

А.П. Петров  
(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;  
e-mail: setyn@list.ru)

## АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБРАЗОВАНИЯ ГОРЮЧЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ В РЕЗЕРВУАРАХ С НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Предлагаются рекомендации по практическому использованию результатов аналитической оценки опасности возникновения горючей среды в резервуарах с нефтью и нефтепродуктами.

Ключевые слова: нефть, безопасность, концентрация.

A.P. Petrov

## ANALYTICAL ESTIMATION OF THE ORIGIN TO COMBUSTIBLE CONCENTRATION IN RESERVOIR WITH OIL AND PRODUCT FROM OIL

The recommendations are offered on practical use result analytical estimation to dangers of the arising the combustible ambience in reservoir with oil and product from oil.

Key words: oil, safety, concentration.

Для обеспечения пожарной безопасности при хранении нефти и нефтепродуктов в резервуарах решающее значение имеет предотвращение образования горючей паровоздушной концентрации. В инженерной практике решение этого вопроса напрямую связано с аналитической оценкой опасности образования горючей концентрации.

При неподвижном уровне жидкости концентрация в паровоздушном пространстве резервуара близка к концентрации насыщенного пара  $C_S$ . Эта концентрация определяется давлением насыщенного пара  $P_S$  и общим (атмосферным барометрическим) давлением  $P_{\text{общ}}$  в свободном объеме резервуара:

$$C_S = P_S / P_{\text{общ}}. \quad (1)$$

Давление насыщенного пара  $P_S$  для индивидуальных жидкостей может быть найдено из справочной литературы или определено расчетным путем по формуле Антуана:

$$P_S = 10^{A - \frac{B}{C+T}}, \quad (2)$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – константы Антуана, которые даны в справочной литературе;

$T$  – рабочая температура жидкости.

Однако нефть и нефтепродукты являются неоднородными по своему составу и представляет собой сложную смесь взаиморастворимых углево-

дородных жидкостей. Поэтому формула Антуана (2) для определения давления насыщенного пара  $P_S$  этих жидкостей не может быть использована. Хотя для некоторых нефтей (главным образом легких) и нефтепродуктов иногда в справочной литературе приводятся константы Антуана по интегральным химическим формулам веществ. Понятно, что использование этих данных на практике весьма ограничено.

В такой ситуации целесообразно использовать зависимости, в которых давление насыщенного пара связано не только с температурой жидкости, но и с параметрами (константами), характеризующими индивидуальные свойства жидкостей. Например, можно использовать зависимость, предложенную Сучковым В.П. [1], в которой используются рабочая температура жидкости  $T_{ж}$  и температура вспышки их паров  $T_{всп}$  в закрытом тигле ( $^{\circ}\text{C}$ ):

$$P_S = \frac{\exp [6,908 + 0,0433(T_{ж} - 0,924 T_{всп} + 2,055)]}{1047 + 7,48 T_{всп}}. \quad (3)$$

Зависимость (3) апробирована для многих нефтей и нефтепродуктов. Она показала хорошую сходимость с результатами газового анализа проб паров нефти, взятых из резервуаров при неподвижном уровне жидкости, когда устанавливалась насыщенная концентрация.

Таким образом, опасность образования горючей концентрации при хранении нефти в резервуарах может быть оценена путем проверки двух условий (условий опасности):

- а) наличия над зеркалом жидкости паровоздушного объёма;
- б) выполнения зависимости

$$C_{нпв} \leq C_S = C \leq C_{впв}, \quad (4)$$

где  $C$  – рабочая (фактическая) концентрация паров жидкости в резервуаре;

$C_{нпв}$  и  $C_{впв}$  – соответственно, нижний и верхний концентрационные пределы воспламенения (распространения пламени).

Концентрационные пределы воспламенения для жидкостей приведены в справочниках. Они могут быть также определены экспериментально или расчетным путем.

Из соотношения (3) видно, что рабочая (фактическая) концентрация паров жидкости в резервуаре зависит от  $T_{всп}$ , т.е. от её компонентного состава, и от  $T_{ж}$ . Поэтому, если температура жидкости в резервуаре изменяется во времени (например, в течение суток), то в зависимость (4) вместо рабочей концентрации  $C$  следует подставлять интервал её изменения.

Условие опасности (4) может быть применимо для оценки возможности образования горючей концентрации в резервуарах с неподвижным уровнем жидкости, когда в них образуется насыщенная концентрация па-

ров. Это условие остается справедливым также и при наполнении, так как подъем уровня жидкости в резервуарах с дыхательными устройствами не изменит насыщенную концентрацию паровоздушной смеси над зеркалом жидкости.

Однако при опорожнении таких резервуаров состояние насыщения газового пространства парами жидкости нарушается за счет поступления через дыхательную арматуру дополнительного количества воздуха. Концентрация при этом уменьшается и после завершения откачки она становится равной конечной концентрации  $C^K$ . В этом случае для богатых, насыщенных смесей (выше  $C_{ВПВ}$  до откачки) она может стать взрывоопасной. В таком случае оценку горючести среды по условию (4) проводить нельзя. Поэтому её предлагается осуществлять по соотношению

$$C_{НПВ} \leq (C = C^K) \leq C_{ВПВ}, \quad (5)$$

где  $C$  - рабочая (фактическая) для данного момента времени концентрация паров жидкости, равная конечной концентрации  $C^K$ , которая установится сразу после завершения операции откачки.

Действительную рабочую концентрацию  $C^K$  в этом случае можно определить экспериментально путем отбора пробы и проведения газового анализа, хотя это не всегда представляется возможным.

В инженерной практике концентрацию  $C^K$  можно определить аналитическим путем, в частности, исходя из того, что для данной рабочей температуры жидкости всегда справедливо неравенство  $C^K < C_S$  за счёт разбавления насыщенной концентрации  $C_S$  при поступлении в газовое пространство резервуара воздуха через дыхательную арматуру:

$$C^K = (C^H = C_S) \frac{V_{СВ}^H}{V_{СВ}^K}, \quad (6)$$

где  $C^H$  - начальная концентрация паров (до начала операции откачки), равная насыщенной концентрации;

$V_{СВ}^H$  - начальный свободный объём резервуара до откачки;

$V_{СВ}^K$  - конечный свободный объём резервуара после откачки, равный

$$V_{СВ}^H + V_{ОТК}^Ж, \quad (7)$$

где  $V_{ОТК}^Ж$  - объём откачанной (слитой) жидкости.

Из соотношения (6) видно, что концентрация паров в резервуаре после откачки уменьшится пропорционально увеличению свободного объёма резервуара.

Из сказанного можно сделать следующие выводы.

1. Для оценки возможности образования горючей среды в резервуа-

рах с изменяющимся уровнем нефти и нефтепродуктов при осуществлении операции слива целесообразно использовать условие опасности (5).

2. Для предупреждения образования горючей среды во всем свободном объеме резервуаров, в которых при неподвижном уровне жидкостей насыщенные концентрации их паров превышают верхний концентрационный предел распространения пламени, целесообразно установить предельное (безопасное) значение объема сливаемой жидкости, чтобы  $C^K$  оставалось выше  $C_{ВПВ}$ .

#### Литература

1. Сучков В.П. Расчет давления насыщенных паров дизельных топлив по температуре вспышки // Вестник Академии Государственной противопожарной службы, № 5. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2006. -С.48-52.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 7 июля 2009 г.