

## К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ БЕЗОПАСНЫХ РАССТОЯНИЙ ОТ ГОРЯЩЕГО РЕЗЕРВУАРА

канд. техн. наук И.Б. Рябова, канд. техн. наук Е.В. Тарахно,  
И.Н. Обертас  
(представлено докт. техн. наук Е.В. Бодянским)

Приведена обобщенная зависимость для определения безопасных в пожарном отношении расстояний при горении светлых нефтепродуктов в наземных вертикальных стальных резервуарах.

Резервуары и резервуарные парки, широко распространенные в различных отраслях промышленности как основные сооружения складов нефтепродуктов, относятся к промышленным сооружениям повышенной пожарной опасности. Наиболее широко для этой цели используются наземные вертикальные цилиндрические стальные резервуары типа РВС.

В случае возникновения горения в резервуарном парке одним из наиболее опасных факторов такого пожара является тепловое излучение. Несмотря на значительное количество теоретических исследований процессов горения жидкости в резервуарах, до настоящего времени недостаточно разработано практическое приложение теории теплопередачи от факела пламени на соседние резервуары, а также на личный состав подразделений пожарной охраны, принимающих участие в тушении таких пожаров.

Определение безопасных в пожарном отношении расстояний от горящего резервуара производится согласно методики [1]. На первом этапе определяют геометрические и термические характеристики очага пожара и производят расчет интенсивности излучения по формуле (1), в которую расстояния входят в неявном виде в величину коэффициента облученности

$$q\beta = \beta \varepsilon C_0 \left[ \left( \frac{T_{\Phi}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{Д}}{100} \right)^4 \right] \Psi \leq q_{\text{доп}}, \quad (1)$$

где  $\beta$  – коэффициент безопасности;  $\varepsilon$  – приведенная степень черноты системы “факел – облучаемая поверхность”, определяемая из выражения

$$\varepsilon = \left( \frac{1}{\varepsilon_{\Phi}} + \frac{1}{\varepsilon_{\Pi}} - 1 \right)^{-1};$$

$C_0$  – постоянная излучения абсолютно черного тела, равная  $5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}^4)$ ;  $T_{\text{ф}}$  – температура факела, К;  $T_{\text{д}}$  – допустимая температура на облучаемой поверхности, К;  $\Psi$  – коэффициент облученности, зависящий от расстояния между факелом пламени и облучаемой поверхностью;  $q_{\text{доп}}$  – допустимая плотность теплового потока,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ .

Расчетные величины выбираются следующим образом. Температура факела пламени бензина составляет  $1150\text{К}$ , степень черноты пламени бензина  $\varepsilon_{\text{ф}} = 0.95$  [1]. Допустимая температура для кожи человека принимается равной  $320\text{К}$ , степень черноты  $\varepsilon_{\text{п}} = 0.9$ . Допустимая плотность теплового потока выбирается согласно рекомендациям [2]. Определение коэффициентов облученности проводится согласно расчетной схеме, представленной на рис.1. За излучающую поверхность факела пламени принимается прямоугольная поверхность размерами  $d \times H_{\text{ф}}$ , расположенная на оси резервуара.

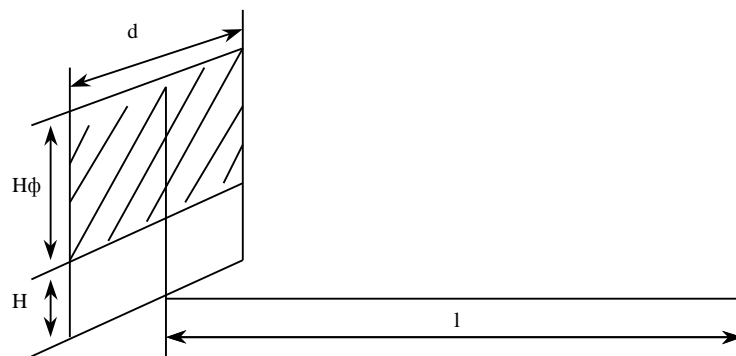


Рисунок 1 – Схема для расчета коэффициентов облученности

Согласно данным [1] при расчетах принимают, что высота пламени  $H_{\text{ф}}$  составляет для светлых нефтепродуктов  $1,5d$  и для тяжелых фракций и сырой нефти  $H_{\text{ф}} = d$ . Диаметр резервуаров РВС для хранения нефти и нефтепродуктов принимается согласно данных [2].

Для выбранной расчетной схемы коэффициент облученности определяется по формуле (2):

$$\Psi = \frac{1}{\pi} \left[ \begin{aligned} & \frac{H_{\text{ф}} + H}{\sqrt{l^2 + (H_{\text{ф}} + H)^2}} * \arctg \frac{r}{\sqrt{l^2 + (H_{\text{ф}} + H)^2}} + \frac{r}{\sqrt{l^2 + r^2}} * \arctg \frac{H_{\text{ф}} + H}{\sqrt{l^2 + r^2}} - \\ & - \frac{H}{\sqrt{l^2 + H^2}} * \arctg \frac{r}{\sqrt{l^2 + H^2}} - \frac{r}{\sqrt{l^2 + r^2}} * \arctg \frac{H}{\sqrt{l^2 + r^2}} \end{aligned} \right] \quad (2)$$

где  $r = d/2$  – радиус резервуара, м;  $H_{\text{ф}}$  – высота пламени, м;  $H$  –

высота резервуара, м;  $l$  – расстояние до оси резервуара, м.

После выполнения расчетов строят график зависимости интенсивности излучения от расстояния от горящего резервуара. По этому графику в зависимости от степени защиты личного состава и конструкций соседних резервуаров находят безопасные расстояния для работы пожарных подразделений и расположения других резервуаров.

Расчетами, проведенными по вышеприведенной схеме для наиболее часто применяемых резервуаров типа РВС, были определены безопасные для работы пожарных подразделений расстояния. Результаты вычислительного эксперимента могут быть представлены в виде обобщенной зависимости для определения безопасных расстояний, позволяющей минимизировать объем вычислений.

На основании имеющихся расчетных данных методом регрессионного анализа получена формула, которая дает возможность вычислять безопасные расстояния для работы личного состава пожарных подразделений в зависимости от двух определяющих факторов: объема резервуара  $V$ ,  $\text{м}^3$  и допустимой величины плотности теплового потока  $q_{\text{доп.}}$ ,  $\text{кВт}/\text{м}^2$ .

$$l_{\text{безоп.}} = 0,77 * V^{0,592} e^{-0,134 q_{\text{доп.}}} \quad (3)$$

Выбор определяющих факторов обусловлен стандартными размерами резервуаров различной емкости и нормированными величинами допустимой плотности теплового потока в зависимости от степени защиты личного состава при работе по ликвидации пожара. Формула (3) получена для следующего диапазона изменения параметров: емкость резервуара от 1 000 до 20 000  $\text{м}^3$ ; допустимая плотность теплового потока – от 3 до 14  $\text{кВт}/\text{м}^2$ .

Формула (3) позволяет проводить инженерные расчеты безопасных расстояний с достаточной точностью (среднеквадратическое отклонение не превышает 10 %) и может быть рекомендована для использования в подразделениях Государственной пожарной охраны при составлении планов пожаротушения на объектах нефтеперерабатывающей промышленности.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Волков О.М. Теплопередача излучением на пожаре открытых складов нефтепродуктов в резервуарах и древесины в штабелях.//

Пожаровзрывобезопасность. – 1992. – N 3.– С. 3–7.

2 Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара.– М.: Стройиздат, 1987.– 288 с.