



ТЕМА 2.3 Расчетно-графическая работа по оценке возможности образования горючей среды внутри аппаратов с жидкостями



УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Изучение методики расчета концентрации горючих паров в свободном пространстве аппарата за различные промежутки времени.
2. Выполнение расчетов по индивидуальному заданию.
3. Построение графика распределения концентрации горючих паров по высоте свободного пространства аппаратов в различные промежутки времени

Учебные цели:

Научиться расчетным путем определять возможность образования горючей среды в аппаратах с горючими жидкостями и оценки ее пожаровзрывоопасности



ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Хорошилов О.А., Пелех М.Т., Бушнев Г.В., Иванов А.В. Пожарная безопасность технологических процессов: Учебное пособие / под общей редакцией В.С. Артамонова – СПб: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2012. – 300 с.
2. Пожарная безопасность технологических процессов. Учебник/ С.А. Горячев, С.В. Молчанов, В.П. Назаров и др.; Под общ. ред. В.П. Назарова и В.В. Рубцова; гриф МЧС России – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007.- 221 с.

Дополнительная:

1. Волков О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. — М.: Недра, 1984. — 151с.
2. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : Справ.изд. в 2-х книгах / А.Н.Баратов, А.Я.Корольченко, Г.Н.Кравчук и др. М.: Химия, 1990г.
3. Пожарная безопасность технологических процессов: Лабораторный практикум /Киселев Я. С., Бушнев Г.В., Кибирев А.Г.; под общ. ред. В.С.Артамонова.- Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.2009г.- 80с.

Нормативные документы:

1. ГОСТ Р 12.3.047 – 98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
2. ГОСТ 12.1.044 – 89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
4. Правила противопожарного режима в Российской Федерации утвержденные постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012г. №390



**ВОПРОС № 1:
ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ
РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИИ
ГОРЮЧИХ ПАРОВ В
СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ
АППАРАТА ЗА РАЗЛИЧНЫЕ
ПРОМЕЖУТКИ ВРЕМЕНИ**



КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ



К исходным данным относятся:

-геометрические размеры свободного объема закрытого технологического аппарата: объем, площадь испарения, высота паровоздушного пространства аппарата, степень заполнения аппарата;

-характеристики обрабатываемой жидкости: ВКПР, НКПР, ВТПР, НТПР, константы уравнения Антуана, коэффициент диффузии, относительный градиент концентрации;

-время испарения жидкости в свободном объеме закрытого технологического аппарата;

-рабочая температура жидкости в аппарате;
- атмосферное давление.



КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ



Необходимо составить графики распределения концентрации паров по высоте свободного объема технологического аппарата.

Для этого необходимо сделать расчеты для трех значений высоты свободного объема технологического аппарата - $0,25H$, $0,5H$ и $0,75H$ и трех значений времени.

Первое значение вычисляется по формуле:

$$\tau_1 = \frac{H^2 (1 - \varphi_s)}{2D_t \cdot n \cdot (n + 1)} \quad (1)$$

где: H – высота паровоздушного пространства аппарата, м;

φ_s – концентрация насыщенного пара, % об.;

D_t – коэффициент диффузии паров жидкости, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$;

n – относительный градиент концентрации.

$$\tau_2 = 2 \cdot \tau_1$$
$$\tau_3 = 6 \cdot \tau_1$$

Второе значение времени – удвоенное первое, третье – утроенное.



КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ



Распределение концентрации паров с плотностью выше плотности воздуха в свободном объеме технологических аппаратов с жидкостями описывается формулой:

$$\varphi_{Z,\tau} = \varphi_S \left\{ \left[\left(\frac{Z}{H} \right)^n - 1 \right] \cdot e^{-\frac{n \cdot D_t \cdot F \cdot \tau}{V \cdot H}} + 1 \right\} \quad (2)$$

где: φ_S – концентрация насыщенного пара, % об.;

Z – расстояние от крыши аппарата до точки, где концентрация паров равно $\varphi_{Z,\tau}$, м;

H – высота свободного объема аппарата, м;

n – относительный градиент концентрации на поверхности испарения;

D_t – коэффициент диффузии, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$;

F – площадь испарения, м^2 ;

V – объем парового пространства аппарата, м^3 ;

τ – время испарения, с;

e – основание натурального логарифма.



КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ



В формулах (2) и (3) концентрация насыщенного пара определяется по формуле:

$$\varphi_S = \frac{P_S}{P_P} \quad 100\%, \quad (3)$$

где: P_p – рабочее давление в аппарате, 101,3 кПа.

Давление насыщенного пара P рассчитывают по уравнению Антуана:

$$\lg P_S = A - \frac{B}{Ca + t} \quad (4)$$

где: P_S – давление насыщенного пара, кПа;

A , B , Ca – константы Антуана индивидуальной ГЖ (справочные данные см. Приложение 2);

t – рабочая температура жидкости в аппарате, $^{\circ}\text{C}$.



КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ



$$\tau_1 = \frac{H^2 (1 - \varphi_s)}{2D_t \cdot n \cdot (n + 1)}$$

где: H – высота паровоздушного пространства аппарата, м;
 φ_s – концентрация насыщенного пара, % об.;
 D_t – коэффициент диффузии паров жидкости, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$;
 n – относительный градиент концентрации.



КАФЕДРА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ



$$\tau_1 = \frac{H^2 (1 - \varphi_s)}{2D_t \cdot n \cdot (n + 1)}$$

где: H – высота паровоздушного пространства аппарата, м;
 φ_s – концентрация насыщенного пара, % об.;
 D_t – коэффициент диффузии паров жидкости, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$;
 n – относительный градиент концентрации.



**ВОПРОС № 2:
ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТОВ ПО
ИНДИВИДУАЛЬНОМУ
ЗАДАНИЮ**



Кафедра пожарной безопасности
технологических процессов и производств



№ п/п	Диаметр аппарата d, м	Высота аппарата h, м	Степень заполне ния ξ	D_0 , $\text{См}^2\text{с}^{-1}$	Вещество (ЛВЖ)
1	3,5	10	0,9	0,0775	Бензол (C_6H_6)
2	3	9	0,85	0,109	Ацетон ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$)
3	2,5	8	0,8	0,085	Этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)
4	3	7	0,75	0,0503	Октан (C_8H_{18})
5	2,5	6	0,7	0,0663	Гексан (C_6H_{14})
6	2	5	0,7	0,0753	Толуол (C_7H_8) ¹²



№ п/п	Жидкость	Химическая формула	Раб. Темпе- ратура °C	Константы уравнения Антуана		
				A	B	Ca
1.	Ацетон	C_3H_6O	40	6,37551	1281,721	237,088
2.	Бензол	C_6H_6	0	5,61391	902,275	178,099
3.	Гексан	C_6H_{14}	30	5,99517	1166,274	223,661
4.	Октан	C_8H_{18}	45	6,09396	1379,556	211,896
5.	Толуол	C_7H_8	40	6,0507	1328,171	217,713
6.	Этанол	C_2H_5OH	40	7,81158	1918,508	252,125



1. Найти стехиометрический коэффициент

$$\beta = C + \frac{H}{4} - \frac{O}{2}$$

где C, H, O – количество атомов углерода, водорода и кислорода в исходном веществе



2. Определить нижний и верхний
концентрационный пределы распространения
пламени

$$\varphi_{н,в} = \frac{100}{a \cdot \beta + b}$$

где a , b – табличные значения:

	a	b
НКПР	8,684	4,679
ВКПР		
$\beta > 7,5$	0,768	6,554
$\beta \leq 7,5$	1,550	0,560



3. Определить давление насыщенного пара по уравнению Антуана, кПа

$$\lg P_s = A - \frac{B}{C_a + t}$$

где А, В и С_а – константы уравнения Антуана(справочные данные), кПа
t – температура жидкости в аппарате, °С.



4. Найти концентрацию насыщенного пара

$$\varphi_s = \frac{P_s}{P_p}$$

где P_p – рабочее давление в аппарате, кПа



5. Определить коэффициент диффузии паров жидкости при рабочей температуре

$$D_t = D_0 \cdot \left(\frac{T}{273} \right)^n \cdot \frac{P_p}{P_0}$$

где D_0 – коэффициент диффузии газа или пара при н.у.

T – рабочая температура жидкости, К

n – относительный градиент концентраций ($n=2$)

P_0 – атмосферное давление, кПа



6. Определить начальное время испарения с зеркала поверхности жидкости в аппарате

$$\tau_1 = \frac{H^2 \cdot (1 - \varphi_s)}{2D_v \cdot n \cdot (n + 1)}$$

облака до крышки аппарата

H – высота паровоздушного пространства аппарата, м

7. Принять последующие времена испарения

$$\tau_2 = 2 \cdot \tau_1 \quad \tau_3 = 3 \cdot \tau_1$$



8. Вычислить коэффициент, отвечающий за изменение высоты свободного объема паровоздушного пространства

$$\varphi_{Z,\tau} = \varphi_S \left\{ \left[\left(\frac{Z}{H} \right)^n - 1 \right] \cdot e^{-\frac{n \cdot D_t \cdot F \cdot \tau}{V \cdot H}} + 1 \right\}$$

где Z – расстояние от крышки аппарата до точки, в которой необходимо найти концентрацию паров:

$$x_i = \left(\frac{Z_i}{H} \right)^n - 1$$

в данной задаче принять $Z_1 = 0,25 \cdot H$, $Z_2 = 0,5 \cdot H$, $Z_3 = 0,75 \cdot H$.



9. Вычислить коэффициент, отвечающий за распределение паров в различные промежутки времени

$$y_i = e^{-\frac{n \cdot D_t \cdot F}{V \cdot H}}$$

где F – площадь испарения, м^2 ,
 V – объем парового пространства аппарата, м^3
 $V = FH$

10. Вычислить распределение концентрации паров в свободном объеме технологического аппарата для 3 значений высоты свободного объема и соответствующим времени испарения т.е. при τ_2 , τ_3 и т.д.

$$\varphi_{Z,\tau} = \varphi_s \cdot (x_i \cdot y_i + 1)$$



**ВОПРОС № 3:
ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
КОНЦЕНТРАЦИИ ГОРЮЧИХ
ПАРОВ ПО ВЫСОТЕ
СВОБОДНОГО
ПРОСТРАНСТВА АППАРАТОВ
В РАЗЛИЧНЫЕ ПРОМЕЖУТКИ
ВРЕМЕНИ**



11. Получить по три значения концентрации паров для каждой высоты свободного объема технологического аппарата и построить три графика зависимости $\phi(H)$ и Времени испарения.

12. Сделать вывод о состоянии паровоздушной среды в данном аппарате (пожароопасная или взрывопожароопасная в зависимости от НКПР и ВКПР) и предложить меры профилактики (или защиты) для снижения пожаро и взрывоопасности среды в объеме аппарата.

Например, произвести флегматизацию паровоздушной среды инертными гагазами (CO_2 или N_2), установить дополнительную вытяжку, увеличить время насыщения с целью вывода полученной концентрации за верхний предел распространения пламени, то-есть в зону насыщения.

В этом случае делается дополнительный расчет концентрации для увеличенного времени насыщения.