

К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ ПОЖАРОВ НА ОТКРЫТЫХ УСТАНОВКАХ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ ТИПА ЭЛОУ АВТ-6

М.В. Чхетиани;

А.П. Решетов, кандидат технических наук, доцент;

А.А. Бондарь, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Изложены краткие сведения об основных процессах и установках нефтегазопереработки. Приведены причины аварий и пожаров, виды пожаров на открытых установках переработки нефти. Рассмотрены возможные источники зажигания, особенности развития пожаров. Показана необходимость защиты личного состава и металлических конструкций технологических установок при тушении пожаров.

Ключевые слова: установки нефтегазопереработки, причины пожаров, источники зажигания, особенности развития пожаров

TO THE QUESTION OF THE DEVELOPMENT OF FIRES IN OPEN PROCESSING PLANTS OIL TYPE ELOU AVT-6

M.V. Chkhetiani; A.P. Reshetov; A.A. Bondar.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Set out brief information about the main processes and facilities of petroleum refining. Given the causes of accidents and fires, types of fires in the open installations of oil refining. The possible sources of ignition, especially the development of fires. Shows the necessity of protection of personnel and metal structures technological installations for fire extinguishing.

Keywords: installation of oil and gas, causes of fire, sources of ignition, especially development of fires

Проблемы пожарной безопасности объектов транспортировки, хранения и переработки нефти и нефтепродуктов продолжают оставаться одной из главных государственных задач.

На открытых технологических установках перерабатываются углеводородные газы, газовые конденсаты и нефть, которые имеют высокую степень пожарной опасности. Пожарная опасность таких предприятий постоянно увеличивается в связи с интенсификацией технологических процессов, увеличением единичной мощности технологических установок, а также в связи с тем, что технологические процессы проводятся при высоких температурах и давлениях с применением пирофорных катализаторов. Пожары на таких объектах являются, как правило, следствием аварийных ситуаций, развивающихся примерно по следующей схеме:

– в результате нарушения герметичности трубопроводов арматуры и оборудования происходит истечение горючих жидкостей или газов наружу;

– излившиеся жидкости или газы либо воспламеняются, либо создают обширную зону парогазовоздушной смеси взрывоопасной концентрации;

– факторы возникшего пожара интенсивно воздействуют на аппарат или трубопровод, из которого происходит истечение, а также соседнее оборудование, трубы и т.п., вследствие чего в них повышается давление выше расчетного, они теряют прочность и разрушаются или происходит их разгерметизация из-за действия высокой температуры пожара;

– количество вытекающего продукта и масштабы пожара увеличиваются со временем, принося большой материальный ущерб.

Причины ситуации пожарной опасности открытых технологических установок [1] (в %):

- пожары, вспышки и загорания – 58,5;
- взрывы и хлопки – 15,1;
- аварийная загазованность – 17,9;
- прочие – 8,5.

В работе [1] приводятся данные об аварийных ситуациях (в %), вызывающих пожары, взрывы и аварийную загазованность:

- использование неисправного оборудования – 59,1;
- нарушение технологического режима – 26,8;
- пуск неисправной технологической линии (аппарата) установки – 7,5;
- нарушение правил ремонтных работ – 4,7;
- несоблюдение правил остановки технологической установки – 1,9.

Процессы перегонки нефти осуществляют на атмосферных трубчатых (АТ) и вакуумных трубчатых (ВТ) или атмосферно-вакуумных трубчатых (АВТ) установках [2].

В зависимости от направления использования фракций установки перегонки нефти принято именовать топливными, масляными или топливно-масляными и соответственно этому – варианты переработки нефти.

На установках АТ осуществляют неглубокую перегонку нефти с получением топливных (бензиновых, керосиновых, дизельных) фракций и мазута. Установки ВТ предназначены для перегонки мазута. Получаемые на них газойлевые, масляные фракции и гудрон используют в качестве сырья процессов последующей (вторичной) переработки их с получением топлив, смазочных масел, кокса, битумов и других нефтепродуктов.

Современные процессы перегонки нефти являются комбинированными с процессами обезвоживания и обессоливания, вторичной перегонки и стабилизации бензиновой фракции: ЭЛОУ-АТ, ЭЛОУ-АВТ, ЭЛОУ-АВТ – вторичная перегонка и т.д.

Диапазон мощностей отечественных установок перегонки нефти широк – от 0,5 до 8 млн т нефти в год. До 1950 г. максимальная мощность наиболее распространенных установок АТ и АВТ составляла 500–600 тыс.т/год. В 1950-60-х гг. проектировались и строились установки мощностью 1; 1,5; 2 и 3 млн т/год нефти. В 1967 г. ввели в эксплуатацию высокопроизводительную установку АВТ мощностью 6 млн т/год. Преимущества установок большой единичной мощности очевидны: высокая производительность труда и низкие капитальные и эксплуатационные затраты по сравнению с установками малой производительности [2].

Еще более существенные экономические преимущества достигаются при комбинировании АТ и АВТ (или ЭЛОУ-АТ и ЭЛОУ-АВТ) с другими технологическими процессами, такими, как газо-фракционирование, гидроочистка топливных и газойлевых фракций, каталитический риформинг, каталитический крекинг, очистка масляных фракций и т.д.

Надо отметить, что старые установки малой мощности подверглись модернизации с увеличением их мощности в 2–2,5 раза и более по сравнению с проектной.

Поскольку в эксплуатации находятся АТ и АВТ довоенного и последующих поколений, отечественные установки перегонки нефти характеризуются большим разнообразием схем перегонки, широким ассортиментом получаемых фракций. Даже при одинаковой производительности ректификационные колонны имеют разные размеры, неодинаковое число и разные типы тарелок; по-разному решены схемы теплообмена, холодного, горячего и циркуляционного орошения, а также вакуумсоздающей системы. В этой связи ниже будут представлены лишь принципиальные технологические схемы отдельных блоков (секций), входящих в состав высокопроизводительных современных типовых установок перегонки нефти.

Установки атмосферной и атмосферно-вакуумной перегонки нефти типа ЭЛОУ АВТ-6, АВТ-5, АТ и др. являются головными установками переработки нефти на всех нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ).

На этих установках перерабатывается или вся поступающая на НПЗ нефть, например на установках ЭЛОУ АВТ-6 мощностью в 6 млн т/год, или ее основная часть.

При этом надежность и стабильная работа установок первичной переработки нефти имеет чрезвычайное значение для успешной работы НПЗ в целом.

Анализ зарегистрированных крупных пожаров на открытых технологических установках, эксперименты, проведенные на макетах технологического оборудования на полигоне, и теоретические расчеты показывают, что последствия от пожаров на таких установках более тяжелые, чем в производственных зданиях, имеющих закрытые производственные объемы. Сложность процесса развития пожара обуславливают: интенсивное развитие процесса горения в начальной стадии с выделением большого количества тепла и быстрым движением тепловых потоков; высокая тепловая радиация (излучение); быстро увеличивающиеся размеры пожаров по территории, компактное размещение технологических аппаратов и оборудования.

Как правило, пожары возникают в какой-либо одной точке сооружения или технологического аппарата. Исключение составляют случаи взрывов и разрушений производственного оборудования, в результате которых пожары могут одновременно возникнуть в нескольких местах установки или сооружения.

Число аварий (в %) различных элементов и оборудования открытых технологических установок [1]:

- технологические трубопроводы (соединения, арматура и др.) – 31,2;
- насосные станции для перекачки горючих жидкостей и газов – 18,9;
- емкостные аппараты (дегидраторы, теплообменники и др.) – 15,0;
- печи – 11,4;
- колонны (ректификационные, вакуумные и пр.) – 11,2;
- промканализация (лотки, колодцы, очистные сооружения и т.п.) – 8,5;
- резервуарные парки для хранения нефтепродуктов – 3,8.

Источники зажигания на открытых установках весьма разнообразны – и малокалорийные импульсы, и мощные источники теплового воздействия (пламя открытых печей, нагретая до высокой температуры поверхность оборудования и т.п.).

Число возможных пожаров и загораний (в %) на открытых технологических установках, происходящих от различных источников воспламенения:

- нагретая до высокой температуры поверхность оборудования – 37,2;
- открытый огонь печей – 23,1;
- электрические искры при неисправности оборудования – 9,0;
- открытый огонь газосварочных работ – 8,9;
- повышение температуры при трении – 7,7;
- самовоспламенение продуктов – 6,5;
- прочие – 7,6.

Открытые технологические установки, как правило, оборудуются стационарными системами тепловой защиты и пожаротушения. Вместе с тем коммуникации трубопроводов, мелкие технологические аппараты и строительные конструкции ими обычно не защищаются. Кроме того, стационарные установки могут быть выведены из строя в результате температурных деформаций и взрывов технологического оборудования.

В связи с этим тушение пожаров на открытых технологических установках чаще всего осуществляется передвижной пожарной техникой с максимальным использованием стационарных установок тепловой защиты и пожаротушения.

При авариях на открытых технологических установках пары нефтепродукта и горючие газы могут образовать загазованные зоны. Размер этих зон ориентировочно можно определить по табл. 1.

Таблица 1. Ориентировочные размеры зоны загазованности в направлении ветра при различных расходах газа и паров нефтепродукта

Расход паров и газов, кг/с	Длина зоны загазованности в м, при скорости ветра			
	0,5 м/с	1,0 м/с	5,0 м/с	10,0 м/с
0,5	40	30	10	10
1,0	55	40	20	15
2,0	75	55	25	17
3,0	100	70	30	20
5,0	130	90	40	28
7,0	150	110	48	34
10,0	180	130	55	40
15,0	220	165	70	50
20,0	260	182	80	55

Расход нефтепродукта, вытекающего из аппаратов и трубопроводов в виде струй, можно ориентировочно определить по длине пламени. Зависимость длины пламени от расхода нефтепродукта и характера истечения приведена в табл. 2.

Таблица 2. Расход нефтепродукта при струйном истечении

Характер истечения нефтепродукта	Расход нефтепродукта, кг/с, при длине факела пламени										
	2 м	3 м	5 м	10 м	15 м	20 м	25 м	30 м	35 м	40 м	55 м
Компактная струя	–	–	0,1	0,4	1,0	2,0	3,0	5,0	7,5	10	20
Распыленная струя	0,5	1,0	2,0	7,5	14	20	30	40	55	–	–

Вид горящего нефтепродукта можно определить по цвету пламени. Нефть и жидкие нефтепродукты горят ярко-красным пламенем, сжиженные газы – ярко-оранжевым. При горении нефтепродукта температура пламени достигает 1 300 °С.

Плотность тепловых потоков при струйном факеле пламени и горении разлитого нефтепродукта приведена в табл. 3, 4.

Таблица 3. Плотность теплового потока при горении струй вытекающего нефтепродукта

Расход нефтепродукта, кг/с	Плотность теплового потока, кВт/м ² , на расстоянии от факела пламени									
	5 м	10 м	15 м	20 м	25 м	30 м	40 м	50 м	60 м	
1	8,4	4,2	–	–	–	–	–	–	–	
2	12,6	6,3	5,6	2,8	–	–	–	–	–	
3	14,0	7,8	7,0	4,2	–	–	–	–	–	
5	–	9,2	8,4	7,0	4,2	–	–	–	–	
7	–	11,1	10,5	8,4	7,8	4,5	1,7	–	–	
10	–	–	12,6	10,0	9,2	7,0	5,5	2,4	–	
15	–	–	–	13,1	11,9	9,8	7,0	5,9	4,2	
20	–	–	–	–	–	11,9	8,8	7,3	6,3	

Работа личного состава без специального теплозащитного снаряжения допускается при плотности теплового потока не выше 4,2 кВт/м², защита от нагрева аппаратов, трубопроводов, этажерок и обслуживающих площадок необходима при плотности теплового потока 12,5 кВт/ м² и более.

При пожарах металлические аппараты, трубопроводы и конструкции нагреваются до высоких температур. Незащищенное теплоизоляцией оборудование прогревается в течение 10–15 мин и предохранительные клапаны не успевают стравливать развивающееся давление. В результате происходит деформация и разрыв аппаратов и трубопроводов. Термоизоляция повышает огнестойкость технологического оборудования до 40–50 мин.

Таблица 4. Плотность теплового потока при горении разлитого нефтепродукта

Площадь горения, м ²	Плотность теплового потока, кВт/м ² , на расстоянии от факела пламени				
	2 м	5 м	10 м	15 м	20 м
1	3,8	–	–	–	–
2	7,0	4,2	–	–	–
3	11,1	7,0	4,2	–	–
5	14,0	8,1	4,9	2,1	–
7	16,5	9,2	5,5	2,3	–
10	18,0	10,5	6,3	3,1	–
15	20,5	12,6	8,1	3,9	–
20	30,0	24,0	11,1	5,6	2,4
50	45,0	30,0	11,5	5,8	2,5
100	75,0	40,0	12,5	6,0	2,8
150	82,0	45,0	14,0	8,0	4,2

Изменение температуры металлической стенки аппарата при непосредственном воздействии на него пламени сжиженного газа показано на рисунке.

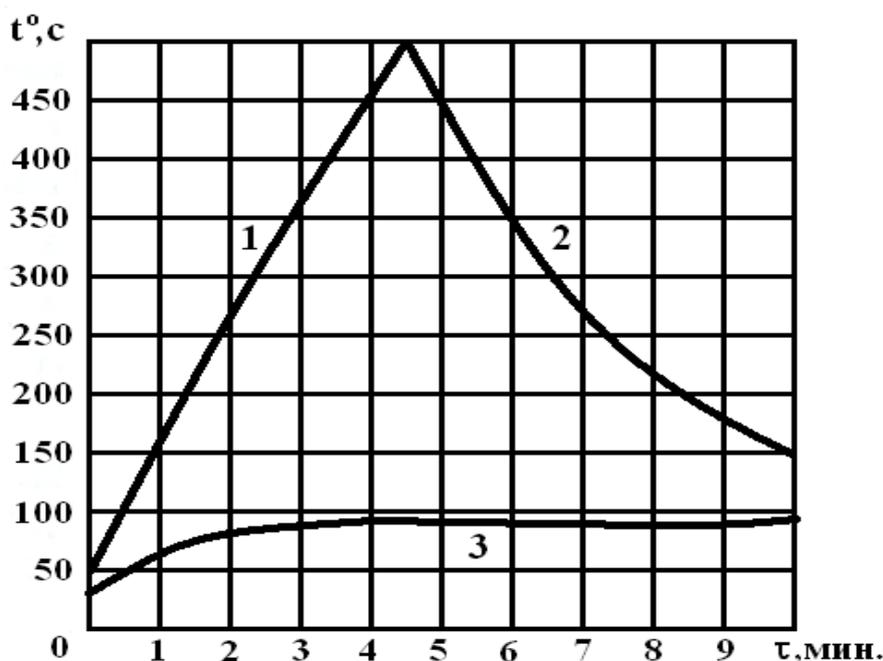


Рис. Температура нагрева поверхности аппарата, при воздействии факела пламени сжиженного газа

(1 – температура стенки без орошения; 2 – температура предварительно нагретой стенки при орошении ее распыленной водой или пеной низкой кратности с интенсивностью 0,2 л/(м²·с); 3 – температура стенки при орошении ее распыленной водой или пеной низкой кратности с той же интенсивностью (без предварительного нагрева)

График показывает, что металлические стенки емкостей и аппаратов, не заполненных нефтепродуктом, при воздействии факела пламени сжиженного газа прогреваются в течение 4–5 мин до опасной температуры 500 °С. Орошение аппарата водой или пеной позволяет снизить температуру нагрева стенок ниже 100 °С и обеспечить его механическую прочность.

При авариях в аппаратах, работающих под избыточным давлением, горючие жидкости и газы вытекают в виде струй. При этом сжиженные углеводороды сгорают в факеле пламени полностью, а жидкие нефтепродукты сгорают частично и образуют разливы на значительных площадях.

По характеру горения пожары можно разделить на следующие виды:

- горение паров жидкостей и газов в виде факелов;
- горение жидкостей с открытой поверхностью (в емкостях или разлитой);
- горение движущейся жидкости (струи или растекающейся);
- взрывы паро- или газозооушной смеси;
- комбинация различных видов пожара.

Пожары на открытых технологических установках по своему характеру продолжительны и представляют значительные трудности при тушении.

Размеры пожара зависят от условий растекания нефтепродукта и степени разрушения и деформации оборудования от воздействия пламени.

Развитию пожара способствует также то, что отдельные блоки, например ректификационные и газофракционирующие колонны, технологические печи, теплообменники, конденсаторы, холодильники, отстойники, технологически связаны между собой разветвленной сетью коммуникаций трубопроводов, и горение на одном блоке может вызвать аварийную ситуацию на других.

Литература

1. Иванов Е.Н. Противопожарная защита открытых технологических установок. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1986.
2. Владимиров А.И., Щелкунов В.А., Круглов С.А. Основные процессы и аппараты нефтегазопереработки. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002.