

И.Ю. Олтян

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ПУНКТАХ СЛИВА-НАЛИВА НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

В статье определен подход к прогнозированию количества опасного вещества, участвующего в создании поражающих факторов при аварийной разгерметизации железнодорожных цистерн с остатками нефти и нефтепродуктов. Полученное количество опасного вещества может быть использовано при прогнозировании последствий аварий на пунктах слива-налива нефти и нефтепродуктов.

Подготовка железнодорожных цистерн для перевозки нефти и нефтепродуктов является опасным технологическим процессом. Только в 2005–2006 гг. произошло несколько аварий при операциях по сливу-наливу нефтепродуктов и зачистке резервуаров от остатков нефтепродуктов.

31.05.05 в резервуарном парке ОАО "НК Роснефть" – Кабардино-Балкарская компания" при производстве подготовительных работ по откачке "мертвого остатка" из резервуара для последующей его зачистки произошло воспламенение паров нефтепродуктов. Ожоги получили двое рабочих.

28.06.05 в ЗАО "Петербургский нефтяной терминал" при проведении операции по сливу дизельного топлива воспламенились пары нефтепродукта, в результате чего сливщик получил смертельную травму.

16.07.05 в ОАО "Объединенное железнодорожное хозяйство" на складе топлива при подготовке к наливу нефтепродуктов в автоцистерну из заглубленной емкости произошли взрыв и загорание паров бензина. Смертельно травмированы два человека.

14.08.05 в ОАО "ТопРесурс" при наливке в железнодорожную цистерну (через нижний патрубок) светлых нефтепродуктов из резервуарного парка оборвалось фланцевое соединение с последующим разливом и воспламенением нефтепродуктов. Пожар распространился на стоящие рядом четыре железнодорожные цистерны. В результате пожара получили смертельные ожоги шесть человек.

02.08.06 в ООО "Инвест" на складе горюче-смазочных материалов во время зачистки резервуара от остатков бензина АИ-80 в результате взрыва паров возник пожар, повлекший разрушение резервуара. При взрыве пострадали три человека, один из которых погиб.

05.09.06 в ООО "Ульяновск-терминал" НК "ЮКОС" при наливке дизельного топлива в автоцистерну произошел "хлопок" паров нефтепродукта в горловине автоцистерны и возникло его возгорание. Водитель получил ожоги тела, от которых впоследствии скончался.

Как показал анализ аварийных ситуаций при операциях подготовки

железнодорожных цистерн под налив нефти и нефтепродуктов, характерны следующие виды развития аварийных процессов:

- взрывы газопаровоздушных смесей в объеме цистерны;
- разлитие взрывопожароопасных жидкостей.

При этом наиболее опасными являются взрывы газопаровоздушных смесей в котле цистерны.

Ниже рассматривается только взрыв газопаровоздушных смесей в цистернах с остатками бензина, т.к. бензин является наиболее опасным веществом с точки зрения создания поражающих факторов.

Для прогнозирования массы паров бензина в газовой полости резервуара достаточно оценить максимальное ее значение.

По закону Дальтона, общее давление в замкнутом газовом объеме резервуара будет суммироваться из парциального давления воздуха (атмосферное давление 101,3 кПа) и парциального давления паров бензина (давление насыщения). Зная отношение парциального давления паров бензина к общему давлению, можно определить концентрацию паров бензина в бензиновоздушной смеси (БВС) в газовой полости резервуара.

Концентрация паров бензина в замкнутой (герметичной) газовой полости резервуара повышается за счет упругости паров и при длительном хранении достигает своего наибольшего значения, при этом в газовой полости устанавливается давление, равное ($p_n + p_0$). В соответствии с законом Дальтона, отношение объемов двух газов (воздуха и паров бензина) будет определяться их парциальными давлениями. Парциальное давление паров бензина при этом равно давлению насыщения, а парциальное давление воздуха – атмосферному давлению воздуха. С учетом изложенного, концентрацию паров бензина в газовом объеме можно определить по формуле:

$$c_n = \frac{100 p_n}{(p_n + p_0)}, \% \text{ об.},$$

где p_n – давление состояния насыщения при температуре хранения, кПа;
 p_0 – атмосферное давление, кПа.

Давление насыщения бензина и концентрация паров бензина в герметичной емкости, полученные для различных температур его хранения, приведены в табл. 1 [1].

Таблица 1

Давление насыщения бензина и концентрация паров бензина в зависимости от температуры хранения бензина, устанавливающиеся в газовой полости абсолютно герметичного резервуара

Температура хранения бензина, °С	+30 (лето)	+4,8 (осень-весна)	-25 (зима)
Давление насыщения бензина, кПа	16,8	6	2
Концентрация паров бензина в газовой полости резервуара c_n , % об.	14	5,6	1,9

Плотность паров бензина ρ_n может быть определена из закона Авогадро с учетом поправки на температуру хранения:

$$\rho_n = \frac{M_\mu T_0}{V_\mu T}, \text{ кг/м}^3,$$

где $M_\mu = 97$ – молярная среднефракционная масса паров бензина, кг/кмоль;

$V_\mu = 22,4$ – молярный объем паров бензина, м³/кмоль;

$T_0 = 273$ – стандартная температура, К;

$T = (273+t)$ – температура хранения бензина, К;

t – температура хранения бензина, °С.

При 30 °С плотность паров бензина равна

$$\rho_n = \frac{M_\mu T_0}{V_\mu T} = \frac{97 \cdot 273}{22,4 \cdot 303} = 3,9 \text{ кг/м}^3,$$

при -25 °С плотность паров бензина равна

$$\rho_n = \frac{M_\mu T_0}{V_\mu T} = \frac{97 \cdot 273}{22,4 \cdot 248} = 4,77 \text{ кг/м}^3.$$

Масса паров бензина в газовом пространстве резервуара M_g будет пропорциональна объемной концентрации c_n , объему газового пространства V_n и плотности ρ_n :

$$M_g = \frac{\rho_n \cdot V_n \cdot c_n}{100}, \text{ кг},$$

где V_n – полезный объем резервуара, м³.

Параметры вагонов-цистерн и результаты расчета максимально возможной массы паров бензина в нефтебензиновых вагонах-цистернах приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры вагонов-цистерн и максимально возможная масса паров бензина в нефтебензиновых вагонах-цистернах

Наименование параметра	Параметры вагона-цистерны модели		
	15-Ц863	15-1443	15-1500
Тип вагона-цистерны	712(720)	730	798
Грузоподъемность, т	60	60	125
Масса вагона-цистерны, т	23,1	23,2	51,0
Количество осей	4	4	8
Параметры котла:			
объем полный, м ³	61,2	73,1	161,6
объем полезный, м ³	60,0	71,7	156,3
диаметр: внутренний, мм	2800	3000	3200
длина наружная, мм	10300	10770	20650
Масса паров бензина, кг (лето, +30 °С)	32,76	39,15	85,34
Масса паров бензина, кг (осень–весна, +4,8 °С)	14,31	17,10	37,29
Масса паров бензина, кг (зима, -25 °С)	5,44	6,5	14,17

Полученное в результате расчетов количество опасного вещества (масса паров бензина) может быть использовано при прогнозировании последствий аварий на пунктах слива-налива нефти и нефтепродуктов.

Расчет, выполненный согласно [2], показал, что при разрушении порожней цистерны модели 15-1500 с остатками бензина радиус зоны полных разрушений зданий составит 12 м, остекление может быть частично разбито в радиусе до 136 м.

Литература

1. Акатьев В.А. Основы взрывопожаробезопасности. – М.: МГТУ им. Косыгина, 2004.
2. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.