

Точилина Анастасия Валерьевна,
Магистрант,
Самарский государственный технический университет

Сумарченкова Ирина Александровна,
к.х.н., доцент,
Самарский государственный технический университет

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ЗОН ДЕЙСТВИЯ ОСНОВНЫХ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ АВАРИИ НА УСТАНОВКЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА БЛОКА ГИДРООЧИСТКИ СЫРЬЯ

Аннотация. В статье рассмотрены основные опасности, возникающие при эксплуатации установки каталитического риформинга. Выполнен анализ возможных последствий разгерметизации оборудования рассматриваемой установки.

Ключевые слова: Каталитический риформинг, разгерметизация оборудования, авария.

Технологическая система установки каталитического риформинга предусматривает переработку прямогонного бензина с целью получения компонента высокооктанового автомобильного бензина и состоит из пяти блоков: предварительной гидроочистки сырья; отпарки гидрогенизата; каталитического риформинга; стабилизации катализата; извлечения бензолсодержащей фракции (БСФ).

Площадка установки каталитического риформинга относится к категории опасных производственных объектов I класса опасности. Одним из наиболее опасных блоков установки каталитического риформинга является блок гидроочистки сырья. Эксплуатация связана со следующими опасностями:

- наличие в аппаратах и трубопроводах высокого давления и температуры;
- наличием большого количества взрывопожароопасных и токсичных веществ (водорода, бензина, и др.);
- наличие открытого огня в топках печей; высокого напряжения в электрических сетях, и др.

Анализ аварий на подобных установках позволяют утверждать, что в процессе их эксплуатации основная опасность связана с разгерметизацией оборудования: колонн, сепараторов, реакторов с такими последствиями как: горение (пожар) пролива; горение струи (факельное горение); "огненный шар" (файербол); хлопок, вспышка, волна пламени; формирование возможной взрывоопасной зоны (ВВЗ); взрыв (детонационный взрыв); токсичная волна. Результаты анализа возможных последствий разгерметизации оборудования представлены в таблице 1

Таблица 1.

Анализ возможных последствий разгерметизации оборудования

Оборудование	Характеристика выброса	Вид аварии-масса, т	Последствия
Реактор	Выброс среды при разгерметизации реакторного блока	ПГФ-5,0	В ОШ
Сепаратор	Выброс среды при разгерметизации сепаратора	ЖФ-12,5 ПГФ-3,9	ПП В ОШ



Колонна 1	Выброс среды при разгерметизации колонны 1	ЖФ-4,2 ПГФ-2,2	ПП В ОШ
Колонна 2	Выброс среды при разгерметизации колонны 2	ПГФ-3,0	В ОШ

Для наиболее неблагоприятных вариантов выбросов опасных веществ были оценены:
 – зоны поражения при взрывах ПГФ и огненных шарах (табл.2, рис. 1.),
 – интенсивность теплового излучения и зоны возможного теплового поражения (табл.3, рис.2.).

Избыточное давление взрыва определяли из выражения:

$$\Delta P = (P_{max} - Pa) \frac{100mZ}{V\rho CK} \quad (1)$$

где P_{max} – максимальное давление взрыва стехиометрической газо- паровоздушной смеси; Pa – атмосферное давление; m – масса веществ, вышедших в результате расчетной аварии в помещении; Z – коэффициент участия горючего во взрыве; V – свободный объем помещения; ρ – плотность газа (пара) при расчетной температуре; K – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения.

Величина C – стехиометрическая концентрация горючего газа или паров легковоспламеняющейся жидкости, рассчитывали по формуле:

$$C = \frac{100}{1 + 4,84\beta} \quad (2)$$

где $\beta = n_c + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2}$ стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания;

n_C, n_H, n_O, n_X – числа атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего

Интенсивность теплового излучения для огненного шара находили из выражения:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \chi$$

E_f – среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени, кВт/м²;

F_q – угловой коэффициент облученности:

$$F_q = \frac{(H - D) + 0,5}{4[(H/D + 0,5)^2 + (r/D)^2]^{1,5}} \quad (3)$$

H – высота центра «огненного шара»; D – эффективный диаметр «огненного шара»; r – расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли, находящейся непосредственно под центром «огненного шара», м

χ – коэффициент пропускания атмосферы:

$$\chi = \exp[-7,01 \cdot 10^{-4} (\sqrt{r^2 + H^2} - D/2)]. \quad (4)$$

Таблица 2

Характеристика взрывов

Событие	М, т	Радиус изобар (м) избыточного давления во фронте ударной волны, кПа				
		100	40	20	10	5
Разгерметизация реактора	5,0	40	70	110	190	340
Разгерметизация сепаратора	3,9	35	65	100	175	315
Разгерметизация колонны 1	2,2	30	50	80	135	245
Разгерметизация колонны 2	3,0	35	65	100	175	315



Таблица 3

Характеристика зон возможного теплового поражения

Событие	D, м	T, сек	Уровни теплового потока (кВт/м ²) на расстоянии (м) от фронта пламени				
			40	70	100	200	300
Разгерметизация реактора	86	12	83	51	30	6	2
Разгерметизация сепаратора	78	11	78	45	25	4	1.5
Разгерметизация колонны 1	64	9	67	33	16	2	0,8
Разгерметизация колонны 2	72	10	74	40	21	3	1,2

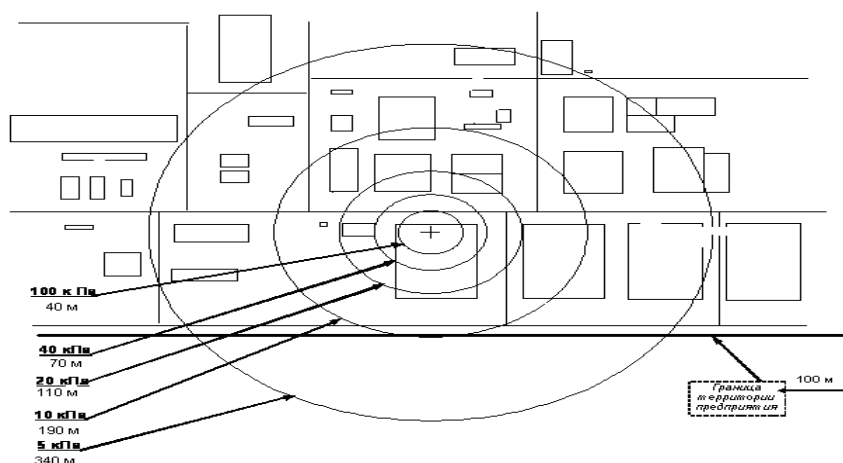


Рисунок 1. Характеристика зон поражения при взрыве ПГФ реактора.

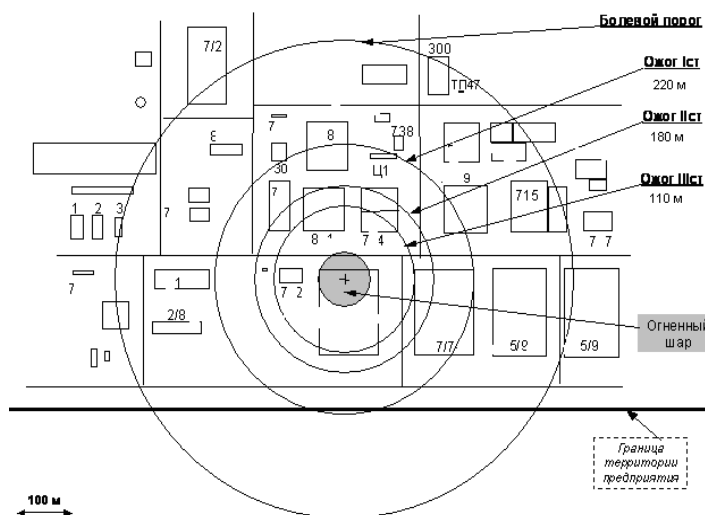


Рисунок 2. Поражающее действие огненного шара, возникающее при разгерметизации реактора

Взрывы смесей водородсодержащего газа и паров бензина с воздухом на открытой площадке представляют значительную опасность. Поражающее действие ударной волны таково, что при любых вариантах аварии возможно сильное разрушения оборудования



($\Delta P=100$ кПА) и развитие аварии по принципу “домино”. При всех рассмотренных вариантах аварий, воздействие ударной волны на здание, где располагается пульт управления и обслуживающий персонал может привести к сильным повреждениям. Управление процессом при крупных авариях может быть полностью нарушено. За пределами установки при наиболее опасном варианте аварии возможны средние разрушения. Травмирование людей возможно как на территории установки, так и за ее пределами в радиусе до 110 метров от эпицентра взрыва.

Огненный шар представляет опасность как для персонала на территории установки, так и за ее пределами. Наиболее серьезные травмы (смертельные ожоги) при наиболее неблагоприятных вариантах развития аварии может получить персонал, находящийся на территории установки (рис.1). В виду кратковременности теплового воздействия материальный ущерб огненных шаров может реализоваться в виде разрушения и загорания теплоизоляции на отдельном оборудовании, выводе из строя систем контроля и регулирования. Возможная взрывоопасная зона (ВВЗ), образуемая при дрейфе облака водородсодержащего газа, может распространяться на расстояние ~ 950 м от места выброса. Максимальный выброс реакционной среды происходит при разгерметизации реакторов. В этом случае ВВЗ формируется только за счет водородсодержащего газа. Однако, опыт аварий показывает, что выбросы смесей углеводородов с водородом, (находящихся в технологической системе при высоком давлении и температуре) практически всегда сопровождаются мгновенным воспламенением, что связано с особыми свойствами водорода.

Список литературы:

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов. Федеральный закон РФ № 116-ФЗ от 21.07.1997 (редакция от 14.11.2023).
2. Отчеты работы Ростехнадзора за 2010-2020 г [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/.
3. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – Введ. – 2009-05-01. – М.: Росстандарт, 2010.

