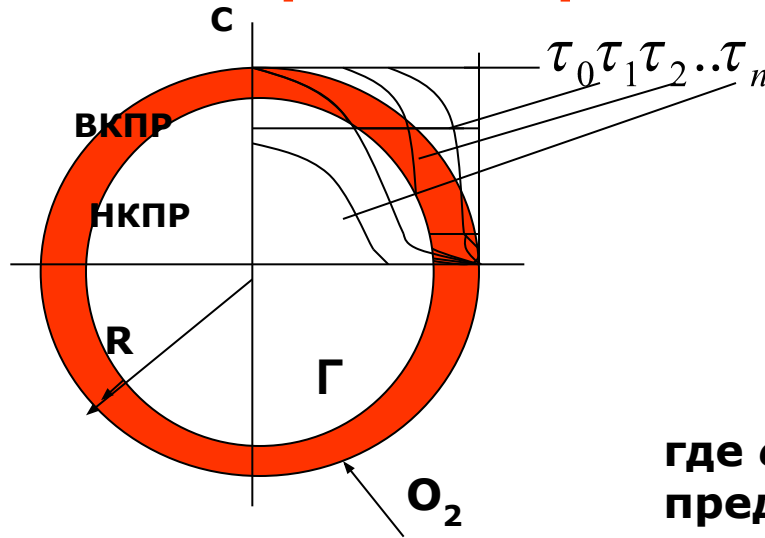


Горение паро-газо-воздушного облака



Первая стадия горения протекает при коэффициенте расхода воздуха соответствующем предельно богатой газо-воздушной смеси:

$$n = 1,15 \frac{0,21(100 - e_b)}{e_b V_{O_2}^{теор}}$$

где e_b - верхний концентрационный предел зажигания газо-воздушной смеси.

Средняя **максимальная температура** зоны горения в конце первого этапа горения $t_{g''}$, °С может быть приближённо определена из выражения:

$$t_g = 2050 \left(\frac{Q - Q_{нед}}{V_{нг}^{n < 1} * I_m} + 0,075 \right),$$

В момент достижения максимальной температуры средний радиус зоны горения равен

$$R = \sqrt[3]{\frac{3G}{4\pi\rho_0} V_{нг}^{n < 1} \left(\frac{t_g + 273}{273} \right)},$$

где G - масса углеводородного газа в кг, ρ_0 - плотность газа, кг/м³.

Горение паро-газо-воздушного облака

Средняя скорость *перемещение фронта горения* равна

$$u_{cp} = 0,5(u_n + u_T),$$

где u_n - нормальная скорость распространения пламени,
 u_T - турбулентная скорость распространения пламени

$$u_T = 0,18u_n^{0,26} Re^{0,24}$$

Критерий Рейнольдса принимает следующее значение:

$$Re = \frac{2Ru_n}{\nu}$$

Время достижения максимальной температуры зоны горения

$$\tau = \frac{2R}{u_{cp}}$$

Плотность теплового потока излучения зоны горения

$$q^{над} = 5,67\varepsilon \left(\frac{T_g}{100}\right)^4 * \frac{R^2}{R^2 + h^2}.$$

Горение паро-газо-воздушного облака

$$\varepsilon = 1 - \exp[-K_{осл} (p_{H_2O} + p_{CO_2}) S_{эф}]$$

$$S_{эф} = 1,3R$$

$$K_{осл} = \frac{0,8 + 1,6 p_{H_2O}}{\sqrt{(p_{H_2O} + p_{CO_2}) S_{эф}}} \left(1 - 0,38 \frac{T_g}{1000}\right)$$

Взрыв паро-газо-воздушного облака

Допущения:

- в образовавшемся облаке ТВС участвует вещество одного типа;
- после инициирования ТВС имеет место взрывное превращение (дефлаграция или детонация)

В зависимости от размеров облака, свойств смеси, параметров подстилающей поверхности и т.п. может иметь место как *дефлаграционное* (скорость распространения пламени ниже скорости звука), так и *детонационное* (скорость распространения пламени выше скорости звука) горение.

Взрыв паро-газо-воздушного облака (продолжение) Блок – схема модели

Исходные данные:

характеристики горючего вещества облака ТВС

агрегатное состояние ТВС

средняя концентрация горючего вещества в облаке ТВС, c_r

стехиометрическая концентрация горючего вещества с воздухом, $c_{ст}$

масса горючего вещества в облаке, M_r

удельная теплота сгорания горючего вещества, Q_n^3

информация об окружающем пространстве



Определение эффективного энергозапаса ТВС

$$E = M_r Q_n^3 \text{ при } c_r \leq c_{ст} \quad \text{или} \quad E = M_r Q_n^3 c_{ст} / c_r \text{ при } c_r > c_{ст}$$

При расчете параметров взрыва облака, лежащего на поверхности земли
величина эффективного энергозапаса удваивается



Определение ожидаемого режима взрывного превращения

Расчет безопасного расстояния $R_x = R / (E / P_0)^{1/3}$

Расчет параметрического расстояния $\lambda = 100 R_0 / E^{1/3}$

Детонация

Дефлаграция

Взрыв паро-газо-воздушного облака

Степень загроможденности:

Вид 1. Наличие длинных труб, полостей, каверн, заполненных горючей смесью.

Вид 2. Сильно загроможденное пространство: наличие полузамкнутых объемов, высокая плотность размещения оборудования, лес, большое количество повторяющихся препятствий.

Вид 3. Средне загроможденное пространство: отдельно стоящие технологические установки, резервуарный парк.

Вид 4. Слабо загроможденное пространство.

Взрыв паро-газо-воздушного

Классификация паро – газовой смеси по степени чувствительности

Класс 1. Особо чувствительные вещества		Класс 2 Чувствительные вещества		Класс 3. Средне чувствительные вещества		Класс 4. Слабо чувствительные вещества	
Вещество	β	Вещество	β	Вещество	β	Вещество	β
Ацетилен	1,1	Акрилнитрил	–	Ацетальдегид	0,56	Аммиак	0,42
Винилацетилен	1,03	Акролеин	0,62	Ацетон	0,65	Бензол	0,88
Водород	2,73	Бутан	1,04	Бензин	1,0	Декан	1,0
Гидразин	0,44	Бутилен	1,0	Винилацетат	0,51	Дизельное топливо	1,0
Изопропилнитрат	0,41	Бутадиен	1,0	Винилхлорид	0,42	О – дихлорбензол	0,42
Метилацетилен	1,05	1,3 пентадиен	1,0	Гексан	1,0	Бензолдодекан	1,0
Нитрометан	0,25	Пропан	1,05	Изооктан	1,0	Керосин	1,0
Окись пропилена	-	Пропилен	1,04	Металамин	0,7	Метан	1,14
Окись этилена	0,62	Сероуглерод	0,32	Пиридин	0,77	Митилбензол	1,0
Этилнитрат	0,3	Этан	1,08	Сероводород	0,34	Метилмеркаптан	0,53
				Спирты:	0,52	Нафталин	0,91
				-метилловый	0,62	Окись углерода	0,23
				-этиловый	0,69	Дихлорэтан	0,25
				-пропиловый	0,79	трихлорэтан	0,14

Взрыв паро-газо-воздушного облака

Класс смеси	Вид окружающего пространства			
	1	2	3	4
	Ожидаемый диапазон скорости взрывного превращения			
1	1	1	2	3
2	1	2	3	4
3	2	3	4	5
4	3	4	5	6

Взрыв паро-газо-воздушного облака

Диапазоны взрывного превращения

Диапазон 1: Детонация или горение со скоростью фронта

пламени более 500 м/с;

Диапазон 2: Детонация, скорость фронта пламени 300...500

м/с;

Диапазон 3: Дефлаграция, скорость фронта пламени 200...300

м/с;

Диапазон 4: Дефлаграция, скорость фронта пламени 150...2500

м/с;

Диапазон 5: Дефлаграция, скорость фронта пламени

определяется соотношением

$$w_{\phi} = 43 M_{\Gamma}^{1/6}$$

Диапазон 6: Дефлаграция, скорость фронта пламени

определяется соотношением

$$w_{\phi} = 26 M_{\Gamma}^{1/6},$$

Взрыв паро-газо-воздушного облака

Образующееся паро–газовоздушное облако может быть **гетерогенным** (более 50% топлива содержится в виде капель) и **газовым** (в виде капель содержится менее 50% топлива).

К гетерогенным облакам можно отнести облака веществ с низким давлением насыщенного пара, к газовым – облака летучих веществ.

Взрыв паро-газо-воздушного облака (продолжение)

Блок – схема модели

