



Кафедра пожарной безопасности
технологических процессов и производств



Практическое занятие 6.2: «Расчетные методы определения категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности»



Учебные цели: Изучить расчетные методы, заложенные в систему категорирования помещений по пожарной опасности, в соответствии с требованиями СП 12.13130.2009.

Учебные вопросы:

1. Определение категории помещений, в которых обращаются горючие газы.
2. Определение категории помещений, в которых обращаются легковоспламеняющиеся жидкости.
3. Определение категории помещений, в которых обращаются горючие пыли.
4. Определение категории помещений по пожароопасной опасности.



Кафедра пожарной безопасности
технологических процессов и производств



Литература:

Основная:

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.

Дополнительная:

Пелех М.Т., Бушнев Г.В., Симонова М.А. Пожарная безопасность технологических процессов. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: Учебное пособие/ под общей редакцией В.С. Артамонова – СПб: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2012. – 112 с.

Нормативные документы:

1. Федеральный закон №123-ФЗ от 22.07.2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.



Кафедра пожарной безопасности
технологических процессов и производств



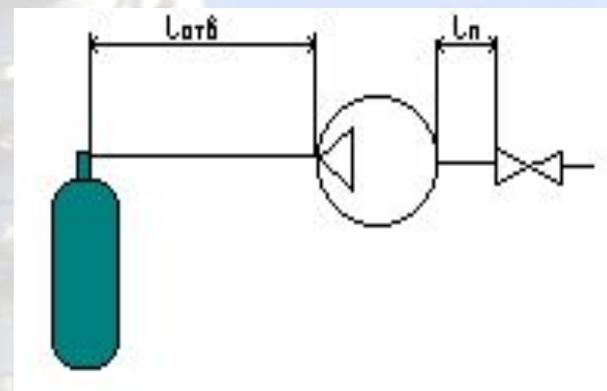
Вопрос №1. Определение категории помещений, в которых обращаются горючие газы



Задача 1. Определить категорию помещения, в котором обращается горючий газ, в соответствии с требованиями СП 12.13130.2009.

Характеристика помещения.

Помещение цеха площадью 216 м^2 и высотой 6 м включает в себя технологический блок с объемом аппарата



Кратность воздухообмена в помещении $A=10 \text{ час}^{-1}$. Абсолютная максимальная температура воздуха в помещении $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Давление $P_H = 101 \text{ кПа}$.

Характеристика горючего вещества.

Пропан, горючий бесцветный газ, условная формула C_3H_8 . Температура вспышки: $t_{\text{всп}} = -96 \text{ }^{\circ}\text{C}$, плотность газа по воздуху $1,83$ (расчетная)

Характеристики технологического блока.

Объем баллона – 40 л , избыточное давление – 150 атм , подача компрессора $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, параметры подводящего трубопровода длина - $0,5 \text{ м}$, диаметр – 10 мм , параметры отводящего трубопровода длина - $4,5 \text{ м}$, диаметр – 10 мм , отключение вентилей – ручное.



1. Определение массы газа в технологическом блоке $m_{\text{бл}}$ (см. т. 5.3)

1.1. Определяем объем газа, вышедшего из аппарата :

$$V_a = 0,01 \cdot P_1 \cdot V = 0,01 \cdot 150 \cdot 101,3 \cdot 0,04 = 6,078 \text{ м}^3$$

где P_1 – давление в аппарате, кПа;
 V – объем аппарата, м^3

1.2. Определение объема газа, который может поступить в помещение за счет работы компрессора до отключения задвижек:

$$V_{1m} = q \cdot \tau_{\text{отк}} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 300 = 1,5 \text{ м}^3$$

где q – расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и т.д., $\text{м}^3 \text{ с}^{-1}$;

$\tau_{\text{отк}}$ – время до ручного отключения задвижек, с.



1.3. *Определение объема газа, вышедшего из трубопровода после его отключения:*

$$V_{2m} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot \left(l_{\text{подв}} \cdot \frac{d_{\text{подв}}^2}{4} + l_{\text{отв}} \cdot \frac{d_{\text{отв}}^2}{4} \right) =$$
$$= 0,01 \cdot 3,14 \cdot 1500 \cdot \left(4,5 \cdot \frac{10^2}{4} \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot \frac{10^2}{4} \cdot 10^{-6} \right) = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

где P_2 – максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа;

l – длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.



1.4. Определение плотности газа при расчетной температуре (формула А.2 СП 12.13130.2009)

$$\rho_z = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t)} = \frac{44}{22,4 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 20)} = 1,83 \text{ кг} / \text{м}^3$$

где M – молярная масса газа (пара),

V_0 – молярный объем, $V_0 = 22,4 \text{ м}^3/\text{кмоль}$

$t_{\text{пом}}$ – температура воздуха в помещении, $^{\circ}\text{C}$.

1.5. Определение массы газа, поступившего в помещение

$$m = (V_a + V_m) \cdot \rho = (6,078 + 1,5 + 5,8 \cdot 10^{-3}) \cdot 1,83 = 13,88 \text{ кг} \quad ^8$$



1.6 Определение массы газа, поступившего в помещение с учетом работы аварийной вентиляции:

$$m = \frac{m}{1 + A \cdot \tau_{отк}} = \frac{13,88}{1 + \frac{10 \cdot 300}{3600}} = 7,58 \text{ кг}$$

где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, с^{-1} ;

$\tau_{отк}$ – продолжительность поступления горючих газов в объем помещения, с.



2. **Определение коэффициента участия горючего во взрыве Z .**
(по таблице А.1 СП 12.13130.2009), стр.589.

3. **Определение свободного объема помещения V_{CB} , м^3 .**
(пункт А.1.4 СП 12.13130.2009), стр. 588.

4. **Определение стехиометрического коэффициента $C_{ст}$.**
(формула А.3 СП 12.13130.2009)

$$C_{СТЕХ} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} \quad \beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2}$$

где β - стехиометрический коэффициент ,

где n_C, n_H, n_X, n_O - число атомов С, Н, О, галогенов в молекуле горючего вещества.

$$\beta = 3 + \frac{8}{4} = 5 \quad C_{СТЕХ} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 5} = 4,03$$

5. **Определение коэффициента негерметичности помещения K_H**
(пункт А.2.1 СП 12.13130.2009), стр. 589.



6. Вычисление избыточного давления взрыва (формула А.1) и определение категории помещения (таблица 1 СП 12.13130.2009).

$$\Delta P = (P_{MAX} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{CB} \cdot \rho_{Г(П)}} \cdot \frac{100}{C_{СТЕХ}} \cdot \frac{1}{K_H}$$

$$\Delta P = (900 - 101) \cdot \frac{7,57 \cdot 0,5}{1036,8 \cdot 1,83} \cdot \frac{100}{4,03} \cdot \frac{1}{3} = 13,18 \text{ кПа}$$

где P_{MAX} - максимальное давление взрыва стехиометрической газовой смеси в замкнутом объеме. Определяется экспериментально или по справочным данным.

При отсутствии данных допускается принимать 900 кПа

P_0 - начальное давление, кПа.

Допускается принимать равным 101 кПа;

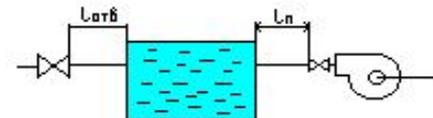


Вывод:

В соответствии с **СП 12.13130.2009** определяем, что данное помещение относится к категории А «повышенная взрывопожароопасность», т.к. в технологическом процессе обращается горючий газ пропан с температурой вспышки менее 28°C и при аварийной ситуации избыточное давление превышает **5 кПа**.



1.2. Определение категории помещений, в которых обращаются легко воспламеняющиеся жидкости



Задача 2. Определить категорию помещения, в котором обращается легковоспламеняющаяся жидкость, в соответствии с требованиями СП 12.13130.2009.

Условие задачи:

Характеристика горючего вещества.

Ацетон, условная формула C_3H_6O . Температура вспышки $t_{всп} = -18^{\circ}C$.

Плотность жидкости $\rho_{ж} = 790,8 \text{ кг/м}^3$.

Характеристика помещения.

Площадь $S = 216 \text{ м}^2$, высота $h = 5 \text{ м}$.

Абсолютная максимальная температура воздуха в помещении $20^{\circ}C$.

Кратность вентиляции 10 час^{-1} .

Давление $P_H = 101 \text{ кПа}$.

Характеристика оборудования и параметры технологического процесса.

Емкость с ацетоном. Объем емкости $V_{АП} = 0,2 \text{ м}^3$.

Подводящий трубопровод: длина $l_{подв} = 1 \text{ м}$, диаметр $d_{подв} = 57 \text{ мм}$.

Отводящий трубопровод: длина $l_{отв} = 0,5 \text{ м}$, диаметр $d_{отв} = 57 \text{ мм}$.



Решение.

1. Выбор расчетного варианта.

В соответствии с СП 12.13130.2009 п. А 1.2. в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве участвует наибольшее количество веществ и материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва.

Наиболее неблагоприятным вариантом развития аварийной ситуации следует считать полное разрушение емкости с ацетоном, подводящего и отводящего трубопроводов.

2. Определяем массу паров ацетона, которая останется в объеме помещения с учетом работы аварийной вентиляции согласно практическому занятию по теме 5.3:



РЕШЕНИЕ

2.1. Определение массы жидкости, которая поступит из аппарата и трубопроводов:

$$m_{ан} = \rho_{ж} \left(V_{ан} \cdot \varepsilon + l_{подв.труб.} \cdot \frac{\pi \cdot d_{подв.труб.}^2}{4} + l_{отв.труб.} \cdot \frac{\pi \cdot d_{отв.труб.}^2}{4} \right)$$
$$= 790,8 \cdot \left(0,2 \cdot 0,8 + 1 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,057^2}{4} + 0,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,057^2}{4} \right) = 129,6 \text{ кг}$$

2.2. Расчет массы жидкости, поступившей в помещение за счет подачи насоса до полного отключения задвижек $m_{до\ откл.}$

$$m_{до\ откл.} = \rho_{ж} \cdot q \cdot T_{откл} = 790 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 120 = 189,6 \text{ кг}$$



2.3. *Масса жидкости, поступившая в помещение из технологического блока:*

$$m_{\text{бл}} = m_{\text{ап}} + m_{\text{до откл.}} = 129,6 + 189,6 = 319,2 \text{ кг}$$

Для расчетного варианта аварии масса паров жидкости $m_{\text{ИСП}}$, поступившей в помещение, определяется из выражения:

$$m_{\text{ИСП}} = m_{\text{ИСП РАЗЛ}}$$

где $m_{\text{ИСП РАЗЛ}}$ - масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг.



2.4. Определяем площадь разлива жидкости $F_{\text{РАЗЛИВА}}$:

1 л жидкостей разливается на площади 1 м²,
следовательно 1 м³ разливается на 1000 м²,

$$V = \frac{m_{\text{бл}}}{\rho_{\text{ж}}} = \frac{319,2}{790,8} = 0,403 \text{ м}^3 \quad F = V \cdot 1000 = 403 \text{ м}^2$$

следовательно площадь розлива составит 403 м²

2.5. Определяем площадь испарения жидкости:

$$S_{\text{ИСПАР}} = S_{\text{помещения}} = 216 \text{ м}^2.$$



2.6. Определяем интенсивность испарения $W_{\text{исп}}$

Для определения коэффициента h необходимо определить скорость воздушного потока в помещении:

$$w_{\text{возд}} = A \times l / 3600 = 18 \times 10 / 3600 = 0,05 \text{ м/с.}$$

Определяем коэффициент h при 20 °С. $h = 1,7$

Определяем молярную массу ацетона $M = 58 \text{ кг/кмоль}$.

Определяем давление насыщенного пара определяем по уравнению Антуана. В качестве температуры жидкости $t_{\text{ж}}$ принимаем максимально возможную температуру воздуха в помещении и в аппарате:

$$P_s = 10^{\left(6,3755 - \frac{128172}{237,088 + 20}\right)} = 24,55 \text{ кПа}$$

Тогда интенсивность испарения будет равна:

$$W_{\text{исп}} = 10^{-6} \times 1,7 \times \sqrt{58} \times 24,55 = 3,2 \times 10^{-4} \text{ кг/м}^2\text{с.}$$



2.7. Определяем расчетное время испарения $t_{РАСЧ}$.

Полное время испарения будет равно:

$$\tau_{исп} = \frac{m_{бл}}{F \cdot W_{исп}} = \frac{322}{216 \cdot 3,2 \cdot 10^{-4}} = 4658,56 \text{ с}$$

что больше 1 часа, следовательно, расчетное время испарения принимаем $t_{РАСЧ} = 3600 \text{ с}$.

$$m_{ИСП РАЗЛ} = F \cdot W \cdot t = 216 \cdot 3,2 \cdot 10^{-4} \cdot 3600 = 248,8 \text{ кг}$$

2.8. Определяем массу паров ацетона, которая останется в объеме помещения с учетом работы аварийной вентиляции:

$$m^* = \frac{248,8}{1 + \frac{10 \cdot 3600}{3600}} = 22,6 \text{ кг}$$

Эта масса паров ацетона принимает участие во взрыве.²⁰



2. *Определяем свободный объем помещения, m^3*
3. *Определение плотности пара при расчетной температуре (формула А.2 СП 12.13130.2009), с. 589.*
4. *Определение стехиометрического коэффициента $S_{ст}$. (формула А.3 СП 12.13130.2009), с. 589.*
5. *Определение коэффициента негерметичности помещения K_n (пункт А.2.1 СП 12.13130.2009), с.589.*



6. Вычисление избыточного давления взрыва (формула А 1) и определение категории помещения (таблица 1 СП 12.13130.2009)

$$\Delta P = (P_{MAX} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{CB} \cdot \rho_{Г(П)}} \cdot \frac{100}{C_{СТЕХ}} \cdot \frac{1}{K_H}$$

$$\Delta P = (900 - 101) \cdot \frac{22,6 \cdot 0,3}{864 \cdot 2,42} \cdot \frac{100}{4,99} \cdot \frac{1}{3} = 17,29 \text{ кПа}$$



Вывод:

В соответствии с СП 12.13130.2009 определяем, что помещение цеха относится к категории А «взрывопожароопасной», т.к. $\Delta P > 5 \text{ кПа}$,

$$t_{\text{всп}} \approx 28^{\circ} \text{C}$$



Задача 3. Определить категорию помещения с использованием многокомпонентной жидкости, в соответствии с требованиями СП 12.13130.2009.

Условие задачи:

Характеристика горючего вещества.

Бензин А-76, условная формула $C_{6,9}H_{13,1}$. Температура вспышки $t_{всп} = -36$ °С.

Константы уравнения Антуана

$A = 5,07020$; $B = 682,876$; $C = 222,066$.

Плотность жидкости $\rho_{ж} = 745 - 750$ кг/м³.

Характеристика помещения.

Площадь $S = b \times l = 29 \times 30 = 870$ м², высота $h = 4,5$ м.

Абсолютная максимальная температура воздуха в помещении 33 °С.

Кратность вентиляции 4 час⁻¹. $A = 4$ час⁻¹

Давление $P_0 = 101$ кПа.



Характеристика оборудования и параметры технологического процесса.

Емкость с праймером. Объем емкости $V = 0,2 \text{ м}^3$
состав праймера: бензин А-76 – $0,18 \text{ м}^3$; битум – $0,02 \text{ м}^3$

Площадь испарения при разливе $F = 4 \text{ м}^2$.

(разливается в поддон)

Максимальная температура жидкости в аппарате $t = 33 \text{ }^\circ\text{C}$.

Время отключения задвижек $t_{\text{ОТКЛ}} = 300 \text{ с}$.

Подводящий трубопровод:

длина $l_{\text{ПОДВ}} = 1 \text{ м}$, диаметр $d_{\text{ПОДВ}} = 57 \text{ мм}$.

Отводящий трубопровод:

длина $l_{\text{ОТВ}} = 0,5 \text{ м}$, диаметр $d_{\text{ОТВ}} = 57 \text{ мм}$.



Решение

1. Выбор расчетного варианта.

В соответствии с СП 12.13130.2009 в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором во взрыве участвует наибольшее количество веществ и материалов, наиболее опасных в отношении последствий взрыва.

Для помещения цеха № 1 наиболее опасным следует считать участок, на котором сосредоточено значительное количество ЛВЖ- бензина А-76. Наиболее неблагоприятным вариантом развития аварийной ситуации следует считать полное разрушение емкости, подводящего и отводящего трубопроводов.



2. Определяем массу жидкости, которая поступит в помещение из аппарата и трубопроводов $m_{АП}$

$$m_{An} = 750 \cdot \left(0,18 + 1 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,057^2}{4} + 0,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,057^2}{4} \right) = 137 \text{ кг}$$

3. Определяем площадь разлива жидкости $F_{РАЗЛИВА}$ и площадь испарения жидкости

$$S_{ИСПАР} = F_{РАЗЛИВА} = 4 \text{ м}^2.$$

4. Определяем интенсивность испарения $W_{ИСП}$

Для определения коэффициента η необходимо определить скорость воздушного потока в помещении:

$$\omega_{ВОЗД} = A \cdot l / 3600 = 4 \cdot 30 / 3600 = 0,03 \text{ м/с.}$$



По СП 12.13130.2009 таблице А2 определяем коэффициент η при 33 °С.
Средняя молярная масса бензина А-76 $M = 97,2$ кг/кмоль.
Давление насыщенного пара бензина определяем по уравнению Антуана.
В качестве температуры жидкости $t_{ж}$ принимаем максимально возможную температуру воздуха в помещении и в аппарате.

$$P_s = 10^{5,0702 - \frac{682,876}{222,066 + 33}} = 245,5 \text{ мм.рт.ст}$$

Тогда интенсивность испарения будет равна:

$$W_{исп} = 10^{-6} * 1,6 * \sqrt{97,2} * 245,5 * 0,133 = 5,1 * 10^{-4} \text{ кг/м}^2\text{с.}$$

5. Определяем расчетное время испарения $t_{РАСЧ}$.

$$t_{исп} = 137 / 4 * 5,1 * 10^{-4} = 6,7 * 10^4 \text{ с,}$$

что больше 1 часа, следовательно, расчетное время испарения принимаем

$$t_{РАСЧ} = 3600 \text{ с.}$$



6. Определяем массу жидкости, испарившейся с поверхности разлива $m_{и}$

$$m_{ИСП РАЗЛ} = 5,1 * 10^{-4} * 4 * 3600 = 7,3 \text{ кг}$$

7. Определяем массу паров бензина, которая останется в объеме помещения с учетом работы аварийной вентиляции

$$m^* = \frac{7,3}{1 + \frac{4 \cdot 300}{3600}} = 5,5 \text{ кг}$$

Эта масса паров бензина принимает участие во взрыве.



H_T - теплота сгорания бензина; $H_T = 46000$ кДж/кг [3].

Z - коэффициент участия горючего во взрыве.

Согласно СП 12.13130.2009 таблице А.1 для ЛВЖ,
нагретых выше температуры вспышки

$$Z = 0,3.$$

Согласно п. А 1.4 принимаем V_{CB} свободный объем
помещения равным 80 % объема помещения.

$$V_{CB} = 0,8V_{ПОМЕЩ} = 0,8 * 870 * 4,5 = 3132 \text{ м}^3$$



8. Плотность воздуха ρ_B до взрыва при начальной температуре определяется как

$$\rho_B = \frac{M_B}{V_M} = \frac{29}{V_M} \quad V_M = \frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} \cdot \frac{T_H}{P_{ном}}$$

M_B - средняя молярная масса воздуха; $M_B = 29$ кг/кмоль.
Если принять, что давление в помещении равно нормальному атмосферному давлению (101,3 кПа) то плотность воздуха можно рассчитать по формуле А.2 СП 12.13130.2009.

$$\rho_e = \frac{29}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_H)} = \frac{29}{22,4 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 33)} = 1,16$$



C_p - теплоемкость воздуха, Дж/кг·К. Допускается принимать $C_p = 1,01 \cdot 10^3$ Дж/кг · К.

T_H - начальная температура воздуха, К.

K_H - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать $K_H = 3$.

9. Избыточное давление взрыва составит:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_{св} \cdot \rho_B \cdot C_p \cdot T_H \cdot K_H} =$$

$$\Delta P = \frac{5,5 \cdot 46000 \cdot 101 \cdot 0,3}{3132 \cdot 1,16 \cdot 1,01 \cdot 306 \cdot 3} = 2,27 \text{ кПа}$$



Вывод:

В соответствии с СП 12.13130.2009 определяем, что помещение цеха относится к категории В «пожароопасной», т.к. $\Delta P < 5 \text{ кПа}$.



1.3. Определение категории помещений, в которых обращаются горючие пыли



Задача 4. Определить категорию помещения, в котором обращается горючая пыль, в соответствии с требованиями СП 12.13130.2009.

Условие задачи:

Характеристика горючего вещества.

Порошковая краска типа П-ЭП-219, дисперсностью менее 350 мкм.

Состав краски:

Эпоксидная смола ($C_{16}H_{24}O_3$) – 71 %;

Фенолформальдегидная смола ($C_{13}H_{10}O$) – 2 %;

Дицианидамид $C_2H_4N_2$ – 2 %;

Негорючие компоненты:

оксид титана TiO_2 ; аэросил SiO_2 ; вода – до 25%.

Низшая теплота сгорания краски $H_T = 15390$ кДж/кг.



Характеристика помещения

Помещение окрасочного отделения. Помещение: $30 \times 9,06 \times 5,7$ м

Температура воздуха в помещении $t_{НАЧ} = 20^{\circ}\text{C}$ ($T_{НАЧ} = 293$ К)

Давление $P = 101,3$ кПа.

Характеристика оборудования и параметры технологического процесса

Масса краски в распылительном бачке – 100 кг.

Средняя площадь покрытия – $3,9$ м²/шт.

Цикловая программа - 9 шт/час.

Коэффициент рекуперации окрасочного оборудования - 98 %.

Расход краски - $0,1$ кг/м².

Производительность, с которой поступает порошок в аварийный аппарат до отключения - $0,001$ кг/с.

Время отключения (ручное отключение) - 300 с.

Характеристика поступления пыли в помещение

В отсутствие экспериментальных данных допускается принимать, что вся пыль оседает на труднодоступных участках.

Коэффициент эффективности пылеуборки $K_{УБ} = 0,7$ (уборка влажная).

Время работы между уборками $\tau = 8$ час.



Решение

1. Расчетная масса взвешенной в объеме помещения пыли, образовавшейся в результате аварийной ситуации, определяется по формуле А. 18 (СП 12.13130.2009) [1]:

$$m_{\text{ВЗВЕШ}} = m_{\text{ВЗВИХР}} + m_{\text{БЛ}}, \text{ кг,}$$

где $m_{\text{ВЗВЕШ}}$ - суммарная масса взвешенной в объеме помещения пыли, кг;

$m_{\text{ВЗВИХР}}$ - масса взвихрившейся пыли, кг (это масса пыли до аварии находившейся в осевшем состоянии и в результате аварийной ситуации взвихрившейся в объеме помещения);

$m_{\text{БЛ}}$ - масса пыли, поступившей в помещение при аварии технологического блока (аппарата), кг.



1.1. Определение массы осевшей пыли $m_{\text{ОСЕВШ}}$

В соответствии с СП 12.13130.2009 масса пыли, оседающей на различных поверхностях за междууборочный период, определяется по формуле:

$$m_{\text{ОСЕВШ}} = m_{\text{ПЫЛИ ВЫД}} \cdot T \cdot (1-\alpha) \cdot K_{\text{ГП}} / K_{\text{УБ}}$$

где $\alpha = 1 - 0,98 = 0,02$.

Массу выделившейся пыли за один цикл пылевыведения определяем, учитывая площадь покрытия, расход краски и цикловую программу:

$$m_{\text{ПЫЛИ ВЫД}} = 0,1 \cdot 3,9 \cdot 9 = 3,5 \text{ кг/час}$$

Поскольку содержание горючих компонентов составляет 75 %, $K_{\text{Г.П.}} = 0,75$.

Тогда: $m_{\text{ОСЕВШ}} = 3,5 \cdot 8 \cdot 0,02 \cdot 0,75 / 0,7 = 0,6 \text{ кг}$

1.2. Определение массы взвихрившейся пыли $m_{\text{ВЗВИХР}}$

В отсутствие экспериментальных данных принимаем

$$K_{\text{ВЗВЕШ}} = 0,9.$$

$$m_{\text{ВЗВИХР}} = 0,6 \cdot 0,9 = 0,54 \text{ кг.}$$



1.3. Определение массы пыли, поступившей из технологического блока.

Горючая пыль может при аварийной ситуации поступить из распылительного бочка, а также за счет поступления по трубопроводам до отключения задвижек.

Масса пыли в питателе составляет 10 кг.

Масса пыли, поступившая в помещение до отключения задвижек, составит: $m_{\text{до откл}} = 0,001 \cdot 300 = 0,3 \text{ кг}$

Дисперсность пыли составляет менее 350 мкм, следовательно, $K_{\text{пыления}} = 1,0$.

Тогда масса пыли в технологическом блоке составит с учетом коэффициента горючести пыли:

$$m_{\text{Бл}} = (100 + 0,3) \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 75,23 \text{ кг.}$$

1.4. Определение общей массы взвешенной в объеме помещения пыли $m_{\text{ВЗВЕШ}}$ $m_{\text{ВЗВЕШ}} = 0,54 + 75,23 = 75,77 \text{ кг}$



2. Определение свободного объема помещения V_{CB}

$$V_{CB} = V_{ПОМЕЩ} \cdot 0,8 = 30 \cdot 9,06 \cdot 5,7 \cdot 0,8 = 1240 \text{ м}^3$$

3. Определение плотности воздуха при данных условиях $\rho_{ВОЗД}$

$$V \frac{101 \cdot 22,4}{M \cdot 273} \cdot \frac{293}{101} \text{ м}^3/\text{кмоль}$$

Тогда:

$$\rho_{ВОЗД} = 29 / 24 = 1,21 \text{ кг/м}^3 \cdot \ddot{e}$$

4. Определение избыточного давления взрыва порошка краски в данном помещении:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_{CB} \cdot \rho_{ВОЗ} \cdot C_P \cdot T_{НАЧ}} \cdot \frac{1}{K_H}$$

$$\Delta P = \frac{75,77 \cdot 15390 \cdot 101 \cdot 0,5}{1240 \cdot 1,21 \cdot 1,01 \cdot 293} \cdot \frac{1}{3} = 44,15 \text{ кПа.}$$



Вывод:

В соответствии с СП 12.13130.2009
помещение участка нанесения
порошковых полимерных покрытий
относится к категории Б –
«взрывопожароопасная».



Кафедра пожарной безопасности
технологических процессов и производств



1.4. Определение категории помещений пожароопасной опасности



Задача 5. Определить категорию помещения склада хранения пиломатериалов в соответствии с СП 12.13130.2009.

Условие задачи:

Склад располагается в помещении площадью 574 м^2 и высотой 10 м. На складе хранятся пиломатериалы на трех аналогичных участках размером $12 \times 4,5 \text{ м}$. При этом пожарная нагрузка из древесины составляет 5 т на каждом участке и складировается на высоту 3 м.



Решение:

1. Определяем величину пож. нагрузки Q на каждом из участков

Низшая теплота сгорания древесины $Q_H = 14400$ кДж/кг.

$$Q = 14400 \cdot 5000 = 72000000 \text{ кДж.}$$

2. Определяем максимальное значение удельной временной пожарной нагрузки на каждом из участков.

$$g = 72000 / (12 \cdot 4,5) = 1333,3 \text{ МДж/м}^2$$

По таблице Б.1 определяем, что помещение склада относиться к категории В3.



3. Проверим принадлежность данного помещения к категории В3. Для этого сравним величину пожарной нагрузки Q с

$$0,64gH^2 = 0,64 \cdot 1333,3 \cdot 49 = 41812,2$$

$72000 > 41812,3$, следовательно, помещение склада следует отнести к более высокой категории и В2.

Вывод: помещение склада пиломатериалов относится к категории «В2- пожароопасное».



Задача 6. Определение предельно допустимых расстояний между участками в помещении категории В4 в соответствии с СП 12.13130.2009.

Условие задачи:

Определить категорию помещения склада, имеющего два участка для размещения материалов. Склад располагается в помещении размером 35 x 15 x 8 м. На первом участке на площади 5 м² храниться оборудование в сгораемой деревянной и бумажной упаковке. Масса древесины на этом участке 100 кг, а бумаги 20 кг. На втором участке площадью 8 м² хранится 120 кг хлопчатобумажной одежды. Максимальная высота складирования 1 м.



Решение:

1. Определим пожарную нагрузку на каждом из участков

Для древесины – 14400 кДж/кг;

Для бумаги – 13500 кДж/кг;

Для х/б ткани – 13408 кДж/кг

$$Q_1 = 14400 \cdot 100 + 13500 \cdot 20 = 1708 \text{ МДж}$$

$$Q_2 = 13408 \cdot 120 = 1609 \text{ МДж}$$

Определяем удельную пожарную нагрузку на каждом из участков. Площадь размещения пожарной нагрузки на обоих участках принимается равной 10 м^2

$$g_1 = 1708 / 10 = 170,8 \text{ МДж} / \text{м}^2$$

$$g_2 = 1609 / 10 = 160,9 \text{ МДж} / \text{м}^2$$

По таблице определяем, что оба участка относятся к категории В4.



3. Для помещений категории В4 необходимо определить предельно допустимые расстояния между участками.

Определяем минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до высоты покрытия

$$H = 8 - 1 = 7 \text{ м.}$$

При $H \leq 11 \text{ м}$ предельное расстояние $\Delta_{пр} = \Delta_{пр} + (11 - H), \text{ м}$
Для определения $l_{пр}$ по таблице находим значение критической плотности падающих лучистых потоков материалов, находящихся на складе.

Минимальное $q_{кр}$ будет для х/б ткани (хлопок) $q_{кр} = 7,5 \text{ Вт} / \text{м}^2$

По таблице (рекомендуемое значение $l_{пр}$ в зависимости от $q_{кр}$) находим для нашего значения $q_{кр}$ предельное расстояние $l_{пр} = 10 \text{ м}$.

Тогда $l_{пр} = 10 + (11 - 7) = 14 \text{ м}$

Таким образом расстояние между участками должно быть не менее 14 м.



Кафедра пожарной безопасности
технологических процессов и производств



Вопрос №2. Определение категории наружных установок



2.1. Определение категории наружных установок, в которых обращаются горючие газы



Задача 1. Определить категорию сферической емкости с этаном, в соответствии с требованиями СП 12.13130.2009.

Условие задачи:

Этан C_2H_6 .

Сферическая емкость с этаном объемом 400 м^3

Температура воздуха – $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Молярная масса этана – $30,07 \text{ кг/кмоль}$.

Плотность этана – $1,36 \text{ кг/м}^3$.



Расчет:

1. Определить плотность газа при расчетной температуре и атмосферном давлении по формуле А.2 СП 12.13130.2009:

$$\rho_{гн} = \frac{M}{V_0(1 + 0,00367 \cdot t_r)}$$
$$= \frac{30,07}{22,4(1 + 0,00367 \cdot 20)} = 1,25 \text{ кг} / \text{м}^3$$



2. Определить приведенную массу газа по формуле В.15 СП 12.13130.2009:

Удельная теплота сгорания этана

$$Q_{сг} = 4,7 \cdot 10^7 \text{ Дж / кг}$$

$$m_{ПР} = \left(\frac{Q_{сг}}{Q_o} \right) \cdot m \cdot Z$$

$$= \left(\frac{4,7 \cdot 10^7}{4,52 \cdot 10^6} \right) \cdot 400 \cdot 1,36 \cdot 0,1 = 565,7 \text{ кг.}$$



3. Рассчитать величину избыточного давления ΔP , развиваемого при сгорании газопаровоздушных смесей согласно СП 12.13130.2009 по формуле В.14:

$$\Delta P = P_0 \cdot \left(\frac{0,8m_{np}^{0,33}}{r} + \frac{3m_{np}^{0,66}}{r^2} + \frac{5m_{np}}{r^3} \right) =$$

$$= 101 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 565,7^{0,33}}{30} + \frac{3 \cdot 565,7^{0,66}}{30^2} + \frac{5 \cdot 565,7}{30^3} \right) = 54,46 \text{ кПа}$$



4. Рассчитать горизонтальные размеры зон, ограничивающие область концентраций, превышающих НКПР согласно СП 12.13130.2009 п.2.1 по формуле В.12:

$$R_{\text{НКПР}} = 14,5632 \left(\frac{m_z}{\rho_z C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,333}$$

$$= 14,5632 \left(\frac{565,7}{1,25 \cdot 2,9} \right)^{0,333} = 78,27 \text{ м.}$$



5. Сделать вывод о категории наружной установки по таблице 2 СП 12.13130.2009

ВЫВОД: В соответствии с СП 12.13130.2009 категория наружной установки емкости с этаном относится к АН - взрывопожароопасная, т.к. горизонтальный размер зоны, ограничивающей газопаровоздушные смеси с концентрацией нижнего концентрационного распространения пламени (НКПР), превышает 30 м, и расчетное избыточное давление при сгорании газовой смеси на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа.



2.2. Определение категории наружных установок, в которых обрабатываются легковоспламеняющиеся жидкости



Задача 2. Определить категорию резервуара с этанолом, в соответствии с требованиями СП 12.13130.2009.

Условие задачи:

Резервуара с этанолом емкостью 200 м^3 .

Температура воздуха $20 \text{ }^\circ\text{C}$;

Константы уравнения Антуана $A=7,81158$;

$B=1918,508$; $C=252,125$;

Молярная масса этанола – $46,07 \text{ кг/кмоль}$;

Плотность этанола – 785 кг/м^3

Температура вспышки этанола $14 \text{ }^\circ\text{C}$.



Решение

1. Для паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей горизонтальные размеры зоны, ограничивающей область концентраций, превышающих НКПР, определить по формуле В.13 (СП 12.13130.2009). За начало отсчета горизонтального размера зоны принимают внешние габаритные размеры аппаратов, установок, трубопроводов и т.п. Во всех случаях значение $R_{НКПР}$ должно быть не менее 0,3 м для ГГ и ЛВЖ (СП 12.13130.2009 п. В.2.2) .

$$R_{НКПР} = 3,1501 \cdot \sqrt{K} \cdot \left(\frac{P_H}{C_{НКПР}} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m_{II}}{\rho_{II} \cdot P_H} \right)^{0,333}$$



2. Определить площадь разлива этанола при разрушении резервуара по п. В 1.3 :

1 литр смесей и растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,1 м², а остальных жидкостей – на 0,15 м² .

$$S = 150 \cdot 200 = 3 \cdot 10^4 \text{ м}^2 .$$



3. Определить давление насыщенных паров по уравнению Антуана.

$$P_s = 10^{7,8115 - \frac{1918,508}{252,125 + 20}} = 5,75 \text{ кПа}$$

4. Определить интенсивность испарения

$$W = 10^{-6} \cdot \sqrt{M} \cdot P_s = 10^{-6} \cdot \sqrt{46,07} \cdot 5,75 = 0,39 \cdot 10^{-4} \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ с}).$$

5. Определить массу этанола, разлившегося при разрушении резервуара

$$m_{\text{бл}} = \rho_{\text{эс}} \cdot V_{\text{эс}} = 785 \cdot 200 = 157000 \text{ кг}.$$

6. Определить времени испарения этанола:

$$\tau_{\text{исп}} = \frac{m_{\text{бл}}}{W \cdot S} = \frac{157000}{0,39 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^4} = 134188 \text{ с}.$$



7. Определить массу паров этанола

$$m_{\text{пара}} = S \cdot W \cdot \tau_{\text{расч}} = 3 \cdot 10^4 \cdot 0,39 \cdot 10^{-4} \cdot 3600 = 4212 \text{ кг.}$$

8. Определить плотность паров этанола

$$\rho_{\text{П}} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t)} = \frac{46,07}{22,4 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 20)} = 1,92 \text{ кг / м}^3.$$

9. Расчет избыточного давления при сгорании паровоздушных смесей в открытом пространстве.

Приведенная масса пара определяется по формуле:

$$m_{\text{ПР}} = \left(\frac{Q_{\text{сг}}}{Q_0} \right) \cdot m \cdot Z = \left(\frac{2,7 \cdot 10^7}{4,52 \cdot 10^6} \right) \cdot 4212 \cdot 0,1 = 2,52 \cdot 10^3 \text{ кг.}$$



10. Величину избыточного давления ΔP , развиваемого при сгорании паровоздушных смесей, определяют по следующей формуле:

$$\Delta P = P_0 \cdot \left(\frac{0,8m_{np}^{0,33}}{r} + \frac{3m_{np}^{0,66}}{r^2} + \frac{5m_{np}}{r^3} \right) =$$
$$= 101 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot (2,52 \cdot 10^3)^{0,33}}{30} + \frac{3 \cdot (2,52 \cdot 10^3)^{0,66}}{30^2} + \frac{5 \cdot 2,52 \cdot 10^3}{30^3} \right) = 141,99 \text{ кПа}$$

11. Для паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей горизонтальные размеры зоны, ограничивающей область концентраций, превышающих НКПР, определяют по формуле В.13 (СП 12.13130.2009 п. В13):

$$R_{НКПР} = 3,1501 \cdot \sqrt{K} \cdot \left(\frac{P_H}{C_{НКПР}} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m_{II}}{\rho_{II} \cdot P_H} \right)^{0,333}$$
$$= 3,1501 \cdot \sqrt{\frac{3600}{3600}} \cdot \left(\frac{5,75}{3,6} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{4212}{1,92 \cdot 5,75} \right)^{0,333} = 33 \text{ м.}$$



Вывод: Наружная установка относится к категории АН - взрывопожароопасная, т.к. избыточное давление, развиваемое при сгорании газопаровоздушных смесей на расстоянии 30 м $\Delta P > 5 \text{ кПа}$, $t_{\text{ВСП}} < 280^\circ \text{С}$ и горизонтальный размер зоны с концентрацией горючего выше НКПР превышает 30м.



2.3. Определение категории наружных установок, в которых обращаются горючие пыли



Задача 3. Определить категорию циклона с древесной пылью, в соответствии с требованиями СП 12.13130.2009.

Условие задачи:

Объем циклона с древесной пылью после участка шлифовки деревянных дверей и оконных рам 100 м^3 .

Подача пыли в аппарат осуществляется 5 участками с производительностью $q = 5 \text{ кг/час}$.

Время работы до вывоза содержимого циклона 8 часов.

Масса отложившейся вблизи аппарата пыли составляет 20 кг.

Доля горючей пыли в общей массе отложений пыли $K_2 = 0,9$.



РЕШЕНИЕ:

1. Определяем расчетную массу взвихрившейся пыли (формула В.19):

$$m_{вз} = K_2 \cdot K_{вз} \cdot m_n = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 20 = 16,2 \text{ кг.}$$

где K_2 – доля горючей пыли в общей массе отложений пыли;

$K_{вз}$ – доля отложений вблизи аппарата пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. В отсутствие экспериментальных данных о величине $K_{вз}$ допускается принимать $K_{вз} = 0,9$;

m_n – масса отложившейся вблизи аппарата пыли к моменту аварии, кг.



2. Определяем расчетную массу пыли, поступившей в результате аварийной ситуации (формула В 20):

$$m_{ав} = (m_{ап} + q \cdot T) \cdot K_n$$

где $m_{ап}$ – масса горючей пыли, выбрасываемой в окружающее пространство при разгерметизации технологического аппарата, кг;
 q – производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, г/с;

T – расчетное время отключения, с, определяемое в каждом конкретном случае, исходя из реальной обстановки.

K_n – коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата. В отсутствие экспериментальных данных о величине K_n допускается принимать:

0,5 – для пылей с дисперсностью не менее 350 мкм;

1,0 – для пылей с дисперсностью менее 350 мкм.



2. Определяем расчетную массу пыли, поступившей в результате аварийной ситуации (формула В 20):

$$m_{ав} = (m_{ан} + q \cdot T) \cdot K_n$$
$$= \left(5 \cdot 8 + 5 \cdot \frac{300}{3600} \right) \cdot 1 = 40,4 \text{ кг}$$



3. Расчетная масса пыли, поступившей в окружающее пространство при расчетной аварии (формула В 18)

$$m = m_{вз} + m_{ав} = 40,4 + 16,2 = 56,6 \text{ кг.}$$

4. Определяем приведенную массу горючей пыли (формула В. 21):

$$m_{пр} = m \cdot Z \cdot \frac{H_T}{H_{ТО}} = 56,6 \cdot 0,1 \cdot \frac{18221}{4,6 \cdot 10^3} = 22,4 \text{ кг,}$$

где m – масса горючей пыли, поступившей в результате аварии в окружающее пространство;

Z – коэффициент участия пыли в горении, значение которого допускается принимать равным 0,1. В отдельных обоснованных случаях величина Z может быть снижена, но не менее чем до 0,02;

H_T – теплота сгорания пыли, Дж/кг;

$H_{ТО}$ – константа, принимаемая равной $4,6 \cdot 10^6$ Дж/кг.



5. Определяем расчетное избыточное давление
(формула В.22):

$$\Delta P = P_0 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot m_{\text{ПР}}^{0,33}}{r} + \frac{3 \cdot m_{\text{ПР}}^{0,66}}{r^2} + \frac{5 \cdot m_{\text{ПР}}}{r^3} \right) =$$
$$= 101 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot 22,4^{0,33}}{30} + \frac{3 \cdot 22,4^{0,66}}{30^2} + \frac{5 \cdot 22,4}{30^3} \right) = 10,5 \text{ кПа}$$

где r – расстояние от центра пылевоздушного облака, м.
Допускается отсчитывать величину r от геометрического центра технологической установки;

P_0 – атмосферное давление, кПа.

Вывод: Наружная установка относится к категории
Б_н, т.к. $\Delta P \leq 10,5$ кПа.



2.4. Определение пожароопасной категории наружных установок (раздел В.5 СП 12.13130.2009)



Задача 4. Определить категорию наружной установки по пожароопасности, в соответствии с требованиями СП 12.13130.2009.

Условие задачи

На территории котельной находится емкость с мазутом объемом 10 м^3 , в которой происходит разогрев мазута перед сжиганием.

Мазут поступает в емкость по подводящему трубопроводу диаметром 150 мм и длиной 1 м с расходом 0,5 л/сек, из емкости подогретый мазут транспортируется самотеком по трубопроводу диаметром 150 мм и длиной 2 м, порядок закрытия задвижек ручной.

Мазут разливается 1л на $0,15 \text{ м}^2$ согласно СП 12.13130.2009, значит объем 10 м^3 разольется на 1500 м^2 .



1. Определяем эффективный диаметр пролива
(формула В.25):

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1500}{3,14}} = 43,71 \text{ м},$$

где F - площадь пролива, м^2 .

2. Находим высоту пламени (формула В.26):

$$H = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{M}{\rho_B \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 43,71 \cdot \left(\frac{0,04}{1,2 \cdot \sqrt{9,8 \cdot 43,71}} \right)^{0,61} = 36,2 \text{ м}$$

где d - эффективный диаметр очага, м;

M - удельная массовая скорость выгорания топлива, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

ρ_B - плотность окружающего воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g - ускорение свободного падения ($g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$).



Находим угловой коэффициент облученности F_q принимая $r = 30$ м.

$$h = \frac{2H}{d} = \frac{2 \cdot 36,2}{43,71} = 1,65$$

$$S = \frac{2r}{d} = \frac{2 \cdot 30}{43,71} = 1,37$$

$$A = \frac{(h^2 + S^2 + 1)}{2 \cdot S} = \frac{(1,65^2 + 1,37^2 + 1)}{2 \cdot 1,37} = 2,04$$

$$B = \frac{(1 + S^2)}{2 \cdot S} = \frac{(1 + 1,37^2)}{2 \cdot 1,37} = 1,05$$



$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{S} \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{h}{\sqrt{S^2 - 1}} \right) - \frac{h}{S} \cdot \left\{ \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{S-1}{S+1}} \right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}} \right) \right\} \right]$$

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{S} \cdot \operatorname{arctg} \left(\frac{1,65}{\sqrt{1,37^2 - 1}} \right) - \frac{1,65}{1,37} \cdot \left\{ \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{1,37-1}{1,37+1}} \right) - \frac{2,04}{\sqrt{2,04^2 - 1}} \cdot \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{(2,04+1)(1,37-1)}{(2,04-1)(1,37+1)}} \right) \right\} \right]$$

$$F_V = 1,47$$



$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{(B-1/S)}{(\sqrt{B^2-1})} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(B+1)(S-1)}{(B-1)(S+1)}} \right) - \frac{(A-1/S)}{\sqrt{A^2-1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}} \right) \right]$$

$$F_H = \frac{1}{3,14} \cdot \left[\frac{(1,05-1/1,37)}{(\sqrt{1,05^2-1})} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(1,05+1)(1,37-1)}{(1,05-1)(1,37+1)}} \right) - \frac{(2,04-1/1,37)}{\sqrt{2,04^2-1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(2,04+1)(1,37-1)}{(2,04-1)(1,37+1)}} \right) \right] = 1,04$$

$$F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} = \sqrt{1,47^2 + 1,04^2} = 1,78.$$

Коэффициент пропускания
атмосферы:

$$\tau = e^{[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (r-0,5d)]} = e^{[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (30-0,5 \cdot 43,71)]} = 0,9.$$

Интенсивность теплового излучения q , кВт/м²

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 20 \cdot 1,78 \cdot 0,9 = 32,04 \text{ кВт} / \text{м}^2.$$



Сделать вывод о категории в зависимости от интенсивности теплового излучения на расстоянии 30м от наружной установки.

Вывод: Установка относится к категории ВН, т.к. интенсивность теплового излучения от очага пожара на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 4 кВт/м^2 .