки и грунт, пропитанные горючими жидкостями.

Знание рассмотренных факторов возникновения и распространения пожара позволяет не допускать его (пожара) возникновения или даже ликвидировать (потушить) пожар, если из зоны горения исключить хотя бы одно из перечисленных условий возникновения и развития пожара.

К основным поражающим факторам при пожарах на этих объектах относятся:

- тепловое излучение при факельном горении, пожарах проливов горючих веществ и огненных шарах;
- избыточное давление и импульс волны давления при сгорании газопаровоздушной смеси в открытом пространстве;
- избыточное давление и импульс волны давления при разрушении сосуда (резервуара) в результате воздействия на него очага пожара;
- избыточное давление при сгорании газопаровоздушной смеси в помещении;
- концентрация токсичных компонентов продуктов горения в помещении;
- снижение концентрации кислорода в воздухе помещения;
- задымление помещения, потеря видимости;
- среднеобъемная температура в помещении;
- осколки, образующиеся при взрывном разрушении элементов технологического оборудования.

Наибольшую опасность для людей, находящихся в помещениях при пожаре, представляет потеря видимости вследствие задымления. При потере видимости движение людей становится хаотичным. В результате этого процесс эвакуации затрудняется, а затем может стать неуправляемым.

Поэтому успех эвакуации людей при пожаре может быть обеспечен лишь при их беспрепятственном движении. Эвакуируемые обязательно должны четко видеть эвакуационные выходы или указатели выходов.

Следует иметь в виду, что при пожаре дым скапливается в верхней части помещений, поэтому при сильном задымлении необходимо нагнуться или лечь на пол, накрыв рот и нос мокрым полотенцем или платком, так как около пола есть свежий воздух, а ядовитые продукты горения с теплым воздухом поднимаются вверх. Двигаться надо нагнувшись, иногда на четвереньках или ползком к выходу вдоль стены, чтобы не потерять направление движения. Наиболее надежными средствами защиты органов дыхания от токсичных продуктов горения, особенно от угарного газа, являются полностью изолированные и автономные противогазы, которые стоят на вооружении пожарной охраны и спасательных подразделений.

Люди, находящиеся в зоне горения и около нее, больше всего страдают, как правило, от открытого огня и искр, повышенной температуры окружающей среды, токсичных продуктов горения, дыма, пониженной концентрации кислорода, падающих частей строительных конструкций, агрегатов и установок.

Случаи непосредственного воздействия открытого огня на людей редки. Чаще поражение происходит от лучистых потоков, испускаемых пламенем. Большую опасность для людей представляет вдыхание нагретого воздуха, приводящее к ожогу верхних дыхательных путей, удушью и смерти. Так, при температуре выше 100 °С человек теряет сознание и гибнет через несколько минут. Опасны также ожоги кожи.

В условиях пожара концентрация кислорода в воздухе уменьшается. Между тем понижение её даже на 3 % вызывает ухудшение двигательных функций организма. Опасной считается концентрация менее 14 %, при ней нарушаются мозговая деятельность и координация движений.

Взрыв – быстрое химическое превращение среды, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов. Взрывоопасная смесь – смесь воздуха или окислителя с горючими газами, парами легковоспламеняющихся жидкостей, горючими пылями или волокнами, которая при определенной концентрации и возникновении источника инициирования взрыва способна взрываться [4].

Взрывы на объектах ТЭК происходят в аппаратах, емкостях, помещениях или на наружных технологических установках. При этом, как правило, наблюдаются взрывы газо-, паро- и пылевоздушных смесей. Реже происходят механические взрывы, сопровождающиеся разрушением аппаратов, трубопроводов резервуаров, баллонов, работающих при высоких давлениях.

Всё технологическое оборудование на предприятиях может быть отнесено к следующим трем основным типам:

- открытые аппараты. Примерами открытых аппаратов служат различные ванны (промывочные, окрасочные, закалочные и др.) с горючими жидкостями, смесители, а также аппараты периодического действия, открываемые для загрузки и выгрузки продукции;

- "дышащие" аппараты. Примерами таких аппаратов служат резервуары со стационарной крышей для хранения нефти и нефтепродуктов, мерники, напорные баки, бункеры для хранения зернистых и пылевидных материалов и т.п., аппараты с переменным уровнем находящихся в них продуктов;

- герметичные аппараты (реакторы непрерывного действия, ректификационные колонны, абсорберы, насосы, компрессоры, напорные трубопроводы и другое технологическое оборудование).

Рассмотрим возможность образования **взрывоопасных концентраций (ВОК)** в этих аппаратах в различные периоды их эксплуатации.

Опасность образования ВОК внутри аппаратов с ЛВЖ и ГЖ, находящихся на отстое, может иметь место в случае наличия в них паровоздушного пространства и если температура жидкостей или концентрация паров в них находится между нижним и верхним температурными или концентрационными пределами распространения пламени.

При эксплуатации открытого аппарата над поверхностью жидкости ВОК может образоваться при условии:

$$t_p \geq t_{\text{всп (о.т)}}, \quad (1)$$

где t_p – рабочая температура жидкости;

$t_{\text{всп (о.т)}}$ – температура вспышки в открытом тигле.

Состояние горючести паровоздушной смеси в газовом пространстве аппаратов при неподвижном хранении ЛВЖ и ГЖ могут достаточно надежно характеризовать температурные условия хранения жидкости, когда концентрации паров в нём достигают состояния насыщения. В этом случае оценку горючести насыщенной паровоздушной смеси можно выполнить по температурным пределам распространения пламени хранящегося жидкого продукта [4]:

$$t_{\text{нпрп}} \leq t_{\text{ж}} \leq t_{\text{впрп}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{нпрп}}$ и $t_{\text{впрп}}$ – соответственно нижний и верхний температурные пределы распространения пламени; t_p – рабочая температура.

Общим *условием образования ВОК* в аппаратах независимо от вида горючего вещества (горючие газы, горючие пары или горючие пыли), типа производственного аппарата является выражение:

$$\varphi_{\text{н}} \leq \varphi_{\text{р}} \leq \varphi_{\text{в}}, \quad (3)$$

где $\varphi_{\text{н}}$ и $\varphi_{\text{в}}$ – соответственно нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени;

$\varphi_{\text{р}}$ – рабочая (фактическая) концентрация горючего вещества.

ВОК в герметичных аппаратах с *горючими газами (ГГ)* или перегретыми парами образуются в том случае, если в них попадает воздух или по условиям ведения технологического процесса подается окислитель (кислород, воздух и др.) при выполнении соотношения (3).

При хранении, переработке или обработке твердых горючих материалов в аппаратах различного типа образуются горючие пыли (волокна), которые могут находиться во взвешенном состоянии (аэрозоль) или в виде осевшего слоя (аэрогель). При изменении внутренних или внешних условий аэрозоль легко может переходить в аэрогель и наоборот. В связи с этим взрывоопасность технологического оборудования определяется не только количеством пыли, находящейся в данный момент во взвешенном состоянии, но и количеством осевшей пыли, способной перейти во взвешенное состояние.

При оценке вероятности образования взрывоопасной смеси в аппарате практическое значение имеет только нижний концентрационный предел распространения пламени горячей пыли, так как в производственных условиях верхний концентрационный предел распространения пламени горячей пыли, как правило, не достигается.

С учётом вышеизложенного, ВОК в аппаратах с горючими пылями (волокнами) образуются при условии:

$$\varphi_p \geq \varphi_n, \quad (4)$$

где φ_p – рабочая концентрация пыли в аппарате (с учётом взвешенной и осевшей пыли);

φ_n – нижний концентрационный предел распространения пламени горячей пыли.

Эксплуатация аппаратов различного типа с ЛВЖ, ГЖ, горючими газами и пылями сопровождается выходом наружу жидкостей, паров, газов и горючих пылей, которые могут образовывать зоны ВОК в производственных помещениях, на открытых площадках как при нормальных условиях работы, так и при их авариях и повреждениях. Размеры образующихся зон взрывоопасных концентраций определяются количеством выходящих пожароопасных веществ, их свойствами. Примерный объём взрывоопасной зоны $V_{\text{вок}}$, образующейся вблизи места выделения газа, пара или пыли, можно оценить по формуле:

$$V_{\text{вок}} = \frac{m}{\varphi_n^*} K_{\text{б,н}}, \text{ м}^3, \quad (5)$$

где m – масса выходящих пожароопасных веществ, кг;

φ_n^* – нижний концентрационный предел распространения пламени этих веществ, кг/м³;

$K_{\text{б,н}}$ – коэффициент безопасности, обычно $K_{\text{б,н}} \geq 2$.

Анализируя аварии и пожары, произошедшие на объектах ТЭК России, мы пришли к заключению, что большинство чрезвычайных ситуаций происходило по вине человека. Как правило, это были неправильные, невнимательные, а иногда преступно халатные действия персонала. Поневоле закрадывается мысль, что при минимизации присутствия человека и наличии полностью автоматизированного техпроцесса, целого ряда аварий, пожаров и взрывов можно было бы избежать.

Рассмотрим некоторые ситуации, происходящие по вине человека.

Террористические акты стали бичом современного общества и вообще проблемой планетарного масштаба. Решение вопросов борьбы с терроризмом – межгосударственная задача. Вместе с тем, объекты ТЭК находятся в поле зрения терроризма ввиду их особой значимости. А имеющиеся место теракты на этих объектах наносят, как правило, большой ущерб. Решению задач борьбы с терроризмом служат автоматизированные системы охранной сигнализации, в том числе охраны периметра объекта, охранно-пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения, оповещения и управления эвакуацией людей, видеонаблюдения за объектами.

Проблемы хищения нефти и нефтепродуктов из магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов также вносят свой негативный вклад в случае возникновения ЧС. Хищения происходят зачастую варварскими методами, без соблюдения элементарных мер безопасности и помимо прочего наносят

экологический ущерб. Желание получения наживы зачастую отводит на второй план осторожность, а низкая квалификация людей, принимающих участие в хищении нефтепродуктов, и недостаточное знание ими технологических процессов, параметров их ведения приводят иногда к катастрофическим последствиям.

Немаловажную роль в обеспечении безопасности объектов ТЭК играет фактор изношенности оборудования. Реконструкция и модернизация зачастую в положенные сроки не проводятся, а усталость металла во многих случаях накапливается за много годы. Совокупное воздействие вышеперечисленных факторов риска приводит к снижению уровня безопасности стратегических объектов инфраструктуры ТЭК страны.

Множество компаний, входящих в ТЭК, являются одними из наиболее рискованных, требующих первоочередных мер охраны своих объектов и инфраструктуры.

Согласно статье 5 Технического регламента [1], каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, целью создания которой является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре.

Эта система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты должна включать в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты и комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты в обязательном порядке должна содержать комплекс мероприятий, исключающих возможность превышения значений допустимого пожарного риска, установленного техническим регламентом [1], и направленных на предотвращение опасности причинения вреда третьим лицам в результате пожара.

Разработка мероприятий и внедрение технических решений, предупреждающих и исключающих опасные факторы, влияющие на промышленную и пожарную безопасность данных объектов, в том числе антитеррористической защищенности объектов ТЭК, является обязательной при эксплуатации нефтебаз, складов нефтепродуктов, нефтеперерабатывающих заводов, автозаправочных комплексов.

Промышленная и пожарная безопасность указанных объектов должна обеспечиваться техническими решениями, принятыми при проектировании, соблюдением правил пожарной безопасности и норм технологического режима процессов, безопасной эксплуатацией оборудования и квалифицированной подготовкой технического персонала. Решение этих задач обеспечивают автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), системы охранной сигнализации, в том числе охраны периметра объекта, пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения, оповещения, видеонаблюдения за объектами.

Литература

1. **Федеральный** закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в редакции № 117-ФЗ, 2012 г.) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. **РД** 153-34.0.49.101-2003. Инструкция по проектированию противопожарной защиты энергетических предприятий.
3. **ВППБ** 01-02-95 (РД 34-03-301-95). Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий.
4. **Швырков С.А. и др.** Пожарная безопасность технологических процессов: учебник. М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. 338 с.
5. **Молчанов С.В., Клубань В.С. Толовский С.И.** Некоторые проблемы обеспечения пожарной безопасности резервуаров со стационарной крышей мазутных хозяйств // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. Академия ГПС МЧС России. 2010. № 2. С. 68-74.