

УДК 614.84

*А.Е. Басманов, докт. техн. наук, проф., Национальный университет гражданской защиты Украины,*

*А.О. Кулакова, курсант, Национальный университет гражданской защиты Украины*

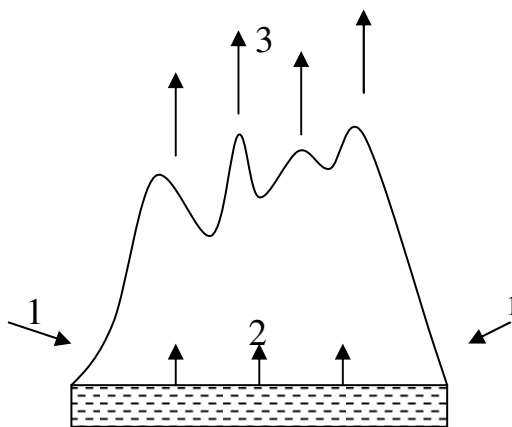
**ОЦЕНКА СКОРОСТИ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ ПРИ ПОЖАРЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ В РЕЗЕРВУАРАХ**

Пожары нефтепродуктов в резервуарных парках являются одними из самых сложных из-за угрозы каскадного распространения пожара на соседние резервуары. Существует три основных типа пожара в резервуарном парке: пожар в резервуаре, пожар в обваловании резервуара, одновременное горение нефтепродукта в резервуаре и обваловании. Близкое расположение очага горения к резервуару приводит к тому, что передача тепла в резервуар происходит не только излучением, но и конвекцией.

В работе [1] построена модель теплового воздействия пожара горючей жидкости в резервуаре на соседней резервуар, учитывающая только лучевую составляющую теплового потока от пожара. Конвективная составляющая в работе не рассматривается. Такой подход оправдан для случая пожара в резервуаре, поскольку конвективные потоки разогретых продуктов горения и воздуха направлены вверх.

В [2] на основе теории затопленных струй рассмотрено распределение скоростей и температур в восходящих потоках над очагом горения, но использование этой модели требует в качестве исходных данных начальной скорости струи, образованной продуктами горения и разогретым воздухом.

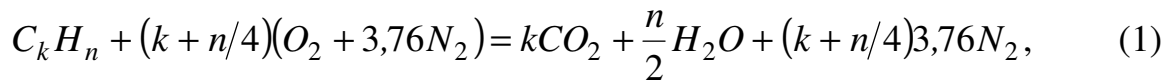
В [3] рассмотрен расход газа в объеме, в котором происходит горение: в зону горения поступают пары горючей жидкости, испаряющейся с ее поверхности, и воздуха, а продукты горения поднимаются вверх.



**Рис. 1. Схема горения горючей жидкости со свободной поверхностью: 1 - воздух; 2 - пары горючей жидкости; 3 - продукты горения**

Предполагается, что нефтепродукт описан условной химической

формулой  $C_k H_n$ , а процесс горения уравнением



где учтен молекулярный состав воздуха в виде  $(O_2 + 3,76N_2)$ . Анализ уравнения показывает, что в реакции принимает участие  $4,76(k + n/4)$  молей кислорода, азота и паров горючей жидкости, вследствие чего образуется  $[k + n/2 + 3,76(k + n/4)]$  молей азота и продуктов горения. В реакцию вступают газы с температурой  $T_1$ , а продукты горения имеют температуру  $T_2$ . Кроме того, все эти газы считаются идеальными и удовлетворяющими соотношению  $\frac{pV}{T} = const$ , где  $p$  – давление;  $V$  – объем газа;  $T$  – температура. Принимая давление в зоне горения примерно равным атмосферному давлению, получим избыточный объем продуктов горения  $\Delta V$ , который образуется в течение времени  $\Delta t$  [3]:

$$\Delta V = 22,4\eta S \frac{[k + n/2 + 3,76(k + n/4)]\frac{T_{\phi}}{T_0} - 4,76 \cdot 22,4(k + n/4)\frac{T_{кин}}{T_0}}{12k + n} \Delta t, \quad (2)$$

где  $\eta$  – удельная массовая скорость выгорания;  $S$  – площадь разлива;  $T_{\phi}$  – температура факела;  $T_{кин}$  – температура кипения горючей жидкости; Тогда средняя скорость этих потоков над областью горения составляет [3]

$$u_0 = \frac{\Delta V}{S \Delta t} = 22,4\eta \frac{[k + n/2 + 3,76(k + n/4)]\frac{T_{\phi}}{T_0} - 4,76 \cdot 22,4(k + n/4)\frac{T_{кин}}{T_0}}{12k + n}. \quad (3)$$

Наличие избыточного объема приводит к образованию восходящих потоков над областью горения (рис. 1). Расход газовой среды в этих потоках составляет

$$\Delta Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}.$$

Будем считать, что воздух и пары нефтепродукта, которые вступают в реакцию, имеют температуру кипения нефтепродуктов, а температура продуктов горения равна температуре факела. Тогда скорость восходящих потоков непосредственно над областью горения может быть оценена выражением

$$u_0 = 22,4\eta \frac{[1 + \alpha/2 + 3,76(1 + \alpha/4)] \frac{T_\phi}{T_0} - 4,76(1 + \alpha/4) \frac{T_{кип}}{T_0}}{12 + \alpha}, \quad (4)$$

где  $\alpha = n/k$ .

Таким образом, зависимость (4) позволяет оценить скорость восходящих конвекционных потоков над очагом горения горючей жидкости

Ориентировочные скорости восходящих потоков для некоторых типов нефтепродуктов приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Скорость восходящих потоков над очагом горения для некоторых горючих жидкостей

Горючая жидкость	Условная химическая формула	Удельная массовая скорость выгорания, $\eta$ , кг/м <sup>2</sup> с	Температура кипения $T_{кип}$ , °C	Температура факела, $T_\phi$ , °C	Скорость, $u_0$ , м/с
Бензин	$C_8H_{18}$	0,048	33÷205	1200	2,3÷2,6
Дизельное топливо	$C_{10}H_{20}$	0,055	170÷380	1000	1,6÷2,1
Газ	$CH_{1,95}$	0,038	175÷270	1000	1,3÷1,4

Полученные результаты могут быть использованы для расчета скорости и температуры восходящих потоков над очагом горения, а также для построения модели их теплового воздействия на сооружения различного типа.

### Список литературы

1. Абрамов Ю.А. Моделирование нагрева резервуара под действием излучения пожара [Текст] / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов // Вісник міжнародного слов'янського університету. – Харків: ТОВ ПКФ „Яна”, 2004. – Т. 7. – №2. – С. 7-9. Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1078>
2. Басманов О.Є. Розподіл параметрів висхідного конвекційного потоку над палаючим розливом нафтопродукту [Текст] / О.Є. Басманов, Я.С. Кулик // Проблеми пожарной безопасности. – Х.: НУГЗУ. 2016. – №39. – С. 33-38. Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/230>
3. Басманов О.Є. Оцінка швидкості висхідних потоків над осередком горіння горючої рідини [Текст] / О.Є. Басманов, Г.О. Кулакова // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація: збірник наукових праць. – Черкаси: ЧПБ НУЦЗ України, 2017. – № 1. – С. 5-10. Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/6311>