

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических работ
по дисциплине **«Пожарная безопасность технологических процессов»**
для студентов
направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
форма обучения: заочная

Методические указания составлены в соответствии с образовательной программой по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», и рабочей программой дисциплины «Пожарная безопасность технологических процессов». В них представлены темы практических занятий, задания к ним, методика и порядок их выполнения, рекомендуемая литература, планируемые результаты и критерии оценивания.

Практическое занятие 1

Оценка зон пожаровзрывоопасности технологических процессов

Цель практического занятия: закрепление знаний о параметрах распространения зон пожаровзрывоопасности технологических процессов

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части. В результате выполнения практического занятия студент должен знать основные опасности технологического оборудования, уметь определять параметры опасных зон, а также владеть способностью к самостоятельному поиску и изучению статистической информации.

Актуальность темы практического занятия: обусловлена широким применением технологических процессов повышенной пожаровзрывоопасности.

Теоретическая часть

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов – совокупность свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения. Следствием горения, в зависимости от его скорости и условий протекания, могут быть пожар (диффузионное горение) или взрыв (дефлаграционное горение предварительно перемешанной смеси горючего с окислителем).

Одним из показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов является концентрационный предел распространения пламени (нижний или верхний).

Нижний (верхний) концентрационный предел распространения (НКПР) пламени – минимальное (максимальное) содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при котором

возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.

Метод расчета зон, ограниченных НКПР газов и паров, при аварийном поступлении горючих газов и паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей в открытое пространство при неподвижной воздушной среде

1. Расстояния, ограничивающие область концентраций, превышающих НКПР ($X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$, м) для горючих газов (ГГ) и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), рассчитывают по формулам

для ГГ

$$X_{НКПР} = Y_{НКПР} = 14,6 \left(\frac{m_z}{\rho_z C_{НКПР}} \right)^{0,33}, \quad (1)$$

$$Z_{НКПР} = 0,33 \left(\frac{m_z}{\rho_z C_{НКПР}} \right)^{0,33}, \quad (2)$$

для паров ЛВЖ

$$X_{НКПР} = Y_{НКПР} = 3,2 \sqrt{K} \left(\frac{p_n}{C_{НКПР}} \right)^{0,8} \left(\frac{m_n}{\rho_n \cdot p_n} \right)^{0,33}, \quad (3)$$

$$X_{НКПР} = Y_{НКПР} = 0,12 \sqrt{K} \left(\frac{p_n}{C_{НКПР}} \right)^{0,8} \left(\frac{m_n}{\rho_n \cdot p_n} \right)^{0,33}, \quad (4)$$

где m_z – масса поступившего в открытое пространство ГГ при аварийной ситуации, кг;

ρ_z – плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м³;

m_n – масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время полного испарения, но не более 3600 с, кг;

ρ_n – плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м³;

p_n – давление насыщенных паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа;

K – коэффициент ($K = \frac{T}{3600}$ для ЛВЖ);

T – продолжительность поступления паров ЛВЖ в открытое пространство, с;

$C_{НКПР}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени ГГ или паров ЛВЖ, % (об.).

2. Радиус (R_0 , м), и высоту (Z_0 , м), зоны, ограниченной НКПР газов и паров, вычисляют исходя из значений $H_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$.

При этом $R_0 > X_{НКПР}$, $R_0 > Y_{НКПР}$ и $Z_0 > h + R_0$ для ГГ и $Z_0 > Z_{НКПР}$ для ЛВЖ (h – высота источника поступления газа от уровня земли, м).

Для ГГ геометрически зона, ограниченная НКПР газов, будет представлять цилиндр с основанием радиусом R_0 и высотой $h_0 = 2R_0$ при $R_0 \leq h$ и $h_0 = h + R_0$ при $R_0 > h$, внутри которого расположен источник возможного выделения ГГ.

Для ЛВЖ геометрически зона, ограниченная НКПР паров, будет представлять цилиндр с основанием радиусом R_0 и высотой $h = Z_{НКПР}$ при высоте источника паров ЛВЖ $h < Z_{НКПР}$ и $h_0 = h + Z_{НКПР}$ при $h \geq Z_{НКПР}$.

За начало отсчета зоны, ограниченной НКПР газов и паров, принимают внешние габаритные размеры аппаратов, установок, трубопроводов и т. п.

3. Во всех случаях значения $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ должны быть не менее 0,3 м для ГГ и ЛВЖ.

Метод расчета размеров зон, ограниченных НКПР газов и паров, при аварийном поступлении горючих газов и паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей в помещение

Нижеприведенные расчетные формулы применяют для случая $100m/(\rho_{г,n} * V_{св}) < 0,5 * C_{НКПР}$ и помещений в форме прямоугольного параллелепипеда с отношением длины к ширине не более 5.

1. Расстояния $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ рассчитывают по формулам

$$X_{НКПР} = K_1 I (K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{НКПР}})^{0,5}, \quad (5)$$

$$Y_{HKПР} = K_1 b (K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{HKПР}})^{0,5}, \quad (6)$$

$$Z_{HKПР} = K_3 h (K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{HKПР}})^{0,5}, \quad (7)$$

где K_1 — коэффициент, принимаемый равным 1,1314 для горючих газов и 1,1958 для легковоспламеняющихся жидкостей;

K_2 — коэффициент, равный 1 для горючих газов;

$K_2 = \frac{T}{3600}$ для легковоспламеняющихся жидкостей;

K_3 — коэффициент, принимаемый равным 0,0253 для горючих газов при отсутствии подвижности воздушной среды; 0,02828 для горючих газов при подвижности воздушной среды; 0,04714 для легковоспламеняющихся жидкостей при отсутствии подвижности воздушной среды и 0,3536 для легковоспламеняющихся жидкостей при подвижности воздушной среды;

h — высота помещения, м;

δ — допустимые отклонения концентраций при задаваемом уровне значимости $Q(C > \bar{C})$, приведенные в таблице 1;

l, b — длина и ширина помещения, соответственно, м;

C_0 — предэкспоненциальный множитель, % (об.), равный:

1) при отсутствии подвижности воздушной среды для горючих газов

$$C_0 = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{m}{\rho_z V_{св}}, \quad (8)$$

2) при подвижности воздушной среды для горючих газов

$$C_0 = 3 \cdot 10^2 \cdot \frac{m}{\rho_z V_{св} U}, \quad (9)$$

где U — подвижность воздушной среды, м/с;

3) при отсутствии подвижности воздушной среды для паров ЛВЖ

$$C_0 = C_n \left(\frac{m100}{C_n \rho_n V_{св}} \right)^{0,41}, \quad (10)$$

где C_n — концентрация насыщенных паров при расчетной температуре

t_p , °С, воздуха в помещении, % (об.).

Таблица 1 – Значения допустимых отклонений δ концентраций при уровне значимости $Q (C > \bar{C})$

Характер распределения концентраций	$Q (C > \bar{C})$	δ
1	2	3
Для горючих газов при отсутствии подвижности воздушной среды	0,100 000	1,29
	0,050 000	1,38
	0,010 000	1,53
	0,003 000	1,63
	0,001 000	1,70
	0,000 001	2,04
Для горючих газов при подвижности воздушной среды	0,100 000	1,29
Для паров легковоспламеняющихся жидкостей при отсутствии подвижности воздушной среды	0,050 000	1,37
	0,010 000	1,52
	0,003 000	1,62
	0,001 000	1,70
	0,000 001	2,03
	0,100 000	1,19
Для паров легковоспламеняющихся жидкостей при подвижности воздушной среды	0,050 000	1,25
	0,010 000	1,35
	0,003 000	1,41
	0,001 000	1,46
	0,000 001	1,68
	0,100 000	1,21
	0,050 000	1,27
	0,010 000	1,38
	0,003 000	1,45
	0,001 000	1,51
	0,000 001	1,75

Концентрация (C_n , %) может быть найдена по формуле

$$C_n = \frac{100 p_n}{p_0}, \quad (11)$$

где p_n – давление насыщенных паров при расчетной температуре (находится по справочной литературе), кПа;

p_0 – атмосферное давление, равное 101 кПа;

ρ_n – плотность паров, кг/м³.

При подвижности воздушной среды для паров ЛВЖ предэкспоненциальный множитель (C_0 , %)

$$C_0 = C_n \left(\frac{m100}{C_n \rho_n V_{св}} \right)^{0,46}, \quad (12)$$

При отрицательных значениях логарифмов расстояния $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ принимают равными 0.

2. Радиус R_6 и высоту Z_6 , м, зоны, ограниченной НКПР газов и паров, вычисляют исходя из значений $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ для заданного уровня значимости Q .

При этом $R_6 > X_{НКПР}$, $R_6 > Y_{НКПР}$ и $Z_6 > h + R_6$ для ГГ и $Z_6 > Z_{НКПР}$ для ЛВЖ (h — высота источника поступления газа от пола помещения для ГГ тяжелее воздуха и от потолка помещения для ГГ легче воздуха, м).

Для ГГ геометрически зона, ограниченная НКПР газов, будет представлять цилиндр с основанием радиусом R_6 и высотой $h_6 = 2 R_6$ при $R_6 \leq h$ и $h_6 = h + R_6$ при $R_6 > h$, внутри которого расположен источник возможного выделения ГГ. Для ЛВЖ геометрически зона, ограниченная НКПР паров, будет представлять цилиндр с основанием радиусом R_6 и высотой $Z_6 = Z_{НКПР}$ высоте источника паров ЛВЖ $h < Z_{НКПР}$ и $Z_6 = h + Z_{НКПР}$ при $h \geq Z_{НКПР}$. За начало отсчета принимают внешние габаритные размеры аппаратов, установок, трубопроводов и т. п.

3. Во всех случаях значения расстояний $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ и $Z_{НКПР}$ должны быть не менее 0,3 м для ГГ и ЛВЖ.

Критерием определения потенциальной опасности пожаровзрывоопасного объекта экономики (ОЭ) служит количества вещества (Q , т), обращающегося на объекте, плотность рабочих и служащих объекта и населения в зоне потенциальной опасности, а также среднее число погибших при заданной плотности населения. Прогноз потенциальной опасности при мгновенном разрушении резервуара топливовоздушной смеси (ТВС), и при испарении разлитой жидкости представлены в таблицах 2, 3.

Таблица 2 – Прогнозирование потенциальной опасности ОЭ при взрыве ТВС А. Мгновенное разрушение резервуара хранения

Q, т	Среднее число погибших при плотности населения тыс. чел./км ²										Радиус смерт. поражения, м
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,1	0	0	0	1	1	1	1	2	2	3	14
0,5	0	1	1	1	2	3	4	5	6	8	24
1,0	1	1	1	2	3	5	6	8	9	12	30
3,0	1	2	4	5	6	9	12	16	19	25	43
5,0	2	4	5	7	9	13	18	22	26	35	51
10,0	3	6	8	11	14	21	28	35	42	56	65
15,0	4	7	11	15	18	27	36	46	55	73	74
25,0	5	10	15	20	26	38	51	64	77	102	88
50,0	8	16	24	32	41	61	81	102	122	162	110
100,0	13	26	39	52	64	97	129	161	193	258	139

Таблица 3 – Прогнозирование потенциальной опасности ОЭ при взрыве ТВС Б. Образование облака при испарении разлитой жидкости (из 50% массы)

Q, т	Среднее число погибших при плотности населения, тыс. чел./км ²										Радиус смерт. поражения, м
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	
0,1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	11
0,5	0	0	1	1	1	2	2	3	4	5	19
1,0	0	1	1	2	2	3	4	5	6	8	24
3,0	1	2	2	3	4	6	8	10	12	16	34
5,0	1	2	3	4	6	8	11	14	17	22	41
10,0	2	4	5	7	9	13	18	22	26	35	51
15,0	2	5	7	9	11	17	23	29	34	46	59
25,0	3	6	10	13	16	24	32	40	48	65	70
50,0	5	10	15	20	26	38	51	64	77	102	88
100,0	8	16	24	32	41	61	81	102	122	162	110

Вопросы и задания

1. Определить размеры зоны, ограниченной НКПР паров, при аварийной разгерметизации трубопровода, транспортирующего ацетон.

Данные для расчета. Трубопровод, транспортирующий ацетон, проложен на открытом пространстве на высоте h , м от поверхности земли. Трубопровод оснащен ручными задвижками.

Масса паров ацетона, поступивших в открытое пространство за время полного испарения, составляет m_n , кг при времени испарения T , с. Максимально возможная температура для данной климатической зоны $t_p =$

36 °С. Плотность паров ацетона $\rho_a=2,29$ кг/м³ при t_p . Нижний концентрационный предел распространения пламени паров ацетона $C_{НКПР}=2,7$ % (об.). Давление насыщенных паров ацетона $p_n=48,09$ кПа при t_p .

Таблица 4 – Исходные данные для решения задания 1

Вариант	h , м	m_n , кг	T , мин
1	0,5	240	60
2	0,8	200	70
3	0,6	150	80
4	0,7	210	90
5	0,9	230	50
6	1,0	250	40
7	1,1	180	100
8	0,5	260	45
9	0,7	280	55
10	0,9	300	100
11	1,2	160	65
12	1,4	130	30
13	0,4	170	35
14	0,6	190	95
15	0,9	220	110
16	1,2	270	105
17	1,0	280	60
18	1,2	220	80

2. Определить размеры зоны, ограниченной НКПР газов, при аварийной разгерметизации емкости с метаном на открытом пространстве.

Данные для расчета. При разгерметизации емкости в атмосферу поступит m_r , кг метана. Емкость представляет собой цилиндр с основанием радиусом x , м и высотой h_a , м. Максимально возможная температура для данной климатической зоны $t_p = 30$ °С. Плотность метана ρ_m при t_p равна 0,645 кг/м³. Нижний концентрационный предел распространения пламени метана $C_{НКПР} = 5,28$ % (об.)

Таблица 5 – Исходные данные для решения задания 2

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
m_r (кг)	20	15	16	17	18	19	21	23	24	25	26	27	28	29	30	31	22	28
x , м	1	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,0	1,2	1,3	1,4	1,2
h_a , м	10	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	11	12

3. Определить размеры зоны, ограниченной НКПР паров,

образующейся при аварийной разгерметизации аппарата с ацетоном, при работающей и неработающей общеобменной вентиляции.

Данные для расчета. В центре помещения размером $A \times B$, м² и высотой h_n , м установлен аппарат с ацетоном. Аппарат представляет собой цилиндр с основанием диаметром d_a , м, и высотой h_a , м, в котором содержится M , кг, ацетона. Расчетная температура в помещении $t_p = 30$ °С. Плотность паров ацетона ρ_a при t_p равна 2,33 кг/м³. Давление насыщенных паров ацетона p_n при t_p равно 37,73 кПа. Нижний концентрационный предел распространения пламени $C_{НКПР} = 2,7$ % (об.). В результате разгерметизации аппарата в помещение поступит M , кг, паров ацетона за время испарения T , с. При работающей общеобменной вентиляции подвижность воздушной среды в помещении $v = 0,1$ м/с (при уровне значимости Q).

Таблица 6 – Исходные данные для решения задания 3

Вариант	A, м	B, м	d_a , м	h_a , м	M кг	T, с	Q
1	40	40	0,5	1,0	25	208	0,1
2	35	35	0,6	1,1	26	200	0,05
3	36	36	0,7	1,2	27	180	0,03
4	37	37	0,8	1,3	28	170	0,01
5	38	38	0,9	1,4	29	150	0,1
6	39	39	1,0	1,6	30	220	0,05
7	30	30	1,1	1,7	31	250	0,03
8	25	25	1,2	1,8	32	120	0,01
9	28	28	0,6	1,0	24	170	0,1
10	42	42	0,5	1,0	26	270	0,05
11	43	43	0,6	1,1	28	300	0,03
12	45	45	0,7	1,2	26	220	0,01
13	26	26	0,8	1,3	30	230	0,1
14	27	27	0,9	1,4	32	310	0,05
15	29	29	1,0	1,6	33	160	0,03
16	31	31	1,1	1,7	34	200	0,01
17	32	32	1,2	1,8	35	300	0,1
18	30	40	0,9	1,3	32	255	0,03

Практическое занятие 2

Расчет параметров испарения горючих ненагретых жидкостей и сжиженных углеводородных газов

Цель практического занятия: закрепление знаний о параметрах испарения горючих ненагретых жидкостей и сжиженных углеводородных газов

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части. В результате выполнения практического занятия студент должен знать особенности поведения ненагретых жидкостей в различных условиях, уметь определять параметры зон испарения, а также владеть методикой оценки распространения зон загазованности.

Актуальность темы практического занятия: обусловлена широким применением технологических процессов с испаряющимися жидкостями.

Теоретическая часть

Интенсивность испарения W , кг/(с·м²), определяют по справочным и экспериментальным данным. Для ненагретых выше температуры окружающей среды ЛВЖ, при отсутствии данных допускается рассчитывать W по формуле¹⁾

$$W = 10^{-6} \eta \sqrt{M} p_n, \quad (1)$$

Формула применима при температуре подстилающей поверхности от минус 50 до плюс 40 °С.

где η — коэффициент, принимаемый по таблице 1 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

M — молярная масса, г/моль;

p_n — давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости t_p , определяемое по справочным данным, кПа.

Таблица 1

Скорость воздушного потока в помещении, м/с	Значение коэффициента η при температуре t , °С, воздуха в помещении				
	10	15	20	30	35
0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Для сжиженных углеводородных газов (СУГ) при отсутствии данных допускается рассчитывать удельную массу паров испарившегося СУГ $m_{СУГ}$, кг/м², по формуле¹⁾

$$m_{СУГ} = \frac{M}{L_{исп}} (T_0 - T_{жс}) \left(2\lambda_{тв} \sqrt{\frac{t}{\pi a}} + \frac{5,1\sqrt{Re}\lambda_g t}{d} \right), \quad (2)$$

¹⁾ Формула применима при температуре подстилающей поверхности от минус 50 до плюс 40 °С.

где M — молярная масса СУГ, кг/моль;

$L_{исп}$ — мольная теплота испарения СУГ при начальной температуре СУГ $T_{жс}$, Дж/моль;

T_0 — начальная температура материала, на поверхность которого разливается СУГ, соответствующая расчетной температуре t_p , К;

$T_{жс}$ — начальная температура СУГ, К;

$\lambda_{тв}$ — коэффициент теплопроводности материала, на поверхность которого разливается СУГ, Вт/(м · К);

a — эффективный коэффициент температуропроводности материала, на поверхность которого разливается СУГ, равный $8,4 \cdot 10^{-8}$ м²/с;

t — текущее время, с, принимаемое равным времени полного испарения СУГ, но не более 3600 с;

$$R_e = \frac{vd}{\nu_g} \text{ число Рейнольдса } (v \text{ — скорость воздушного потока, м/с; } d \text{ —}$$

характерный размер пролива СУГ, м;

ν_g — кинематическая вязкость воздуха при расчетной температуре t_p , $\text{м}^2/\text{с}$);

λ_g — коэффициент теплопроводности воздуха при расчетной температуре t_p , $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Задания

1. Определить массу паров ацетона, поступающих в объем помещения в результате аварийной разгерметизации аппарата.

Исходные данные для расчета:

В помещении с площадью пола S , м^2 установлен аппарат с ацетоном максимальным объемом V_{an} , м^3 . Ацетон поступает в аппарат самотеком по трубопроводу диаметром d_1 , м с расходом q , $\text{м}^3/\text{с}$. Длина участка напорного трубопровода от емкости до ручной задвижки L_1 , м. Длина участка отводящего трубопровода диаметром d_2 , м от емкости до ручной задвижки L_2 , м. Скорость воздушного потока v в помещении при работающей общеобменной вентиляции равна $0,2$ м/с. Температура воздуха в помещении $t_p = 20$ °С. Плотность ρ ацетона при данной температуре равна 792 $\text{кг}/\text{м}^3$. Давление насыщенных паров ацетона p_a при t_p равно $24,54$ кПа.

Вариант	S , м^2	V_{an} , м^3	d_1 , м	q , $\text{м}^3/\text{с}$	L_1 , м	d_2 , м	L_2 , м
1	50	3	0,05	$2 \cdot 10^{-3}$	1,5	0,05	1,0
2	60	4	0,04	$2,5 \cdot 10^{-3}$	1,6	0,04	1,1
3	70	5	0,06	$2,2 \cdot 10^{-3}$	1,7	0,06	1,2
4	80	2	0,05	$2,1 \cdot 10^{-3}$	1,8	0,05	1,3
5	45	3,5	0,04	$1,8 \cdot 10^{-3}$	1,9	0,04	1,4
6	55	2	0,06	$2,2 \cdot 10^{-3}$	2,0	0,06	1,5
7	65	3	0,05	$2,0 \cdot 10^{-3}$	2,1	0,05	1,0
8	70	4	0,04	$2,5 \cdot 10^{-3}$	2,2	0,04	1,5
9	55	5	0,06	$2,1 \cdot 10^{-3}$	1,5	0,06	1,4
10	50	4,5	0,05	$1,9 \cdot 10^{-3}$	1,8	0,05	1,6

2. Определить массу газообразного этилена, образующегося при испарении пролива сжиженного этилена в условиях аварийной

разгерметизации резервуара.

Исходные данные для расчета:

Изотермический резервуар сжиженного этилена объемом $V_{и.р.э}$, м³ установлен в бетонном обваловании свободной площадью $S_{об}$, м² и высотой отбортовки $H_{об}$, м. Степень заполнения резервуара $\alpha = 0,95$.

Ввод трубопровода подачи сжиженного этилена в резервуар выполнен сверху, а вывод отводящего трубопровода снизу.

Диаметр отводящего трубопровода $d_{тр} = 0,25$ м. Длина участка трубопровода от резервуара до автоматической задвижки, вероятность отказа которой превышает 10^{-6} в год и не обеспечено резервирование ее элементов, $L=1$ м. Максимальный расход сжиженного этилена в режиме выдачи $G_{ж.э} = 3,1944$ кг/с. Плотность сжиженного этилена $\rho_{ж.э}$ при температуре эксплуатации $T_{эк} = 169,5$ К равна 568 кг/м³. Плотность газообразного этилена $\rho_{г.э}$ при $T_{эк}$ равна 2,0204 кг/м³. Молярная масса сжиженного этилена $M_{ж.э} = 28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Молярная теплота испарения сжиженного этилена $L_{исп}$ при $T_{эк}$ равна $1,344 \cdot 10^4$ Дж/моль. Температура бетона равна максимально возможной температуре воздуха в соответствующей климатической зоне $T_{б} = 309$ К. Коэффициент теплопроводности бетона $\lambda_{б}=1,5$ Вт/(м·К). Коэффициент температуропроводности бетона $a = 8,4 \cdot 10^{-8}$ м²/с. Минимальная скорость воздушного потока $v_{min} = 0$ м/с, а максимальная для данной климатической зоны $v_{max} = 5$ м/с. Кинематическая вязкость воздуха $\nu_{в}$ при расчетной температуре воздуха для данной климатической зоны $t_p = 36^{\circ}\text{C}$ равна $1,64 \cdot 10^{-5}$ м²/с. Коэффициент теплопроводности воздуха $\lambda_{в}$ при t_p равен $2,74 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м·К).

Вариант	$V_{и.р.э}$, м ³	$S_{об}$, м ²	$H_{об}$, м
1	10000	5000	2,0
2	9000	5200	2,1
3	11000	5100	2,2
4	10500	5300	2,0
5	11500	4500	2,1
6	12000	5800	2,2

7	9500	4000	2,0
8	11000	5200	2,1
9	10000	4500	2,2
10	9000	3800	2,0

Практическое занятие 3

Расчет параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на РВС с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим РВС

Цель практического занятия: приобретение, отработка и закрепление практических умений и навыков применения теоретических знаний при решении практических задач, связанных с оценкой пожарной опасности технологических систем.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части. В результате выполнения практического занятия студент должен знать особенности распространения пожара в резервуарном парке, уметь определять параметры опасных зон, а также владеть способностью выбирать защитные мероприятия и оценивать их эффективность.

Актуальность темы практического занятия: обусловлена статистикой пожаров в резервуарных парках.

Теоретическая часть

Одним из опасных факторов пожара горящего резервуара для рядом расположенного резервуара является тепловое излучение от факела пламени.

Оценка устойчивости технологической системы «РВС-ЛВЖ», расположенной рядом с горящим резервуаром, к теплу пожара является одним из приоритетных вопросов в нормировании противопожарной защиты и базируется на решении двух задач:

– внешней, связанной с изучением закономерностей распределения тепловых нагрузок при открытых пожарах углеводородов;

– внутренней, связанной, с изучением процессов тепло – и массообмена, происходящих в резервуаре с ЛВЖ, обогреваемого теплом пожара.

Здесь в настоящей работе отрабатывается метод расчета параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром.

Параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на РВС с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим РВС

Резервуары с ЛВЖ и ГЖ, расположенные рядом с горящим резервуаром иногда взрываются, а иногда в течение всего пожара остаются невредимыми. В отдельных случаях наблюдается факельное горение в местах выхода паров из резервуара или происходит механическое разрушение резервуара из-за повышения давления вследствие интенсивного кипения ЛВЖ.

Параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром, представлены на рис. 5.1.

Устойчивое состояние резервуара с ЛВЖ обеспечивается при выполнении следующих двух условий:

– текущая температура стенки t_w не достигает опасного значения, равного температуре самовоспламенения паров ЛВЖ $t_{св}$;

– рабочие напряжения σ_p , возникающие в элементах оболочки резервуара под действием избыточного давления паров внутри резервуара, не достигают предела прочности $\sigma_{ПЧ}$.

Опасность взрыва внутри резервуара с ЛВЖ возникает при выполнении следующих двух условий:

– текущая температура стенки t_w достигает или превышает опасное значение, равное температуре самовоспламенения паров $t_{св}$;

– концентрация паров ЛВЖ φ_p внутри резервуара входит в область взрывоопасных значений;

Опасность факельного горения паров, выходящих из дыхательного клапана резервуара, характеризуется возможностью выполнения следующих двух условий:

– текущая температура стенки t_w достигает или превышает опасное значение, равное температуре самовоспламенения паров $t_{св}$.

– до и в процессе нагрева жидкости концентрация паров φ_p внутри резервуара превышает верхний концентрационный предел распространения пламени.

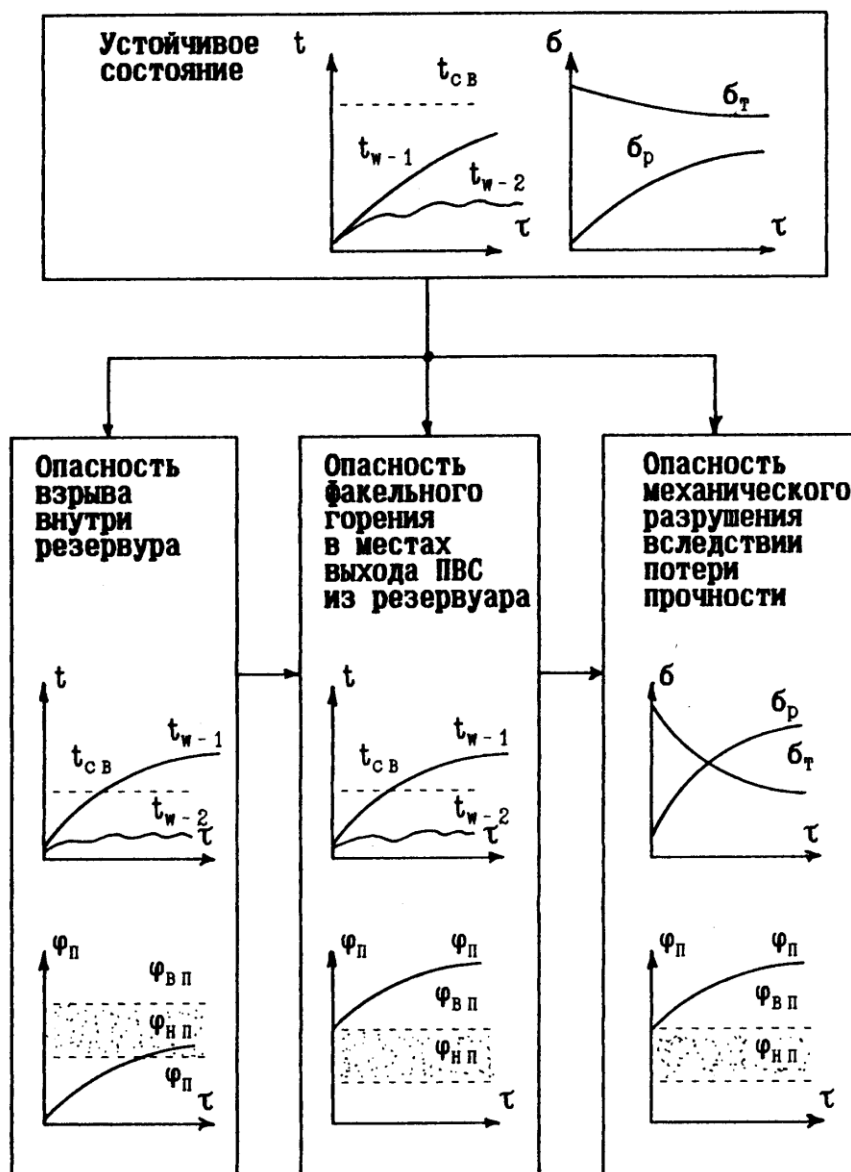


Рис. 1. Параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром

Опасность разрушения резервуара с ЛВЖ вследствие потери прочности характеризуется выполнением следующего условия: рабочие напряжения σ_p , возникающие в элементах оболочки резервуара под действием избыточного давления паров внутри резервуара вследствие интенсивного кипения ЛВЖ, превышают предел прочности $\sigma_{пч}$

На основании проведенных исследований по изучению пожарной опасности резервуара с нефтепродуктами и нефтью в условиях пожара разработан метод расчета параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром.



Рис. 2. Экспериментальные исследования по изучению пожарной опасности резервуара, расположенного рядом с горящим резервуаром

Метод расчета параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром

Расчетные положения справедливы для группы однотипных резервуаров в период начальной стадии пожара, т.е. до введения сил и средств на охлаждение резервуара.

Термические и геометрические параметры факела пожара

Максимальную среднеповерхностную плотность излучения, Вт*м⁻², которую факел пламени горящей ЛВЖ имеет в штиль, можно определить по следующей формуле:

$$q_{\Phi} = (335 + 7112 / d_p) m_{\text{выг}} \cdot 10^3, \quad (1)$$

где d_p – диаметр горящего резервуара, м;

$m_{\text{выг}}$ – массовая скорость выгорания ЛВЖ, кг*с⁻¹*м⁻².

В условиях штиля форму факела пламени рассматривают в виде качающегося цилиндра. Высоту факела пламени, м, определяют по формуле

$$h_{\Phi} = 42 d_p \left(\frac{m_{\text{выг}}}{\rho_v \sqrt{g d_p}} \right)^{0,61}, \quad (2),$$

где ρ_v – плотность воздуха, кг*м⁻³ (допускается принимать $\rho_v=1,2$ кг*м⁻³);

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м*с⁻².

В дальнейших расчетах в качестве излучающей поверхности принимают факел в виде плоскости с учетом фактора видимости.

Температура локального участка стенки резервуара, расположенного рядом с горящим резервуаром

Опасными конструктивными элементами резервуара, расположенного рядом с горящим резервуаром, которые могут быть нагреты до температуры самовоспламенения, и послужить источником зажигания взрывоопасной паровоздушной смеси, являются:

– участок стенки облучаемого резервуара, расположенный по нормали к основанию факела пламени;

– дыхательный или предохранительный клапан (из конструкции клапана следует установить, что при нагреве стенки клапана до

температуры самовоспламенения пламя способно распространиться вовнутрь резервуара по горючей паровоздушной смеси);

– пенокамера при наличии негерметичности между ее корпусом и внутренней полостью резервуара;

В качестве элемента конструкции принимаем участок стенки облучаемого пожаром резервуара, расположенный по нормали к основанию факела пламени.

Плотность падающего теплового потока от факела горящего резервуара на элемент конструкции рядом расположенного резервуара

Плотность падающего теплового потока от факела горящего резервуара на элемент конструкции облучаемого резервуара, расположенной по нормали к основанию факела пожара, Вт*м⁻²

$$q_w = q_\phi * \varphi_n. \quad (3)$$

Коэффициент облученности φ_n для элементарной площадки соседнего резервуара, расположенного по нормали к основанию факела пламени, определяем на основании расчетной схемы, показанной на рис. 3, по формуле

$$\varphi_n = \frac{1}{\pi} \left(\frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2}} \arcsin \frac{C_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} + \frac{C_1}{\sqrt{1+C_1^2}} \arcsin \frac{B_1}{\sqrt{1+B_1^2+C_1^2}} \right), \quad (4),$$

$$\text{где } B_1 = x_1/2y_1; \quad (5)$$

$$C_1 = h_\phi/y_1. \quad (6)$$

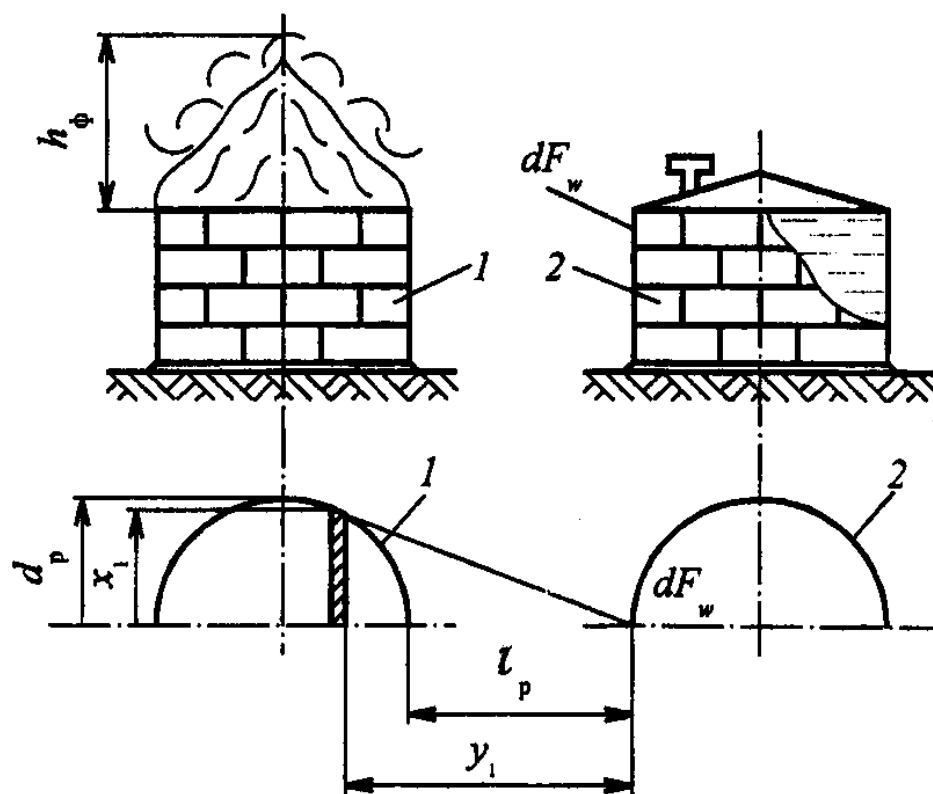


Рис. 3. Расчетная схема к определению температуры элемента конструкции РВС, расположенного рядом с горящим РВС:

1 -горящий РВС; 2 -соседний РВС; dF_w -элемент конструкции резервуара, расположенный по нормали к основанию факела пламени;

l_p -расстояние между резервуарами; y_1 -расчетное расстояние между пламенем и элементарной площадкой с учетом фактора видимости; x_1 -расчетная ширина пламени с учетом фактора видимости

Значения x_1 и y_1 (см. рис. 3) определяют по следующим формулам:

$$x_1 = \frac{2d_p \sqrt{l_p(l_p + d_p)}}{d_p + 2l_p}; \quad (7)$$

$$y_1 = \sqrt{l_p(l_p + d_p) - (0,5x_1)^2}. \quad (8)$$

Возможность и продолжительность нагрева элемента конструкции резервуара до температуры самовоспламенения

Максимальная температура элемента конструкции резервуара

$$t_{w-\max} = \sqrt{4900 + 6,8q_w} - 70 + t_f, \quad (9)$$

где t_f – температура окружающей среды, °C.

Если выполняется условие

$$t_{w-\max} \geq 0,8t_{cs}, \quad (10)$$

то делают заключение о том, что элемент конструкции облучаемого резервуара может послужить источником зажигания, и определяют текущую температуру.

Коэффициент теплоотдачи, Вт*м⁻²*К⁻¹.

$$\alpha = \frac{0,95q_w}{2(t_{w-\max} - t_f)}. \quad (11)$$

Температура элемента конструкции через t , с, облучения, °C,

$$t_w = \frac{0,95q_w}{2\alpha} \left[1 - \exp\left(-\frac{1,28\alpha t}{c_w \rho_w \delta_w}\right) \right] + t_f, \quad (12)$$

где c_w – теплоемкость материала конструкции, Дж*кг⁻¹*К⁻¹ (для стали, $c_w = 500$ Дж*кг⁻¹*К⁻¹); ρ_w – плотность материала конструкции, кг*м⁻³ (для стали, $\rho_w = 7800$ кг*м⁻³); δ_w – толщина стенки резервуара, м.

Температура поверхностного слоя ЛВЖ в РВС, расположенном рядом с горящим РВС

В основу формирования нагретого поверхностного слоя ЛВЖ в резервуаре, расположенном рядом с горящим резервуаром положена следующая модель.

Тепловой поток от факела пламени приводит к интенсивному нагреву боковой поверхности соседнего резервуара, расположенного рядом с горящим. В пристенном пограничном слое появляются подъемные силы (рис. 4), которые заставляют слой более нагретой ЛВЖ подниматься вдоль корпуса резервуара и растекаться по поверхности основной массы ЛВЖ. Это существенно влияет на температуру поверхностного слоя ЛВЖ.

Одновременно к этому всплывшему слою ЛВЖ передается тепло от стенок, ограничивающих газовое пространство резервуара, от крыши и парового пространства. В процессе теплообмена поверхностный слой ЛВЖ

отдает часть тепла на испарение жидкости, а также нижележащим слоям путем теплопроводности. Часть тепла в этом сложном теплообмене отдается в окружающий воздух, а также основной массе ЛВЖ путем частичного смешивания при всплывании.

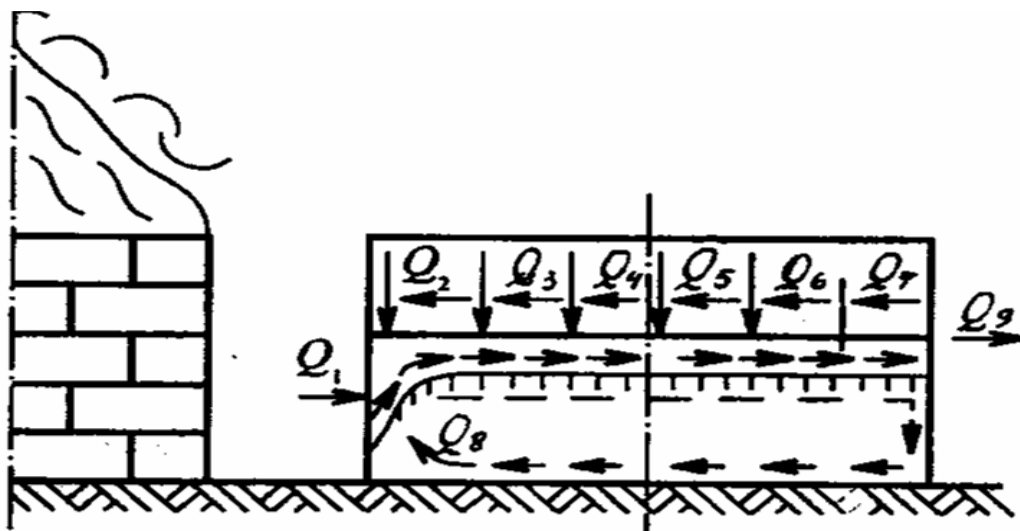


Рис. 4. Схема гидродинамических и тепловых потоков, формирующих нагретый поверхностный слой:

Q_1 -количество тепла, получаемого поверхностным слоем от теплообмена с облучаемой стенкой, которая контактирует с ЛВЖ;

Q_2 -количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ от теплообмена с облучаемой стенкой, ограничивающей газовое пространство резервуара;

Q_3 -количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ от теплообмена с крышей резервуара;

Q_4 -количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ от теплообмена с паровоздушной средой газового пространства резервуара;

Q_5 -количество тепла, затрачиваемого на изменение внутренней энергии (повышение температуры) поверхностного слоя ЛВЖ;

Q_6 -количество тепла, теряемого на испарение ЛВЖ;

Q_7 -количество тепла, передаваемого от поверхностного слоя ЛВЖ к нижележащим слоям ЛВЖ посредством теплопроводности;

Q_8 -количество тепла, отдаваемого от поверхностного слоя ЛВЖ основной массе ЛВЖ путем частичного смешивания;

Q_9 -количество тепла, отдаваемого от поверхностного слоя ЛВЖ в окружающий воздух

Количество тепла, подводимого к поверхностному слою ЛВЖ

1) Количество тепла, выносимое на поверхность ЛВЖ пограничным всплывающим тепловым слоем ЛВЖ от теплообмена с облучаемой стенкой,

которая контактирует с ЛВЖ, определяют в следующей последовательности:

– коэффициент облученности для элементарной площадки облучаемой стенки, контактирующей с ЛВЖ (рис. 5):

$$\varphi_1 = \varphi_{\Sigma} \exp \left[6,88(0,5h_{\Sigma}/h_p - 1) \exp(-2,44y_2/x_2) \right]; \quad (13)$$

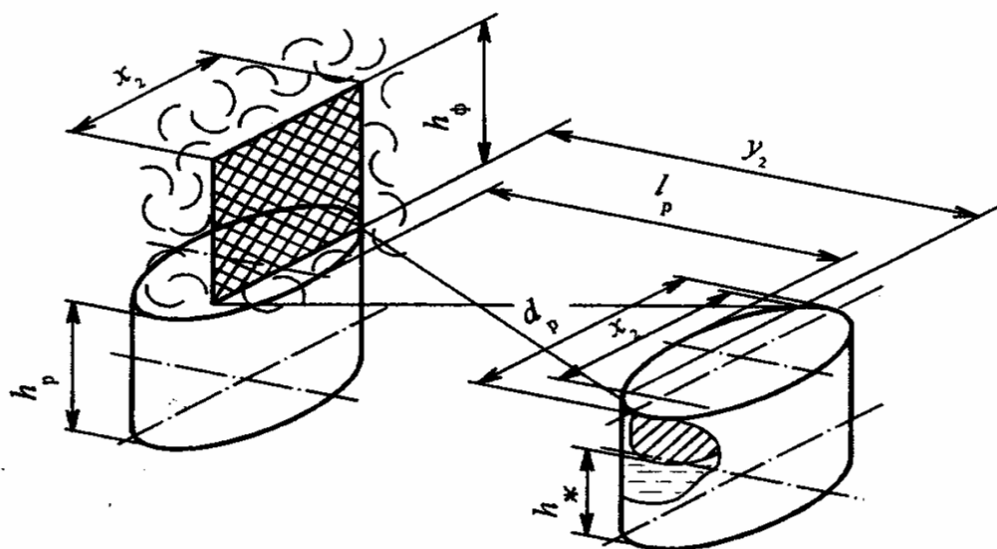


Рис. 5. Расчетная схема:

h_p - высота РВС; h_{Σ} - уровень разлива ЛВЖ; d_p - диаметр РВС; l_p - расстояние между РВС; h_{ϕ} - высота факела; y_2 - расчетное расстояние между пламенем и облучаемой площадкой с учетом фактора видимости; x_2 - расчетная ширина с учетом фактора видимости

– вспомогательные величины, необходимые для расчета коэффициента облученности, определяют по формулам

$$x_2 = \frac{d_p \sqrt{l_p(l_p + 2d_p)}}{l_p + d_p}; \quad (14)$$

$$y_2 = \frac{l_p(l_p + 2d_p)}{l_p + d_p}; \quad (15)$$

– площадь облучаемой стенки резервуара, m^2 , ограничивающей жидкость,

$$f_1 = x_2 h_{\Sigma}; \quad (16)$$

– количество тепла, выносимое на поверхность ЛВЖ вдоль нагретой стенки пограничным всплывающим тепловым слоем, в единицу времени, Вт

$$Q_1 = 0,86 q_{\phi} \varphi_1 f_1. \quad (17)$$

2) Количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с облучаемой стенкой, ограничивающей газовое пространство, определяют в следующей последовательности:

– коэффициент облученности для элементарной площадки облучаемой стенки, ограничивающей газовое пространство резервуара (см. рис. 5),

$$\varphi_2 = \varphi_H \exp \left[3,44(h_{\text{ж}}/h_p - 1) \exp(-2,44y_2/x_2) \right]; \quad (18)$$

– площадь облучаемой стенки резервуара, м^2 , ограничивающей газовое пространство,

$$f_2 = x_2(h_p - h_{\text{ж}}); \quad (19)$$

– количество тепла, получаемое поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с облучаемой стенкой, в единицу времени, Вт

$$Q_2 = 0,47 q_{\phi} \varphi_2 f_2. \quad (20)$$

3) Количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с крышей облучаемого резервуара, в единицу времени определяют в следующей последовательности:

– коэффициент облученности для элементарной площадки облучаемой крыши резервуара (см. рис. 5)

$$\varphi_3 = \frac{1}{\pi} \left(\arcsin \frac{1}{\sqrt{1+B_2^2}} - \frac{1}{\sqrt{1+C_2^2}} \arcsin \frac{1}{\sqrt{1+C_2^2}} \right); \quad (21)$$

вспомогательные величины B_2 и C_2 рассчитывают по формулам

$$B_2 = \frac{y_2 + d_p + l_p}{x_2}; \quad (22)$$

$$C_2 = \frac{2h_{\phi}}{x_2}; \quad (23)$$

– площадь крыши резервуара принимают равной площади поверхности зеркала испарения ЛВЖ, м^2 ,

$$f_3 = f_{\text{ж}} = \frac{\pi d_p^2}{4} ; \quad (24)$$

– количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ от теплообмена с крышей облучаемого резервуара, в единицу времени, Вт

$$Q_3 = 0,28 q_{\Phi} \Phi_3 f_3 . \quad (25)$$

Температура поверхностного слоя ЛВЖ

Температуру поверхностного слоя ЛВЖ, °С, через t , с, облучения определяют по формуле

$$t_{\text{п.ст}} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{\alpha_{\text{пр}} f_3} \left[1 - \exp \left(- \frac{\alpha_{\text{пр}} t}{c_{\text{п}} \rho_{\text{п}} (h_{\text{п}} - h_{\text{ж}}) + c_{\text{ж}} \rho_{\text{ж}} \delta_{\text{ж}}} \right) \right] + t_{\text{ж}} , \quad (26)$$

где $c_{\text{п}}$ – теплоемкость паровоздушной смеси, Дж*кг⁻¹*К⁻¹. При отсутствии справочных данных допускается принимать $c_{\text{п}} = 1010$ Дж*кг⁻¹*К⁻¹;

$\rho_{\text{п}}$ – плотность паровоздушной смеси, кг*м⁻³. При отсутствии справочных данных допускается принимать $\rho_{\text{п}} = 1,21$ кг*м⁻³;

$c_{\text{ж}}$ – теплоемкость ЛВЖ, Дж*кг⁻¹*К⁻¹. При отсутствии справочных данных допускается принимать $c_{\text{ж}} = 2000$ Дж*кг⁻¹*К⁻¹;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность ЛВЖ, кг*м⁻³ ;

$t_{\text{ж}}$ – температура основной массы ЛВЖ в резервуаре, °С;

$h_{\text{п}}$ – высота резервуара, м;

$h_{\text{ж}}$ – уровень разлива ЛВЖ в резервуаре, м.

По результатам экспериментальных исследований среднее значение приведенного коэффициента теплоотдачи $\alpha_{\text{пр}}$ составило 33,6 Вт*м⁻²*К⁻¹, а характерная толщина теплового поверхностного слоя $\delta_{\text{ж}} = 0,053$ м.

Способы и приемы противопожарной защиты резервуара, расположенного рядом с горящим резервуаром

1. Применение систем водяного орошения резервуаров.
2. Увеличение расстояний между резервуарами.
2. Создание условий для быстрой локализации и ликвидации пожара.

Вопросы и задания

1. Записать название работы, а также постановку задачи, на решение которой направлено выполнение данной работы.

2. Изучить и изложить основные параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, распложенный рядом с горящим резервуаром.

3. Изучить порядок выполнения работы и произвести расчеты параметров, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, распложенный рядом с горящим резервуаром.

4. Обсудить результатов расчета параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, распложенный рядом с горящим резервуаром.

5. Изучить требования пожарной безопасности, обеспечивающие повышение устойчивости к развитию пожара технологии хранения ЛВЖ в резервуарах, изложенные в приложении Б: «Требования пожарной безопасности, направленные на повышение устойчивости к пожару объектов хранения больших масс ЛВЖ и ГЖ. Извлечения из «Рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории».

6. По указанию преподавателя разработать схему и описание технического решения, обеспечивающего защиту от распространения пожара.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить исходные данные по следующей форме:

Сведения о горящем резервуаре:

– диаметр, $d_p =$ _____ м; высота, $h_p =$ _____ м;

– наименование ЛВЖ – _____

Сведения о резервуаре, расположенном рядом с горящим резервуаром:

- диаметр, $d_p =$ _____ м; высота, $h_p =$ _____ м.
- толщина стенки верхнего пояса резервуара, $\delta_w =$ _____ м;
- расстояние между резервуарами, $l_p =$ _____ м;
- наименование ЛВЖ _____
- плотность ЛВЖ, $\rho_{\text{ж}} =$ _____ кг*м-3;
- уровень разлива ЛВЖ в резервуаре, $h_{\text{ж}} =$ _____ м;
- температура окружающей среды, $t_f =$ _____ оС;
- температура основной массы, ЛВЖ, $t_{\text{ж}} =$ _____ оС;
- температурные пределы распространения пламени: нижний $t_{\text{нип}} =$ _____ оС, верхний $t_{\text{вп}} =$ _____ оС;
- температура самовоспламенения, $t_{\text{св}} =$ _____ оС.

2. Рассчитать параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром, по следующему алгоритму:

2.1. Термические и геометрические параметры факела пожара:

– максимальная среднеповерхностная плотность излучения (формула (2));

– высота факела пламени (формула (3)).

2.2. Температура локального участка стенки резервуара, расположенного рядом с горящим резервуаром:

В начале выполняется расчетная схема, приведенная на рис. 3.

I – этап расчета. Падающий тепловой поток определяют на основании расчетной схемы по следующему алгоритму:

– вспомогательные величины: x_1 ; y_1 ; B_1 ; C_1 (формулы 7; 8; 5; 6);

– коэффициент облученности (формула (4));

– плотность падающего теплового потока (формула (3)).

II – этап расчета. Возможность и продолжительность нагрева элемента конструкции до температуры самовоспламенения

– (формула (9)) – максимальная температура элемента конструкции резервуара.

Примечание. На этом этапе расчета могут быть два варианта продолжения расчета.

1) Если не выполняется условие (10), то расчет прекращают и делают заключение, руководствуясь, рис. 1 и комментариями к нему.

2) Если выполняется условие (10), то расчет продолжают.

– коэффициент теплоотдачи (формула 11);

– температура элемента конструкции через t , с, облучения (формула 12).

– результаты расчетов заносят в табл. 1.

Таблица 1 Параметры, характеризующие пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром

Температура, °С, элемента конструкции РВС	Продолжительность теплового воздействия, мин						
	1	2	3	5	10	15	20
поверхностного слоя ЛВЖ							

2.3. Температура поверхностного слоя ЛВЖ в РВС, расположенном рядом с горящим резервуаром.

В начале выполняется расчетная схема, приведенная на рис. 5.

I – этап расчета. Количество тепла, подводимого к поверхностному слою ЛВЖ определяют на основании расчетной схемы по следующему алгоритму:

1) Количество тепла, выносимое на поверхность ЛВЖ пограничным всплывающим тепловым слоем от теплообмена с облучаемой стенкой, которая контактирует с ЛВЖ, определяют в следующей последовательности:

– вспомогательные величины: x_2 ; y_2 (формулы (14); (15));

– коэффициент облученности (формула (13));

- площадь облучаемой стенки резервуара, ограничивающей ЛВЖ (формула (16));

- количество тепла, выносимое на поверхность ЛВЖ вдоль нагретой стенки пограничным всплывающим тепловым слоем (формула (17)).

2) Количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с облучаемой стенкой, ограничивающей газовое пространство, определяют в следующей последовательности:

- коэффициент облученности (формула (18));

- площадь облучаемой стенки резервуара, ограничивающей газовое пространство (формула (19));

- количество тепла, получаемое поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с облучаемой стенкой (формула (20)).

3) Количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ при теплообмене с крышей облучаемого резервуара, определяют в следующей последовательности:

- вспомогательные величины B_2 и C_2 (формулы (22); (23));

- коэффициент облученности (формула (21));

- площадь крыши резервуара (формула (24));

- количество тепла, получаемого поверхностным слоем ЛВЖ от теплообмена с крышей облучаемого резервуара (формула (25)).

II – этап расчета. Температура поверхностного слоя ЛВЖ.

- температура поверхностного слоя ЛВЖ через τ , с, облучения (формула 26);

- результаты последующих расчетов заносят в табл.1.

3. Построить график: «Изменение параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром».

По оси абсцисс (рис. 6) откладывают шкалу «Продолжительность теплового воздействия, мин», а по оси ординат – шкалу «Температура, °С». На график наносят справочные значения $t_{св}$, $t_{нп}$ и $t_{вп}$.

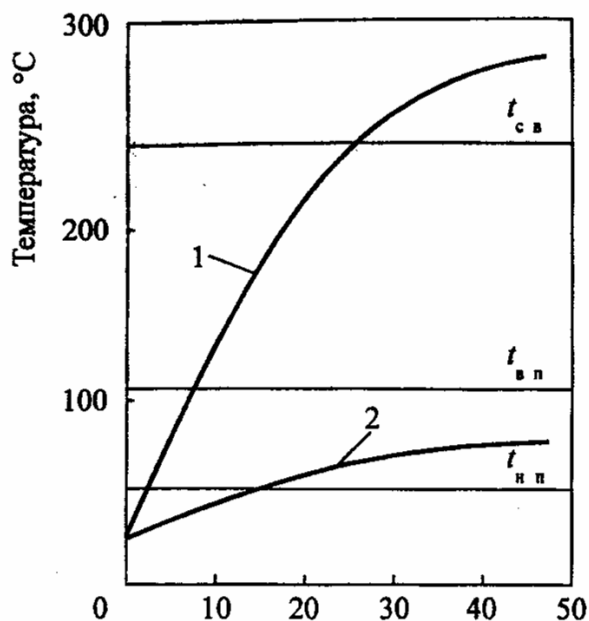


Рис. 6. Пример рисунка «Изменение параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар с ЛВЖ, расположенный рядом с горящим резервуаром»:

1 – температура элемента стенки; 2 – температура поверхностного слоя жидкости

По данным табл. 1 строят кривые, описывающие изменения температуры опасного элемента конструкции или оборудования резервуара, а также температуры поверхностного слоя ЛВЖ.

4. Обсуждение результатов расчета параметров, характеризующих пожарную опасность распространения пожара на резервуар, расположенный рядом с горящим резервуаром» производят по результатам пересечения кривых со значениями показателей пожарной опасности ЛВЖ:

– продолжительность нахождения резервуара в устойчивом состоянии, которое характеризуется выполнением следующего неравенства

$$t_w \leq 0,8 t_{св}.$$

– опасность взрыва может наступить после τ , мин, облучения, если будут выполняться условия

$$\begin{aligned} t_{нп} &\leq t_{п.сл} \leq t_{вп}; \\ t_w &\geq 0,8 t_{св}; \end{aligned}$$

– возможность факельного горения в местах выхода паров из резервуара после τ , мин, и облучения, которая характеризуется выполнением следующих неравенств:

$$t_{п.сл} > t_{зп.};$$

$$t_w > 0,8 t_{св.}$$

Исходные данные для решения задачи:

Сведения о горящем резервуаре РВС-300:

- диаметр, $d_p = 7,6$ м; высота, $h_p = 6,0$ м;
- наименование ЛВЖ – Октан;
- массовая скорость выгорания, $m_{выг} = 7,89 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Сведения о резервуаре РВС-300, расположенном рядом с горящим резервуаром:

- диаметр, $d_p = 7,6$ м; высота, $h_p = 6,0$ м;
- толщина стенки верхнего пояса резервуара, $\delta_w = 0,003$ м;
- расстояние между резервуарами, l_p , м;
- наименование ЛВЖ – Октан;
- плотность ЛВЖ, $\rho_{ж} = 702,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$;
- уровень взлива ЛВЖ в резервуаре, $h_{ж}$, м;
- температура окружающей среды, t_f , °C;
- температура основной массы ЛВЖ, $t_{ж} = 24$ °C;
- температура самовоспламенения, $t_{св} = 215$ °C.

Вариант	l_p , м	$h_{ж}$, м	t_f , °C	$t_{ж}$, °C
1	2,0	4,0	24	24
2	2,5	3,6	25	22
3	3,0	3,0	30	27
4	1,7	3,5	20	20
5	1,5	3,7	34	30
6	1,8	4,5	37	30
7	1,9	4,8	28	25
8	2,0	5,0	20	19
9	2,5	3,0	22	21
10	3,0	3,5	27	27

Ответьте на теоретические вопросы:

1. Какие параметры, характеризуют пожарную опасность распространения пожара на резервуар, расположенный рядом с горящим резервуаром?

2. Укажите условия, характеризующие устойчивое состояние технологической системы «РВС – ЛВЖ» к воздействию возмущающих факторов пожара.

3. Укажите условия, характеризующие возможность факельного горения паров, выходящих из дыхательного клапана резервуара, расположенного рядом с горящим резервуаром.

4. Укажите условия, характеризующие возможность взрыва внутри резервуара с ЛВЖ, расположенного рядом с горящим резервуаром.

5. Укажите конструктивные элементы резервуара, расположенного рядом с горящим резервуаром, которые могут быть нагреты до температуры самовоспламенения, и послужить источником зажигания взрывоопасной паровоздушной смеси.

6. Какие гидродинамические и тепловые потоки положены в основу формирования нагретого поверхностного слоя ЛВЖ в резервуаре, расположенном рядом с горящим резервуаром?

Практическое занятие 4

Пожарно-техническая характеристика объекта анализа пожарной опасности

Цель практического занятия: приобретение, отработка и закрепление практических умений и навыков применения теоретических знаний при решении практических задач, связанных с оценкой пожарной опасности технологических систем.

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части. В результате выполнения практического занятия студент должен знать особенности функционирования технологических систем, уметь определять параметры опасных зон, а также владеть навыками анализа пожарной опасности заданной технологической системы.

Актуальность темы практического занятия: обусловлена влиянием на поведение технологической системы различных факторов окружающей среды.

Теоретическая часть

Для проведения анализа пожарной опасности технологической системы необходимо подготовить информационную базу.

Информационная база, как правило, включает в себя следующие блоки:

- технология процесса;
- конструкция и оборудование технологической системы;
- показатели пожаровзрывоопасности, обращающихся веществ и материалов;

– климатические и метеорологические параметры, воздействующие на систему;

– принятые технические решения, обеспечивающие противопожарную защиту технологической системы.

В практикуме в соответствии с ГОСТ Р 12.3. 047 – 98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» отрабатываются основные элементы изучения технологии и подготовки информационной базы для проведения анализа пожарной опасности.

Вопросы и задания

1. Подготовить для работы следующую литературу:

– Федеральный закон РФ от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;

– Справочник под редакцией А.Н. Баратова и А.Я. Корольченко «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения» (Справочное издание в 2 книгах.М., Химия, 1990),

– СНиП 23 – 01 – 99. «Строительная климатология»;

– РД 34.21.122 – 87. «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений».

2. Записать название и цель работы, на решение которой направлено выполнение данной работы.

3. Изучить суть технологии, конструкцию и оборудование резервуара для хранения химических продуктов (приложение А).

4. Нарисовать схему конструкции резервуара с указанием оборудования, расположенного на нем.

5. Изучить по справочной литературе показатели пожаровзрывоопасности химического продукта и заполнить табл. 1.1.

6. Определить географическую широту расположения терминала химических продуктов.

7. Заполнить табл. 1.2 «Статистические данные по метеоусловиям региона».

8. Заполнить анкету технических решений, обеспечивающих противопожарную защиту резервуарной группы терминала химических продуктов.

Порядок выполнения работы

1 . *Технология процесса, конструкция и оборудование технологической системы.* При изложении описания технологии привести краткие сведения о функциональном назначении химического терминала.

На схеме конструкции и оборудования резервуара указать его основные параметры: вместимость, диаметр, высоту, толщину стенки верхнего пояса.

2. *Показатели пожаровзрывоопасности.* Показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов в практической работе используют как для проведения анализа пожарной опасности технологических систем, так и для получения исходных данных при разработке систем по обеспечению пожарной безопасности взрывопожароопасных технологий.

Определение пожаровзрывоопасных свойств веществ и материалов производят по справочным данным, опубликованным головными научно-исследовательскими организациями в области пожарной безопасности или выданных Государственной службой стандартных справочных данных.

Рекомендации по пользованию справочником под редакцией А. Н. Баратова и А. Я. Корольченко «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения» (Справочное издание в 2 книгах. М., Химия, 1990).

— зависимость давления насыщенного пара от температуры в основном указана в виде уравнения Антуана. Расчетное уравнение позволяет определить давление насыщенного пара в кПа;

— для некоторых веществ теплота сгорания Q^* приведена в кДж/моль.

Для перевода в размерность МДж/кг формула имеет вид

$$Q = \frac{Q^*}{M}$$

где M – молярная масса.

Основные показатели пожаровзрывоопасных свойств ЛВЖ заносят в табл.1.1.

Таблица 1.1 Показатели пожаровзрывоопасности__

(наименование ЛВЖ) Наименование показателя	Значение
Молярная масса	
Плотность ЛВЖ, кг/м ³	
Температура вспышки, °С	
Температура самовоспламенения, °С	
Температурные пределы распространения пламени, °С: нижний верхний	
Концентрационные пределы распространения пламени, % (об.): нижний верхний	
Константы уравнения Антуана:	$A_A = \underline{\hspace{2cm}}$ $B_A = \underline{\hspace{2cm}}$ $C_A = \underline{\hspace{2cm}}$
Теплота сгорания, МДж/кг	
Массовая скорость выгорания, кг*м ⁻² *с ⁻¹	
Средства тушения	

При отсутствии некоторых справочных данных о показателях пожаровзрывоопасности, в табл. 1.1, делают прочерк.

3. Климатические параметры.

Концентрация паров в резервуаре, которая обуславливает состояние взрывоопасности резервуара, зависит от теплового режима резервуара. Источником существенных тепловых изменений, происходящих в резервуаре, являются метеоусловия региона.

Район расположения склада ЛВЖ и ГЖ принимают по прил. 1.

Географическая широта региона $\psi = \underline{\hspace{2cm}}$ °;

Значения среднемесячной температуры воздуха и максимальной амплитуды колебаний температуры окружающего воздуха для регионов России приведены в СНиП 23 – 01 – 99. «Строительная климатология».

При отсутствии СНиП 23 – 01 – 99. «Строительная климатология» допускается определять значения среднемесячной температуры воздуха по табл. 1 СНиП 2.01.01 – 82 «Строительная климатология и геофизика», а значения максимальной амплитуды колебаний температуры окружающего воздуха по табл. 2. СНиП 2.01.01 – 82.

Результаты определения среднемесячной температуры воздуха и максимальной амплитуды колебаний температуры окружающего воздуха заносят в табл. 1.2.

Таблица 1.2 Статистические данные по метеоусловиям региона

Температура воздуха, °С	Порядковый номер месяца года											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднемесячная												
Максимальная амплитуда												

Число безоблачных дней в июле месяце, $N_{с.дн} =$ _____. (см. приложение 1).

5. Обязательные и добровольные требования пожарной безопасности

Таблица 1.3. Обязательные и добровольные требования пожарной безопасности

№ п/п	Направление защиты	№ пункта	Количественная характеристика
1	Категория склада по ФЗ N 123-ФЗ		
2	Противопожарное расстояния до соседних объектов по ФЗ № 123-ФЗ		
3	Противопожарное расстояния между резервуарами		
4	Ограничение разлива жидкости (защитное обвалование)		
5	Противопожарное водоснабжение		
6	Системы пожаротушения резервуаров		
7	Системы водяного орошения резервуаров		
8	Система молниезащиты резервуаров - тип зоны защиты - категория молниезащиты	Табл. 1. Пункт 3. РД 34.21.122 – 87.	

Здесь требуется указать в анкете технических решений конкретные значения нормативных требований применительно к резервуарной группе по заданию.

Ответьте на теоретические вопросы:

1. Укажите основные блоки информационной базы для проведения анализа пожарной опасности технологической системы.

2. Укажите основное оборудование, которое устанавливается на резервуаре.

3. Назначение дыхательного клапана и принцип его работы.

5. Укажите основные источники информации, по которым допускается определять пожаровзрывоопасные свойства веществ и материалов.

6. Область применения показателя пожаровзрывоопасности «температура вспышки».

7. Область применения показателя пожаровзрывоопасности «температура самовоспламенения».

8. Область применения показателя пожаровзрывоопасности «концентрационные пределы распространения пламени».

9. Область применения показателя пожаровзрывоопасности «минимальная флегматизирующая концентрация».

Терминал химических продуктов предназначен для приема, хранения и отгрузки жидких химических продуктов по схеме – технологическая установка – насос – резервуар – насос – цистерна. Перечень хранимых продуктов на терминале приведен в табл. А.1.

Таблица А.1 Перечень хранимых продуктов на терминале

Наименование хранимого химического продукта № п/п	Наименование	№ п/п	Наименование

1	Бутилацетат	16	Этилбензол
2	Бутилметилкетон	17	Этилбутират
3	Пропиловый спирт	18	Толуол
4	Этиловый спирт	19	Метанол
5	Изобутилметилкетон	20	Метилбутират
6	Растворитель РМЛ	21	Октан
7	Изобутилформиат	22	Пропиловый спирт
8	Изопропилацетат	23	Метиловый спирт
9	Изопропиловый спирт	24	3,3-Диметилгептан
10	Этанол	25	2,3-Диметилгексан
11	Изобутилметилкетон	26	Изобутилформиат
12	Ксилол (смесь изомеров)	27	Бутилформиат
13	Метилбутират	28	Аллиловый спирт
14	Метиловый спирт	29	Изооктан
15	Аллиловый спирт	30	Изобутиловый спирт

В основу проекта положены следующие технические решения:

- хранение химических продуктов в резервуарном парке (Номенклатура резервуаров со стационарной крышей для хранения химических продуктов приведена в табл. А.2);
- отгрузка химических продуктов в железнодорожные цистерны;
- после окончания проведения операции налива продукта в железнодорожные цистерны производится продувка технологической линии (насос – трубопровод) азотом.

Таблица А.2 Номенклатура стальных вертикальных резервуаров со стационарной крышей

Вариант	Номинальная вместимость, м ³	Размеры резервуара, м		Толщина стенки верхнего пояса, мм
		диаметр	высота	
1-5	100	4,7	6,0	3
6-10	200	6,6	6,0	3
11-15	300	7,6	7,5	3
16-20	400	8,5	7,5	3
21-25	700	10,4	9,0	3
26-30	1000	10,4	12,0	4

2. Конструкция и оборудование резервуара

Для хранения химических продуктов применяют в стальные вертикальные цилиндрические резервуары (РВС) (рис.А.1).



Схема расположения оборудования на резервуаре приведена на рис. А.2.

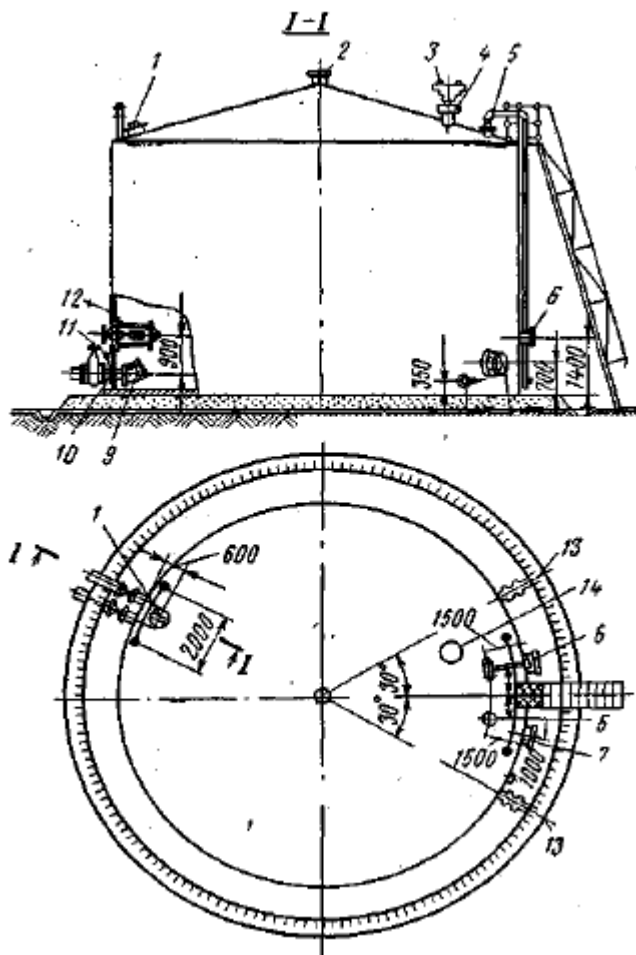


Рис. А.2. Схема расположения оборудования на вертикальных резервуарах:

1 – световой люк; 2 – вентиляционный патрубок; 3 – дыхательный клапан; 4 – огневой предохранитель; 5 – замерный люк; 6 – прибор для замера уровня;

7 – люк-лаз; 8 – сифонный кран; 9 – хлопушка; 10 – приемораздаточный патрубок; 11 – перепускное устройство;

12 – узел управления хлопушкой; 13 – крайнее положение приемораздаточных патрубков по отношению к оси лестницы; 14 – предохранительный клапан.

Дыхательный клапан (рис. А.3) предназначен для сокращения потерь продуктов от испарения в резервуаре. Исходя из условия прочности и устойчивости конструкции резервуаров дыхательные клапаны рассчитаны на давление 200 мм вод.ст. и вакуум 25 мм вод. ст.

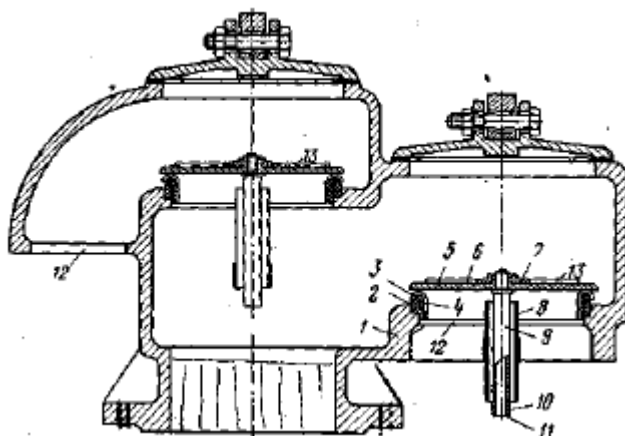


Рис. А.3. Дыхательный клапан:

1 – корпус; 2 – кольцо;
3 – седло; 4 – покрытие (фторопласт-4); 5 – тарелка;
6 – пленка (фторопласт-4); 7 – прижимная гайка;
8 – направляющая фторопластовая трубка; 9 – шток; 10 – пленка (фторопласт-4); 11 – стержень; 12 – сетка; 13 – грузы

Предохранительные клапаны предназначены для дублирования работы дыхательных клапанов в случае выхода их из строя.

Указатель уровня (рис. (А.4) используют для измерения уровня жидкости в резервуаре. Указатели бывают как с местным отсчетом уровня, так и с дистанционной приставкой для передачи показаний в диспетчерский пункт.

Поплавок 10 (рис. А.4), подвешенный на перфорированной мерной

ленте 9, при движении скользит вдоль направляющих струн 8, жестко закрепленных на дне резервуара и натянутых при помощи устройств 7, установленных на крыше выходного патрубка. Лента по роликам 6 проходит через гидрозатвор 5 и вступает в зацепление с мерным шкивом 4, перемещение которого от ленты передается на счетчик. Показания счетчика соответствуют жидкости в резервуаре.

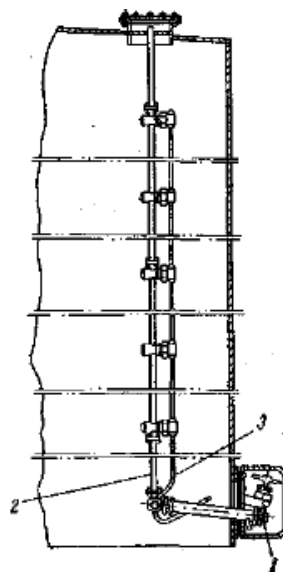
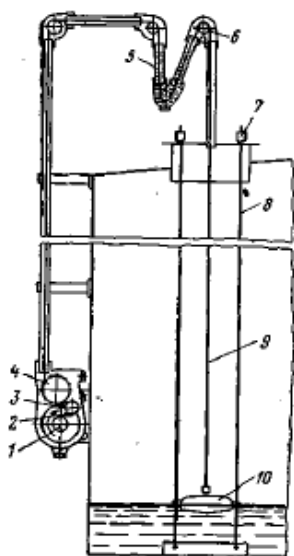


Рис. А.4 - Схема установки указателя уровня УДУ-5 Рис. А.5. Пробоотборник ПСР-4

Пробоотборник применяют для полуавтоматического отбора проб по всей высоте налитой в резервуар жидкости и слива пробы у основания резервуара.

Пробоотборник ПСР-4 (рис. А.5) состоит из пробоотборной колонны и узла 1 слива пробы. Для отбора пробы жидкости в пневмосистеме при помощи ручного насоса создают давление, равное 3 кгс/см². При этом открываются все клапаны на секциях пробоотборной колонны и жидкость поступает в колонну.

После ее заполнения давление в системе снижают до нуля с помощью клапана сброса давления. Клапаны закрываются, и столб жидкости отсекается от основной массы жидкости. После этого, нажимая на рукоятку клапана слива пробы, жидкость сливают в пробоотборную посуду.

1 – стопор; 2 – втулка сальника; 3 – сальниковая набивка; 4 – корпус сальника; 5 – вал подъемника; 6 – барабан; 7 – трос подъемника; 8 – запасной трос; 9 – хлопушка; 10 – перепускное устройство; 11 – штурвал

Люк - лаз предназначен для доступа внутрь резервуара рабочих для ремонта и зачистки скопившейся на дне грязи и для вентиляции резервуара перед проведением огневых работ. Диаметр его принимается обычно равным 500 мм.

Водоспускной кран (рис. А.7) служит для периодического удаления

подтоварной воды, собирающейся над днищем резервуара.

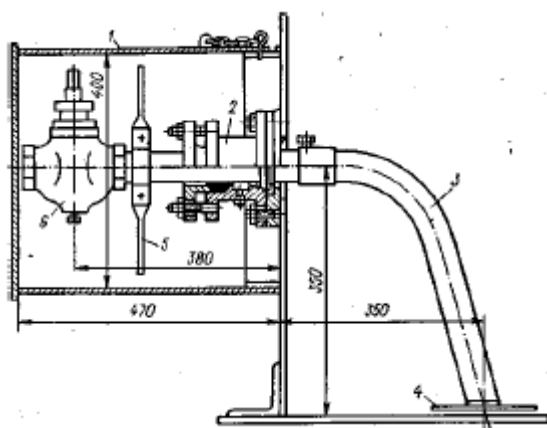


Рис. А.7. Водоспускной сифонный кран:

1 – защитный чехол; 2 –сальниковое уплотнение; 3 – патрубок; 4 – защитная диафрагма; 5 – поворотная ручка; 6 – пробковый кран

3. Район расположения терминала

Таблица А.3

№ п/п	Район расположения терминала	Число безоблачных дней в июле	№ п/п	Район расположения терминала	Число безоблачных дней в июле
1	Уфа	25	16	Оренбург	28
2	Архангельск	18	17	Пенза	26
3	Санкт-Петербург	19	18	Махачкала	28
4	Москва	23	19	Новосибирск	22
5	Владивосток	25	20	Калининград	21
6	Псков	21	21	Элиста	27
7	Тюмень	25	22	Кострома	23
8	Казань	24	23	Кемерово	25
9	Иркутск	23	24	Киров	21
10	Воронеж	25	25	Сыктывкар	20
11	Барнаул	27	26	Красноярск	25
12	Улан-Удэ	26	27	Краснодар	28
13	Курск	23	28	Новороссийск	27
14	Челябинск	24	29	Астрахань	29
15	Саратов	27	30	Благовещенск	21

Практическое занятие 5

Расчет параметров волны давления при взрыве резервуара с перегретой жидкостью или сжиженным газом при воздействии на него очага пожара

Цель практического занятия: отработать методику оценки параметров взрывов резервуаров

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части. В результате выполнения практического занятия студент должен знать особенности поведения резервуара с перегретой жидкостью при воздействии на него очага пожара, уметь рассчитывать параметры волны давления при взрыве резервуара, а также владеть навыками применения методики оценки последствий взрыва.

Актуальность темы практического занятия: обусловлена наличием в резервуарных парках рядом расположенных резервуаров.

Теоретическая часть

При попадании замкнутого резервуара со сжиженным газом или жидкостью в очаг пожара может происходить нагрев содержимого резервуара до температуры, существенно превышающей нормальную температуру кипения, с соответствующим повышением давления. За счет нагрева несмоченных стенок сосуда уменьшается предел прочности их материала, в результате чего при определенных условиях оказывается возможным разрыв резервуара с возникновением волн давления и образованием «огненного шара». Порядок расчета параметров волн давления изложен ниже.

Разрыв резервуара в очаге пожара с образованием волн давления получил название BLEVE (BoilingLiquidExpandingVapourExplosion — взрыв расширяющихся паров вскипающей жидкости).

Возможность возникновения BLEVE для конкретного вещества, хранящегося в замкнутой емкости, определяют следующим образом.

1 Рассчитывают δ по формуле

$$\delta = C_p (T - T_{кин}) / L, \quad (1)$$

где C_p — удельная теплоемкость жидкой фазы, Дж/кг;

T — температура жидкой фазы, соответствующая температуре насыщенного пара при давлении срабатывания предохранительного клапана, К;

$T_{кин}$ — температура кипения вещества при нормальном давлении, К;

L — удельная теплота испарения при нормальной температуре кипения $T_{кин}$, Дж/кг.

2. Если $\delta < 0,35$, BLEVE не происходит. При $\delta \geq 0,35$ вероятность возникновения данного явления велика.

Параметрами волны давления, образующейся при BLEVE, являются избыточное давление в положительной фазе волны Δp и безразмерный импульс положительной фазы волны i .

Δp , кПа, и i , Па·с, рассчитывают по формулам:

$$\Delta p = p_0 (0,8 m_{np}^{0,33} / r + 3 m_{np}^{0,66} / r^2 + 5 m_{np} / r^3), \quad (2)$$

$$i = 123 m_{np}^{0,66} / r, \quad (3)$$

где p_0 — атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

r — расстояние до разрушающегося технологического оборудования, м;

m_{np} — приведенная масса, кг, рассчитанная по формуле

$$m_{np} = E_{уз} / Q_0, \quad (4)$$

где $E_{из}$ — энергия, выделяющаяся при изэнтропическом расширении среды, находящейся в резервуаре, Дж;

Q_0 — константа, равная $4,52 \cdot 10^6$ Дж/кг.

$E_{из}$, Дж, рассчитывают по формуле

$$E_{из} = C_{эфф} m (T - T_{кип}). \quad (5)$$

где m — масса вещества в резервуаре, кг;

$C_{эфф}$ — константа, равная 500 Дж/(кг·К);

T — температура вещества в резервуаре в момент его взрыва, К;

$T_{кип}$ — температура кипения вещества при атмосферном давлении, К.

При наличии в резервуаре предохранительного клапана T , К, допускается рассчитывать по формуле

$$T = \frac{B}{A - \lg p_k} - C_a + 273,15, \quad (6)$$

где A , B , C_a — константы Антуана вещества;

p_k — давление срабатывания предохранительного клапана, кПа.

Константа A должна соответствовать давлению, выраженному в килопаскалях.

Вопросы и задания

1. Оценить возможность возникновения BLEVE для ацетона, бензина, этиленгликоля и нитробензола, если давление срабатывания предохранительного клапана $p_k = 1,8$ кПа

2. Рассчитать параметры положительной фазы волны давления на расстоянии r от эпицентра аварии, связанной с развитием BLEVE на железнодорожной цистерне вместимостью 50 м^3 с массой $m = 40000$ кг жидкого пропана. Цистерна имеет предохранительный клапан на давление срабатывания $p_k = 2,0$ МПа. Расстояние до разрушающегося технологического оборудования $r = 500$ м. Температура кипения вещества при атмосферном давлении $T_{кип} = 231,1$ К. Удельная теплота испарения при нормальной температуре кипения $L = 378,9$ кДж/кг.

Константы Антуана для пропана: $A = 5,949$; $B = 812,648$; $C_a = 247,55$.

Общие константы: $Q_0 = 4,52 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$; $C_{\text{эфф}} = 500 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$.

Таблица 1 - Справочные данные об удельной теплоемкости жидких веществ при 20°C

Название	$C_{pж}$ кДж/(кг °C)	Название	$C_{pж}$ кДж/(кг °C)
Ацетон	2,22	Масло минеральное	1,67...2,01
Бензин	2,09	Масло смазочное	1,67
Бензол (10°C)	1,42	Метиленхлорид	1,13
(40°C)	1,77	Метил хлорид	1,59
Вода чистая (0°C)	4,218	Морская вода (18°C)	
(10°C)	4,192	0,5% соля	4,10
(20°C)	4,182	3% соля	3,93
(40°C)	4,178	6% соли	3,78
(60°C)	4,184	Нефть	0,88
(80°C)	4,196	Нитробензол	1,47
(100°C)	4,216	Парафин жидкий	2,13
Глицерин	2,43	Рассол (-10°C)	
Гудрон	2,09	20% соли	3,06
Деготь каменноугольный	2,09	30% соли	2,64...2,72
Дифенил	2,13	Ртуть	0,138
Довтерм	1,55	Скипидар	1,80
Керосин бытовой	1,88	Спирт метиловый (метанол)	2,47
Керосин бытовой (100°C)	2,01	Спирт нашатырный	4,73
Керосин тяжелый	2,09	Спирт этиловый (этанол)	2,39
Кислота азотная 100%-я	3,10	Толуол	1,72
Кислота серная 100%-я	1,34	Трихлорэтилен	0,93
Кислота соляная 17%-я	1,93	Хлороформ	1,00
Кислота угольная (- 190°C)	0,88	Этиленгликоль	2,30
Клей столярный	4,19	Эфир кремниевой кислоты	1,47

Удельная теплоемкость некоторых углеводородов

Сжиженный газ	Температура, °С	Удельная теплоемкость, кДж/(кг•°С)
Метан	-95,1	5,477
Этан	-93,1	2,990
Этилен	-103,1	2,415
Пропан	-42,1	2,230
Пропилен	-62,8	2,150

Таблица – Константы Ануана некоторых веществ

Наименование	Формула	Изображение	А	В	С
этиленгликоль	$C_2H_6O_2$		20,2501	6022,18	-28,25
ацетон	C_3H_6O		16,6513	2940,46	-35,93
нитробензол	C_6H_5N		16,0676	3295,12	-55,60
бензол	C_6H_6		15,9008	2788,51	-52,36

Практическое занятие 6

Расчет параметров воспламенения горючих пылей

Цель практического занятия: приобрести знания о поведении горючих пылей в различных условиях

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части. В результате выполнения практического занятия студент должен знать виды и свойства горючих пылей, уметь определять параметры опасных зон, а также владеть методикой оценки последствий аварийных ситуаций с горючими пылями.

Актуальность темы практического занятия: обусловлена широким применением технологических процессов с горючими пылями.

Теоретическая часть

Характеристики сгорания пылепаровоздушных смесей в технологическом аппарате

Сгорание пылевоздушной смеси в аппарате может протекать как в режиме медленного, дозвукового горения, так и в режиме детонации. В подавляющем большинстве практических случаев встречается медленный (дефлаграционный) режим горения.

Основными расчетными (в предположении достаточной стойкости корпуса аппарата к напряжениям разрыва и деформации) характеристиками взрыва пылевоздушных смесей в аппарате считают:

- p_{max} — максимальное давление при сгорании пылевоздушной смеси в аппарате, кПа, определяемое как наибольшее давление при сгорании, достигаемое в объеме аппарата при взрывном горении оптимальной пылевоздушной смеси;

- $(dp/dt)_{max}$ — максимальную скорость нарастания давления при сгорании пылевоздушной смеси в аппарате, кПа/с, определяемую как наибольший наклон зависимости давления при сгорании оптимальной пылевоздушной смеси в аппарате от времени при точечном зажигании в оптимальном месте;

- K_{st} — индекс взрывопожароопасности пыли, кПа/м · с; $K_{st} = (dp/dt)_{max} V^{1/3}$ (V — объем аппарата, м³).

Для не слишком протяженных технологических аппаратов объемом свыше 16 л справедливы эмпирические правила, в соответствии с которыми:

$$p_{max1} = p_{max2}; \quad (1)$$

$$K_{st1} = K_{st2},$$

где 1,2 — индексы, относящиеся к двум произвольно выбранным аппаратам.

Для аппарата объемом менее 16 л расчетные значения характеристик

сгорания пылевоздушных смесей (по результатам испытаний в крупномасштабной емкости) обладают достаточным запасом надежности.

Оценка расчетных значений параметров сгорания пылевоздушных смесей для протяженных аппаратов (с отношением максимального габаритного размера к минимальному порядка 5 и более), а также горения, протекающего в режиме детонации, возможна на основе экспертных заключений.

Расчет избыточного давления при сгорании пылевоздушной смеси в помещении

Избыточное давление при сгорании пылевоздушной смеси Δp , кПа, рассчитывают по формуле

$$\Delta p = \frac{MH_m p_0 Z}{V_{св} \rho_g C_p T_0 K_n}, \quad (2)$$

где M — расчетная масса взвешенной в объеме помещения горючей пыли, образовавшейся в результате аварийной ситуации, кг (определяется по формуле (4));

H_m — теплота сгорания пыли, Дж/кг;

p_0 — начальное атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

Z — доля участия взвешенной горючей пыли при сгорании пылевоздушной смеси;

Z рассчитывают по формуле

$$Z = 0,5F, \quad (3)$$

где F — массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого аэрозвесь становится взрывобезопасной, т. е. неспособной распространять пламя.

В отсутствие возможности получения сведений для расчета Z допускается принимать $Z = 0,5$.

$V_{св}$ — свободный объем помещения, м³;

ρ_e — плотность воздуха до сгорания пылевоздушной смеси при начальной температуре T_0 , кг/м³;

C_p — теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К) [допускается принимать равной 1010 Дж/(кг·К)];

T_0 — начальная температура воздуха, К;

K_n — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения.

Допускается принимать K_n равным трем.

К пылям, способным образовывать горючие пылевоздушные смеси, относят дисперсные материалы, характеризующиеся наличием показателей пожарной опасности: нижним концентрационным пределом распространения пламени, максимальным давлением, развиваемым при сгорании пылевоздушной смеси (более 50 кПа), и скоростью его нарастания, минимальным пожароопасным содержанием кислорода (менее 21 %).

Расчетная масса взвешенной в объеме помещения горючей пыли, образовавшейся в результате аварийной ситуации M , кг, рассчитывают по формуле

$$M = \min \begin{cases} M_{вз} + M_{ав}; \\ \rho_{см} V_{ав} / Z, \end{cases} \quad (4)$$

где $M_{вз}$ — расчетная масса взвихрившейся пыли, кг;

$M_{ав}$ — расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, кг;

$\rho_{см}$ — стехиометрическая концентрация горючей пыли в аэровзвеси, кг/м³;

$V_{ав}$ — расчетный объем пылевоздушного облака, образованного при аварийной ситуации в объеме помещения, м³.

В отсутствие возможности получения сведений для расчета $V_{ав}$ допускается принимать

$$M = M_{\text{вз}} + M_{\text{ав}}.$$

Расчетная масса взвихрившейся пыли $M_{\text{вз}}$ кг рассчитывают по формуле

$$M_{\text{вз}} = K_{\text{вз}} M_n, \quad (5)$$

где $K_{\text{вз}}$ — доля отложенной в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. В отсутствие экспериментальных сведений о $K_{\text{вз}}$ допускается полагать $K_{\text{вз}} = 0,9$;

M_n — масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг.

Расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации $M_{\text{ав}}$, кг рассчитывают по формуле

$$M_{\text{ав}} = (M_{\text{ан}} + qT) K_n, \quad (6)$$

где $M_{\text{ан}}$ — масса горючей пыли, выбрасываемой в помещение при разгерметизации одного из технологических аппаратов, кг. При отсутствии ограничивающих выброс пыли инженерных устройств следует полагать, что в момент расчетной аварии происходит аварийный выброс в помещение всей находившейся в аппарате пыли;

q — производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, кг/с;

T — расчетное время отключения, определяемое в каждом конкретном случае, исходя из реальной обстановки. Следует принимать равным времени срабатывания системы автоматики, если вероятность ее отказа не превышает 0,000001 в год; 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год; 300 с при ручном отключении;

K_n — коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. В отсутствие экспериментальных сведений о K_n допускается полагать:

- $K_n = 0,5$ — для пылей с дисперсностью не менее 350 мкм;

- $K_n = 1,0$ — для пылей с дисперсностью менее 350 мкм.

Масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии M_n , кг

рассчитывают по формуле

$$M_n = \frac{K_z}{K_y} (M_1 + M_2), \quad (7)$$

где K_z — доля горючей пыли в общей массе отложений пыли;

K_y — коэффициент эффективности пылеуборки. Принимают равным 0,6 при сухой и 0,7 — при влажной (ручной) пылеуборке; при механизированной вакуумной пылеуборке для ровного пола K_y принимается равным 0,9, для пола с выбоинами (до 5 % площади) — 0,7;

M_1 — масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между генеральными уборками, кг;

M_2 — масса пыли, оседающей на доступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими пылеуборками, кг.

Под труднодоступными для уборки площадями подразумевают такие поверхности в производственных помещениях, очистка которых осуществляется только при генеральных пылеуборках. Доступными для уборки местами являются поверхности, пыль с которых удаляется в процессе текущих пылеуборок (ежесменно, ежесуточно и т.п.).

M_k ($k = 1, 2$) рассчитывают по формулам

$$M_1 = M'_1(1-A)B_1, \quad M_2 = M'_2(1-A)B_2, \quad (8)$$

где $M'_1 = (M_{11} + M_{12} + \dots + M_{1n})$ — масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период времени между генеральными пылеуборками, кг;

$M_{11}, \dots, M_{1n}$ — масса пыли, выделяемая соответствующей единицей пылящего оборудования за тот же период времени, кг;

$M'_2 = (M_{21} + M_{22} + \dots + M_{2n})$ — масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период времени между текущими пылеуборками, кг;

$M_{21}, \dots, M_{2n}$ — масса пыли, выделяемая соответствующей единицей пылящего оборудования за тот же период времени, кг;

A — доля выделяющейся в объем помещения пыли, которая удаляется

вытяжными вентиляционными системами. В отсутствие экспериментальных сведений об A полагают $A = 0$;

B_1, B_2 — доли выделяющейся в объем помещения пыли, оседающей соответственно на труднодоступных и доступных для уборки поверхностях помещения ($B_1 + B_2 = 1$).

При отсутствии сведений о коэффициентах B_1 и B_2 допускается полагать $B_1 = 1, B_2 = 0$.

M_1 и M_2 могут быть определены экспериментально (или по аналогии с действующими образцами производства) в период максимальной загрузки оборудования по формуле

$$M_i = \sum_j (G_{ij} F_{ij}) T_i, \quad (9)$$

где G_{ij}, F_{ij} — соответственно интенсивность пылеосаждения и площадь для труднодоступных ($i = 1$) и доступных ($i = 2$) участков;

j — номер участка пылеосаждения;

T_i — промежуток времени между генеральными ($i = 1$) и текущими ($i = 2$) пылеуборками.

Вопросы и задания

1. Определить массу взвешенной в объеме помещения горючей пыли, образовавшейся при аварийной разгерметизации аппарата, содержащего M_{an} , кг полиэтиленовой пыли дисперсностью 200 мкм. При расчетах учитывать:

- производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, q кг/с;

- отключение аварийной установки — ручное;

- K_2 — доля горючей пыли в общей массе отложений пыли

- в помещении производится механизированная уборка на ровном полу;

– масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между генеральными уборками, M_1 , кг;

– масса пыли, оседающей на доступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими пылеуборками, M_2 , кг.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Вариант	M_{an} , кг	q кг/с	K_2	M_1 , кг	M_2 , кг
1	10	0,5	0,8	500	300
2	12	0,6	0,7	400	180
3	15	0,7	0,9	300	220
4	20	0,4	0,65	200	150
5	18	0,5	0,8	600	400
6	10	0,6	0,7	500	220
7	14	0,7	0,9	400	300
8	22	0,8	0,65	300	170
9	28	0,5	0,8	500	300
10	25	0,6	0,7	400	180
11	14	0,7	0,9	300	220
12	16	0,8	0,65	200	150
13	18	0,5	0,8	600	400
14	21	0,6	0,7	500	220
15	24	0,7	0,9	400	300

2. Рассчитать избыточное давление при сгорании полиэтиленовой пыли в помещении для следующих исходных данных: $M_{вз}$ кг; $M_{ав}$ кг; F ; H_m , Дж/кг; $V_{св}$, м³; $V_{ав}$ м³; $P_в$ кг/м³; $T_o = 298$ К; $\rho_{ст} = 0,1$ кг·м³.

3. Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Вариант	$M_{вз}$ кг	$M_{ав}$ кг	F	H_m , Дж/кг	$V_{ав}$ м ³	$V_{св}$, м ³	$P_в$ кг/м ³
1	10	90	0,3	47*10 ⁶	20	2000	1,2
2	11	80	0,4	40*10 ⁶	18	1800	1,1
3	12	70	0,3	40*10 ⁶	15	1600	1,0
4	13	85	0,4	35*10 ⁶	14	2000	1,2
5	14	65	0,3	37*10 ⁶	13	1800	1,3
6	15	85	0,4	27*10 ⁶	20	1900	1,4
7	16	70	0,3	32*10 ⁶	18	2200	1,5
8	17	65	0,4	35*10 ⁶	15	2000	1,2
9	18	90	0,3	52*10 ⁶	14	1800	1,1
10	19	80	0,4	47*10 ⁶	13	1600	1,2
11	20	70	0,3	44*10 ⁶	20	2000	1,1
12	14	85	0,4	45*10 ⁶	18	1800	1,0
13	15	65	0,3	42*10 ⁶	15	2000	1,2
14	16	85	0,4	41*10 ⁶	14	1800	1,3
15	17	70	0,3	47*10 ⁶	13	1600	1,4

Практическое занятие 7

Защита производственных коммуникаций от распространения пожара. Сухие огнепреградители

Цель практического занятия: приобретение знаний о способах защиты производственных коммуникаций от пожаров и взрывов

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части. В результате выполнения практического занятия студент должен знать устройства для защиты производственных коммуникаций, уметь определять параметры защитных устройств, а также владеть методикой оценки эффективности защитных устройств.

Актуальность темы практического занятия: обусловлена необходимостью защиты производственных коммуникаций от пожаров и взрывов.

Теоретическая часть

Сухими огнепреградителями защищают газовые и паровоздушные линии, в которых по условиям технологии или при нарушении нормального режима работы могут образоваться горючие концентрации.

Действие сухих огнепреградителей основано на гашении пламени в узких каналах, через которые свободно проходит горючая смесь, а пламя, разделенное на множество потоков, распространяться не может.

Согласно теории пределов распространения пламени, гашение его в узких каналах обусловлено тепловыми потерями из зоны реакции к стенкам канала. Если передача тепла из фронта пламени в исходную смесь является основным процессом, способствующим распространению пламени по холодной смеси, то передача тепла из зоны реакции стенкам канала и отвод

тепла в охлаждающиеся продукты сгорания являются процессами, тормозящими распространение пламени. В узких каналах потери тепла вызывают понижение температуры горения в зоне реакции, растяжение этой зоны, увеличение времени протекания реакции и уменьшение скорости распространения пламени. При уменьшении диаметра канала увеличивается его поверхность на единицу массы реагирующей смеси, т.е. возрастают потери тепла из зоны реакции на единицу массы смеси. Когда эти потери достигают некоторой критической величины, скорость реакции в пламени настолько уменьшается, что дальнейшее его распространение становится невозможным. Именно такие условия и создаются в сухих огнепреградителях.

Диаметр корпуса огнепреградителя для уменьшения гидравлического сопротивления имеет увеличенный размер по сравнению с диаметром защищаемого трубопровода. Для надежного соединения корпуса огнепреградителя с трубопроводом по обе его стороны имеются фланцы, диаметр которых соответствует диаметру защищаемого трубопровода.

По устройству огнепреградители разделяются *на ленточные, пластинчатые, сетчатые, с насадкой из гранулированного материала, с насадкой из пористого материала, из металлокерамики и металловолокна.*

По условиям локализации пламени огнепреградители можно разделить на *взрывостойкие, огнестойкие, стойкие к разгрузке давления и нагретых продуктов сгорания, детонационностойкие.*

По месту установки на оборудовании различают *сбросные огнепреградители* (на трубах для выброса горючих газов в атмосферу или на факел); *коммуникационные огнепреградители* (на межаппаратурных и междуховых коммуникациях) и *огнепреградители, устанавливаемые перед горелками.*

На рис. 1 показаны схемы огнепреградителей с различными типами огнепреграждающих насадок.

В сетчатых огнепреградителях используют медные, латунные и стальные

фильтровальные сетки. Для надежного гашения пламени применяют не одну, а несколько сеток, последовательно установленных на расстоянии примерно 10 мм друг от друга.

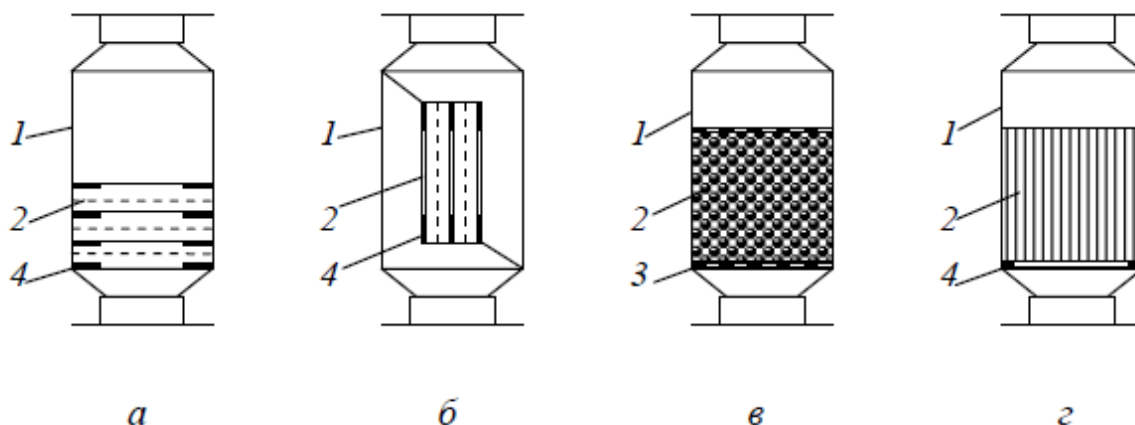


Рис. 1. Схемы основных видов огнепреградителей:

а – с горизонтальными сетками; *б* – с вертикальными сетками; *в* – с гравием (шариками, кольцами); *г* – со спирально свернутыми вместе гофрированной и плоской лентами; 1 – корпус; 2 – пламегасящая насадка; 3 – решетка; 4 – опорные кольца

Насадки из гранулированных тел (шариков, колец, гравия и т.п.) или волокон (стеклянной ваты, асбестовых волокон и т.п.) образуют каналы криволинейной формы.

Для защиты дыхательных труб резервуаров с ЛВЖ используют кассетные огнепреградители. Кассета изготавливается путем одновременного свивания гладкой и гофрированной лент, благодаря чему образуются каналы треугольной формы.

Для горючих смесей, имеющих большую скорость горения (например, для смесей ацетилена, этилена или водорода с воздухом), а также для смесей горючих веществ с кислородом применяют насадки из стеклянных или фарфоровых шариков диаметром не более 1 мм, а также из металлокерамических пластин или трубок.

Гашение пламени в узких каналах, как уже отмечалось, имеет тепловую природу. Пламя теряет способность распространяться, когда температура газа в области фронта пламени понижается ниже некоторой критической величины. Отвод тепла от газа в узком канале обеспечивается теплопроводностью газа. Выделение же тепла во фронте пламени определяется скоростью и кинетикой химической реакции горения. Интегральной характеристикой процесса горения является нормальная скорость распространения фронта пламени.

Критический диаметр канала огнепреграждающего элемента для сбросных огнепреградителей определяется выражением

$$d \leq 32,5RT\lambda / uc_{pp}. \quad (1)$$

где u – нормальная скорость распространения пламени; d – диаметр канала огнепреграждающего элемента; c_p – теплоемкость горючей смеси при постоянном давлении; p – давление горючей смеси; R – универсальная газовая постоянная; T – начальная температура горючей смеси; λ – теплопроводность горючей смеси.

Численные значения критических диаметров пламегасящих каналов для некоторых наиболее распространенных в промышленности стехиометрических смесей с воздухом при атмосферном давлении и комнатной температуре приведены в табл. 1.

Таблица 1

Смеси	d , мм	Смеси	d , мм
Аммиак NH_3 (при $T=425\text{ K}$)	22,1	Метанол CH_4O	2,69
Анилин $\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$ (при $T=375\text{ K}$)	2,84	Метилацетилен C_3H_4	2,05
Ацетальдегид $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	3,08	Оксид углерода CO_2	3,04
Ацетилен C_2H_2	9,84	Оксид этилена $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	1,60
Ацетон $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	2,45	Пентан C_5H_{12}	2,49
Бензин А-72	2,80	Пропан C_3H_8	2,60
Бензол C_6H_6	2,66	Пропилен C_3H_6	2,38
Бутан C_4H_{10}	2,49	Сероводород CS_2	0,75
Винилацетат $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$	5,34	Стирол C_8H_8	2,66
Винилацетилен C_4H_4	1,43	Толуол C_7H_8	3,78
Винилхлорид $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$	3,78	Уайт-спирит	2,45
Водород H_2	0,81	Уксусная кислота $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	5,59
Гексан C_6H_{14}	2,50	Циклогексан C_6H_{12}	2,66
Гептан C_7H_{16}	3,08	Циклопентан C_5H_{10}	4,63

Изобутан C ₄ H ₁₀	2,74	Этан C ₂ H ₆	2,38
Изопентан C ₅ H ₁₂	2,49	Этанол C ₂ H ₆ O	2,97
Метан CH ₄	3,53	Этилен C ₂ H ₄	1,75
Метанол CH ₄ O	2,69		

Пламегасящую способность огнепреградителя следует рассчитывать по каналу максимальных поперечных размеров, поскольку пламя в первую очередь пройдет именно по этому каналу. Если пламегасящим элементом служит кассета из плоской и гофрированной лент, то за диаметр канала следует принимать высоту, опущенную из вершины треугольного гофра на плоскую ленту. Диаметр канала в насадке из одинаковых шариков можно принимать в зависимости от диаметра шариков следующим образом (табл. 2).

Таблица 2

Диаметр шарика, мм	Диаметр канала, мм	Диаметр шарика, мм	Диаметр канала, мм
2	1,0	7	4,0
3	2,0	8	5,0
4	2,5	9	6,3
5	3,0	15	10,0
6	3,6		

Если насадка огнепреградителя выполнена в виде беспорядочно засыпанных колец Рашига, то диаметр канала такого пламегасящего слоя можно принимать, исходя из данных, приведенных в табл.3.

Таблица 3

Размер колец Рашига, мм	15×15	18×18	25×25	35×35
Диаметр канала, мм	10	15	20	25

Для огнепреградителей с насадками из гранулированных материалов и беспорядочно засыпанных колец Рашига необходимо принимать меры, исключая вредное влияние так называемого «краевого эффекта»: вследствие хаотического размещения гранул вблизи стенок корпуса возможно образование каналов больше среднего размера, особенно если размер гранул соизмерим с поперечным размером корпуса. Вероятность

проскока пламени через насадку вследствие «краевого эффекта» снижается с уменьшением отношения размера гранул или диаметра канала к поперечному размеру корпуса и к высоте слоя насадки. В связи с этим рекомендуется, чтобы поперечный размер корпуса огнепреградителя превышал размер одной гранулы не менее чем в 20 раз, а высота слоя насадки превышала диаметр ее канала не менее чем в 100 раз.

Вопросы и задания

1. Сделайте краткий конспект теоретической части работы;
2. Зарисуйте схемы основных видов огнепреградителей
3. Определить диаметр канала огнепреграждающего элемента, если насадка огнепреградителя выполнена:

А) в виде беспорядочно засыпанных колец Рашига размером 18×18;

Б) из одинаковых шариков диаметром 5 мм.

Определите поперечный размер корпуса огнепреградителя и высота слоя насадки.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации самостоятельной работы студентов
по дисциплине **«Пожарная безопасность технологических процессов»**
для студентов
направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
форма обучения: заочная

Введение

При изучении дисциплины «Пожарная безопасность технологических процессов» учебным планом предусмотрены аудиторные занятия (лекции и практические), а также самостоятельная работа студентов (СРС).

Основными формами работы и контроля СРС в данном курсе являются:

- самостоятельное изучение основного и дополнительного материала по темам, представленным в рабочей программе дисциплины. Отчет по данной форме контроля представляется в форме конспекта, проверяется с помощью собеседования или тестирования. Данное мероприятие сочетает письменную и устную формы деятельности студента; выявляет аналитические умения, навыки выделения смысловых центров текста;

- Выполнение курсовой работы;
- подготовка к экзамену

В методических указаниях представлены рекомендации по организации самостоятельной работы по данным направлениям.

Общая характеристика самостоятельной работы студента

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Пожарная безопасность технологических процессов» позволяет сформировать знания, умения и навыки бакалавров направления подготовки **20.03.01** «Техносферная безопасность», об основных опасностях и направлениях обеспечения безопасности технологических процессов и производств.

План-график выполнения самостоятельной работы

В соответствии с рабочими программами дисциплины «Пожарная безопасность технологических процессов» для самостоятельная работа студентов организуется по графику, представленному в таблице 1.

Таблица 1 – Виды самостоятельной работы студентов и формы их контроля

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки
Тема. Общие сведения о технологическом оборудовании пожаровзрывоопасных производств	Конспект	Собеседование, тестирование
Тема. Оценка пожаровзрывоопасности среды внутри технологического оборудования и способы обеспечения пожарной безопасности.	Конспект	Собеседование, тестирование
Тема. Оценка пожаровзрывоопасности среды снаружи нормально работающего технологического оборудования и способы обеспечения пожарной безопасности	Конспект	Собеседование, тестирование
Тема. Оценка пожаровзрывоопасности среды в зоне выхода горючих веществ из поврежденного технологического оборудования и способы обеспечения пожарной безопасности	Конспект	Собеседование, тестирование
Тема. Оценка параметров пожаровзрывоопасности при авариях и пожарах на наружных технологических установках.	Конспект	Собеседование, тестирование
Тема. Предупреждение распространения пожара путем ограничения количества горючих веществ и материалов в производстве	Конспект	Собеседование, тестирование

Тема. Предупреждение распространения пожара по производственным коммуникациям	Конспект	Собеседование, тестирование
Тема. Предупреждение распространения пожара при разрушении технологического оборудования	Конспект	Собеседование, тестирование
Тема. Пожарная опасность и способы обеспечения пожарной безопасности процессов нагрева и охлаждения горючих веществ	Конспект	Собеседование, тестирование
Подготовка к экзамену	Сдача экзамена	Собеседование
Выполнение расчетно-графической работы	Курсовая работа	Курсовая работа

Подготовка к собеседованию

Проверка знаний материала лекционных и практических занятий проводится в виде собеседования (по всем темам) и тестирования (по некоторым темам при необходимости). Предполагается, что отдельные вопросы тем дисциплины изучаются студентами самостоятельно (таблица 1). Знания указанных вопросов проверяется наличием конспектов и собеседованием. Паспорт форта тестовых заданий представлен в ФОС.

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя собеседование по вопросам тем дисциплины.

Данное оценочное мероприятия проводится на каждом практическом и (или) семинарском занятии на основании материалов и знаний, полученных на лекциях, а также при изучении основной и дополнительной литературы. Для подготовки к данному оценочному мероприятию студенту необходимо подготовить устные ответы на вопросы собеседования, либо законспектировать данные ответы в тетрадь (не обязательно)

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования материалами лекций, основной и дополнительной литературы, а также Интернет-ресурсов.

При проверке задания, оцениваются:

- правильность ответов;
- чёткое знание терминологии;

- умение грамотно, четко и последовательно излагать материал;
- использование дополнительной литературы при подготовке;
- умение анализировать теоретический материал и сопоставлять его с практикой;
- знание статистических данных об изучаемых процессах и явлениях;
- умение приводить конкретные примеры.

В процессе самостоятельного изучения отдельных вопросов тем дисциплины рекомендуется работа с литературой, перечень которой приведен в конце методических указаний.

Вопросы для собеседования (самопроверки)

Тема. Общие сведения о технологическом оборудовании пожаровзрывоопасных производств

1. Какие принципы обеспечения пожарной безопасности изложены в ГОСТ 12.1.004-91?
2. Какие общие требования по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов изложены в ГОСТ Р 12.3.047-98?
3. Как классифицируются технологические процессы согласно ГОСТ Р 12.3.047-98?
4. Что такое критерий аддитивности и для чего его определяют?
5. К какому виду относится технологический процесс, для которого критерий аддитивности больше или равен 1?
6. К какому виду относится технологический процесс, для которого критерий аддитивности меньше 1?
7. Что такое пороговое количество опасного вещества и для каких классов веществ оно установлено?
8. В чем заключается сущность анализа пожарной опасности технологического процесса повышенной опасности?
9. В каком случае считается безусловно выполненной пожарная безопасность технологического процесса повышенной опасности?

10. В каком случае эксплуатация технологического процесса повышенной опасности является недопустимой?

11. Что требуется предпринять, если риски при эксплуатации технологического процесса повышенной опасности превышают допустимые значения?

12. В каком случае допускается использовать иные критерии пожарной безопасности технологического процесса, отличные от рисков?

13. Какие иные критерии, отличные от рисков, допускается использовать для оценки пожарной безопасности технологического процесса?

14. В чем заключается сущность анализа пожарной опасности технологического процесса, отличного от процесса повышенной опасности?

15. Укажите типы технологических аппаратов в зависимости от степени их герметизации.

16. Как влияют свойства перерабатываемого вещества на выбор типа аппарата?

17. Поясните общее условие образования ВОК в технологическом оборудовании.

18. В каких случаях в аппаратах с горючими газами образуются ВОК?

19. Зачем при определении безопасной концентрации горючего вещества в аппарате вводят коэффициент запаса надежности?

20. Перечислите основные способы обеспечения взрывобезопасной эксплуатации герметичных аппаратов с ГГ.

21. Какие инертные газы применяются для флегматизации среды в аппаратах?

22. Как обеспечивают безопасные условия эксплуатации аппаратов с ГГ, работающих под вакуумом?

23. Как обеспечивают безопасные условия эксплуатации аппаратов, горючие смеси в которых по условиям технологии нельзя флегматизировать инертными газами?

24. Перечислите основные способы обеспечения взрывобезопасности дышащих аппаратов с ЛВЖ и ГЖ.

25. Поясните причины и условия образования ВОК в герметичных аппаратах с ЛВЖ и ГЖ.

26. Перечислите основные способы обеспечения взрывобезопасной эксплуатации герметичных аппаратов с ЛВЖ и ГЖ.

27. Поясните условие перехода осевшей пыли во взвешенное состояние.

28. Перечислите основные способы обеспечения взрывобезопасности оборудования с горючими пылями (волокнами).

29. По каким причинам происходит образование ВОК в аппаратах при их пуске в работу или остановке на ремонт?

30. Как предотвращают образование ВОК в технологическом оборудовании при его пуске в работу?

31. Как предотвращают образование ВОК в технологическом оборудовании при его остановке на осмотр или ремонт?

32. Напишите условие образования ВОК в аппарате с горючим газом и поясните его.

33. Как можно определить рабочую концентрацию ГГ в аппарате?

34. Напишите условия взрывобезопасной эксплуатации аппарата с ГГ и поясните их.

35. Как определить расчетом предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию флегматизатора?

36. Напишите условие взрывоопасности при эксплуатации открытого аппарата с ЛВЖ и поясните его.

37. Напишите условие взрывобезопасности при эксплуатации открытого аппарата с ЛВЖ и поясните его.

38. Перечислите способы и технические решения обеспечения пожаровзрывобезопасной эксплуатации открытых аппаратов с ЛВЖ и ГЖ.

39. Напишите условие образования ВОК в аппарате с неподвижным уровнем длительно хранящейся ЛВЖ и поясните его.

40. Напишите взрывобезопасные температурные условия эксплуатации аппаратов с неподвижным уровнем ЛВЖ и поясните их.

41. Напишите условия образования ВОК в дышащем аппарате с подвижным уровнем ЛВЖ и поясните их.

42. Напишите взрывобезопасное температурное условие эксплуатации аппарата с подвижным уровнем ЛВЖ и поясните его.

43. Напишите условия обеспечения взрывобезопасности при эксплуатации герметичных аппаратов с ЛВЖ и ГЖ и поясните их.

44. Напишите условие образования ВОК в аппарате с горючей пылью и поясните его.

45. Напишите взрывобезопасное условие эксплуатации аппарата с горючей пылью и поясните его.

Тема 4. Оценка пожаровзрывоопасности среды внутри технологического оборудования и способы обеспечения пожарной безопасности.

1. В каких случаях в открытых и дышащих могут образовываться и выделяться наружу горючие газы?

2. Как определить массу выделяющего водорода при зарядке аккумулятора?

3. Перечислите основные способы обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации в производственных помещениях открытых и дышащих аппаратов, из которых возможно выделение горючих газов.

4. Перечислите основные способы обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации на наружных установках открытых и дышащих аппаратов, из которых возможно выделение горючих газов.

5. По каким причинам происходят утечки горючих газов (перегретых паров) из нормально работающих герметичных аппаратов?

6. Как найти предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию горючего газа в производственном помещении?

7. Способствует ли выполнение требований промсанитарии обеспечению пожарной безопасности?

8. Перечислите основные способы обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации герметичных аппаратов с горючими газами.

9. Приведите примеры использования в промышленности открытых аппаратов с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями.

Тема 5. Оценка пожаровзрывоопасности среды снаружи нормально работающего технологического оборудования и способы обеспечения пожарной безопасности

1. При каком условии над поверхностью горючей жидкости может образоваться зона ВОК?

2. Как распределяется концентрация паров над поверхностью горючей жидкости при испарении в неподвижную среду?

3. Чему равна средняя концентрация паров над поверхностью испаряющейся в неподвижную среду горючей жидкости?

4. Поясните величины, входящие в формулу для определения массы испаряющейся горючей жидкости в неподвижную среду, и укажите область ее применения.

5. Что подразумевает термин «доля участия горючих паров в образовании зон ВОК»?

6. Вследствие чего происходит испарение жидкости в движущуюся среду?

7. Перечислите основные способы обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации открытых аппаратов с горючими жидкостями.

8. Приведите примеры дышащих аппаратов с горючими жидкостями и поясните, почему паровоздушная смесь из них выходит наружу?

9. К каким последствиям приводит выход паровоздушной смеси наружу из дышащего аппарата?

10. Перечислите способы обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации дышащих аппаратов.

11. Для чего служит дыхательный клапан?

12. Как устроен и работает дыхательный клапан ДК?

13. Как устроен и работает дыхательный клапан НДКМ?

14. Поясните, почему установка дисков-отражателей в резервуарах позволяет снизить потери паров?

15. Как устроена и работает газоуравнительная система?

16. Поясните сущность работы концевого обратного холодильника.

17. Укажите особенности эксплуатации производств, в которых обращаются горючие пыли или волокна, по сравнению с производствами, в которых обращаются горючие газы или жидкости.

18. Чем опасны потери пылевидных материалов при работе технологического оборудования?

19. Перечислите виды и основные способы уборки отложений пыли или волокон в помещениях.

20. Перечислите основные способы обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации открытых аппаратов с порошками, пылевидными материалами или волокнами.

21. Перечислите основные способы обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации дышащих аппаратов с порошками, пылевидными материалами или волокнами.

22. Перечислите основные способы обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации герметичных аппаратов с порошками, пылевидными материалами или волокнами.

23. Укажите причины выхода горючих веществ из периодически действующих аппаратов.

24. Перечислите основные способы обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации периодически действующих аппаратов

1. Определите массу выделяющегося ацетилена при взаимодействии 1 кг карбида кальция с водой.

2. Как оценить объем зоны ВОК вблизи места выделения горючего газа?

3. Какие факторы влияют на интенсивность утечек горючих газов (перегретых паров) из нормально работающих герметичных аппаратов?

4. Как определить концентрацию горючего газа в производственном помещении при отсутствии воздухообмена?

5. Как определить концентрацию горючего газа в производственном помещении при наличии воздухообмена?

6. Покажите на графике $\phi = f(\tau, h)$ вид зоны ВОК над поверхностью испаряющейся в неподвижную среду горючей жидкости при $\phi_n \leq \phi_s \leq \phi_v$.

7. Покажите на графике $\phi = f(\tau, h)$ вид зоны ВОК над поверхностью испаряющейся в неподвижную среду горючей жидкости при $\phi_s > \phi_v$.

8. Поясните, каким образом можно определить объем зоны ВОК при испарении горючей жидкости в неподвижную среду?

9. Как определить долю участия горючих паров в образовании зоны ВОК при $\phi_n \leq \phi_s \leq \phi_v$?

10. Как определить долю участия горючих паров в образовании зоны ВОК при $\phi_s > \phi_v$?

11. От чего зависят параметры зон ВОК при испарении горючей жидкости в неподвижную среду?

12. Поясните величины, входящие в уравнение массопередачи.

13. Чему равна средняя движущая сила процесса массопереноса?
14. Поясните величины, входящие в эмпирическую зависимость для определения массы испарившейся жидкости.
15. При каком условии вблизи дыхательного патрубка может образоваться зона ВОК?
16. Выведите общее уравнение потерь паров горючих жидкостей из дышащих аппаратов.
17. Выведите уравнение потерь паров горючих жидкостей из дышащих аппаратов при больших дыханиях.
18. Выведите уравнение потерь паров горючих жидкостей из дышащих аппаратов при малых дыханиях.
19. От каких факторов зависит объем зоны ВОК, образующейся при эксплуатации резервуара с горючей жидкостью?
20. Как определить количество паров, выходящих из работающего под давлением аппарата при открывании крышки?

Тема 7. Оценка пожаровзрывоопасности среды в зоне выхода горючих веществ из поврежденного технологического оборудования и способы обеспечения пожарной безопасности

1. Какие виды повреждений технологического оборудования Вы знаете?
2. К каким последствиям может привести выход горючих веществ при повреждении технологического оборудования?
3. Что понимают под термином *авария*?
4. Как классифицируют аварии на производственных объектах в зависимости от возможных последствий?
5. Что понимают под термином эффект «*домино*»?
6. От каких параметров зависит масса выходящей наружу жидкости при локальных повреждениях аппаратов?

7. Что понимается под терминами *время срабатывания* и *время отключения* запорных устройств при аварийных ситуациях?

8. Назовите максимальную длительность испарения жидкости, допускаемую принимать в расчетных зависимостях?

9. Назовите параметры, от которых зависит интенсивность испарения паров жидкости с площади разлива?

10. Что учитывает коэффициент η при определении интенсивности испарения паров жидкости с площади разлива?

11. Назовите параметры, от которых зависит скорость движения воздуха в производственном помещении?

12. Что такое максимально возможная температура воздуха в помещении?

13. От каких параметров зависит масса горючего вещества, выходящего наружу при полном разрушении аппарата?

14. От каких параметров зависит площадь и форма разлива жидкости при полном разрушении вертикального стального резервуара?

15. Что понимается под термином *зона возможного затопления*?

16. Для чего необходимо прогнозировать площадь разлива жидкости и зону ВОК при аварийных ситуациях?

17. Что принимается за начало отсчета зоны ВОК?

18. Назовите минимальные значения расстояний зоны ВОК?

19. Назовите основные способы обеспечения пожаровзрывобезопасности производственных объектов при локальном повреждении оборудования с горючими газами?

20. Назовите основные способы обеспечения пожаровзрывобезопасности производственных объектов при полном разрушении оборудования с горючими газами?

21. Назовите основные способы обеспечения пожаровзрывобезопасности производственных объектов при локальном повреждении оборудования с горючими жидкостями?

22. Назовите основные способы обеспечения пожаровзрывобезопасности производственных объектов при полном разрушении оборудования с горючими жидкостями?

1. Приведите формулу для определения скорости истечения жидкости через отверстие в трубопроводе или корпусе аппарата при постоянном давлении?

2. Чему равно расчетное время ручного отключения трубопроводов?

3. Чему равна площадь испарения 1 л смесей горючих жидкостей на полу производственного помещения, содержащих до 70% по массе растворителей?

4. Чему равна площадь испарения 1 л смесей горючих жидкостей на полу производственного помещения, содержащих более 70% по массе растворителей?

5. Чему равна площадь испарения горючих жидкостей на открытых производственных площадках, содержащих до 70% по массе растворителей?

6. Чему равна площадь испарения горючих жидкостей на открытых производственных площадках, содержащих более 70% по массе растворителей?

7. Приведите формулу расчета давления насыщенного пара при расчетной температуре горючей жидкости?

8. Приведите формулу для определения массы паров жидкости, участвующую в образовании зоны ВОК?

9. Назовите параметры, которыми определяется зона ВОК?

10. Назовите, как геометрически определяется зона ВОК?

11. Назовите параметры, от которых зависит горизонтальный размер зоны ВОК, образующейся при истечении СУГ из трубопроводов?

Тема 10. Оценка параметров пожаровзрывоопасности при авариях и пожарах на наружных технологических установках.

1. Укажите условия, необходимые для возникновения горения.
2. Укажите основные признаки классификации производственных источников зажигания и поясните их.
3. Что понимают под термином «*вынужденное воспламенение*»?
4. Что понимают под термином «*самовоспламенение*»?
5. Что понимают под термином «*самовозгорание*»?
6. В каком нормативном документе приводятся способы предотвращения образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания, а также методики определения пожароопасных параметров источников тепла?
7. В каком нормативном документе приводятся методы экспериментального определения минимальной энергии зажигания и температурных условий теплового самовозгорания веществ и материалов?
8. Укажите способы обеспечения пожарной безопасности при проектировании и эксплуатации аппаратов огневого действия.
9. На какие типы подразделяются искроулавливатели и искрогасители?
10. Укажите достоинства и недостатки искроулавливателей и искрогасителей различного типа.
11. Укажите способы обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания.
12. Укажите способы обеспечения пожарной безопасности при проектировании и эксплуатации факельных установок.
13. Укажите способы обеспечения пожарной безопасности при проведении огневых ремонтных работ.
14. Перечислите способы предотвращения самовоспламенения и/или самовозгорания горючей среды.
15. Что такое фрикционные искры?

16. Почему при соударении деталей из цветных металлов не образуются искры?

17. Укажите способы предотвращения образования искр удара и трения при попадании в оборудование вместе с перерабатываемыми веществами и материалами инородных примесей.

18. Укажите способы предотвращения образования в горючей среде источников зажигания при выполнении ремонтных работ.

19. Какие применяются способы для предотвращения перегрева подшипников?

20. Какие применяются способы для предотвращения буксования лент и ремней?

21. Какие применяются способы для предотвращения наматывания волокнистых и солоmistых материалов на валы и оси машин и механизмов?

22. Какие применяются способы для предотвращения перегрева материалов в процессах резания?

23. Укажите причины повышения температуры узлов и деталей компрессоров при сжатии газов.

24. Какие применяются способы для обеспечения пожарной безопасности при сжатии газов?

25. Почему горючие смеси легче воспламеняются, чем горючие жидкости и твердые горючие материалы?

26. При каких условиях источник тепла может стать источником вынужденного зажигания горючей среды?

27. Какие параметры служат для оценки опасности постоянно действующего источника тепла как источника зажигания?

28. При каких условиях энергетический (тепловой) источник не станет источником вынужденного зажигания горючей среды?

29. При каких условиях не происходит самовозгорание веществ и материалов, склонных к тепловому самовозгоранию?

30. При эксплуатации каких видов оборудования образуются искры – тлеющие частицы несгоревшего топлива или сажевых отложений?

31. Перечислите условия, которые способствуют самовозгоранию горючих веществ и материалов при их контакте с воздухом.

32. Перечислите виды тепловых импульсов, которые могут привести к самовозгоранию горючих веществ и материалов.

33. Почему происходит нагревание частичек металла, образующихся при соударении подвижных частей машин о неподвижные части?

34. Укажите причины перегрева подшипников скольжения сильно-нагруженных и высокооборотистых валов и осей машин.

35. Какие опасности могут возникнуть при сжатии газов в компрессорах?

Тема 11. Предупреждение распространения пожара путем ограничения количества горючих веществ и материалов в производстве

1. Перечислите основные причины быстрого распространения пожара в условиях производства.

2. Перечислите условия, способствующие распространению пожара на производстве.

3. Какие решения пожарной безопасности служат для предупреждения крупных пожаров?

4. Какие требования предъявляются к аварийным емкостям системы аварийного слива?

5. Укажите особенности устройства системы аварийного слива из переменного по высоте сечения аппарата.

6. Укажите особенности устройства системы аварийного слива из группы аппаратов.

7. В чем заключается пожарная опасность процесса стравливания горючих паров и газов?

8. Для чего предназначена факельная система?

9. В каких случаях необходимо обустроить на производстве факельные системы?

10. Назовите мероприятия по предупреждению образования взрывоопасной смеси в факельной системе.

11. Какие аппараты применяются в системах аварийных выпусков газов и паров для предотвращения попадания в них капельной жидкости и твердых частиц?

1. Назовите основные направления по снижению количества горючих веществ на стадии проектирования.

2. Назовите решения по снижению количества горючих веществ при эксплуатации производства.

3. Назовите основные способы эвакуации горючих жидкостей.

4. Назовите основное условие процесса эвакуации ГЖ из опасной зоны.

5. Назовите основное отличие системы аварийного стравливания горючих паров и газов от системы аварийного слива горючих жидкостей.

6. Назовите основное условие для определения минимальной высоты выброса (свечи).

7. Назовите основной опасный фактор пожара, определяющий расстояние между факельным стволом и другими объектами предприятия.

8. Тема 12. Предупреждение распространения пожара по производственным коммуникациям

9. Характеристика отложений и механизм их образования.

10. Пожаровзрывоопасность отложений, образующихся в производственных коммуникациях.

11. Методы борьбы с горючими отложениями, применяемые на практике.
12. В каких случаях используются сухие огнепреградители?
13. Дать классификацию огнепреградителей.
14. Дать определение гидрозатвора.
15. Перечислите виды гидрозатворов.
16. Какие способы применяют для предотвращения распространения пожара по производственным коммуникациям с горючими отложениями?
17. С какой целью на производстве применяют рукавные фильтры?

Тема 12. Предупреждение распространения пожара по производственным коммуникациям

1. Какие условия способствуют распространению пламени по производственным коммуникациям?
2. Назовите принцип действия сухого огнепреградителя.
3. Что называется критическим диаметром канала огнепреградителя?
4. Как определить критический диаметр канала огнепреградителя?
5. Назовите принцип действия шнекового дозатора, в каких случаях он используется?
6. Назовите принцип действия автоматических заслонок и задвижек.

Тема 13. Предупреждение распространения пожара при разрушении технологического оборудования

1. Какие мероприятия включает в себя защита технологического оборудования от разрушения?
2. Как определить максимальное давление взрыва?

3. Для чего в технологическом оборудовании применяют взрывные мембраны?
4. Как классифицируются мембраны?
5. Принцип работы взрывного клапана с откидными дверцами.
6. В каких случаях в технологическом оборудовании применяют выщелкивающие мембраны?
7. Периодичность замены мембран на технологическом оборудовании.
8. Какие защитные устройства ограничивают растекание горючих жидкостей при аварии?
9. От каких параметров зависит величина давления взрыва?
10. Как определить максимально допустимое давление срабатывания взрывной мембраны?
11. Как определить площадь сечения сбросного отверстия мембраны?
12. Как определить толщину мембраны?
13. Какой слой горючих отложений называется критическим по условиям воспламенения?
14. Какой параметр принимают в качестве критерия готовности технологического аппарата к ремонтным работам?
15. Напишите уравнение теплового баланса и раскройте физический смысл входящих параметров.
16. Методика оценки ПВБ регламентных и ремонтных работ.
17. Объясните формулы для определения вероятности существования (предотвращения) источника зажигания, горючей среды и предотвращения пожара.

Тема 16. Пожарная опасность и способы обеспечения пожарной безопасности процессов нагрева и охлаждения горючих веществ

1. Назовите основополагающий принцип обеспечения пожарной безопасности.
2. Какие способы обеспечения пожаровзрывобезопасности (ПВБ) при производстве огневых ремонтных работ вы знаете?
3. С помощью каких технологических операций осуществляется предремонтная подготовка технологического оборудования?
4. Условия обеспечения ПВБ с помощью 1-го метода
5. Условия обеспечения ПВБ с помощью 3-го метода.
6. Каким образом можно добиться изоляции источника зажигания от горючей среды?
7. Основные источники зажигания при ремонте технологического оборудования?
8. Какой слой горючих отложений называется критическим по условиям воспламенения?
9. Какой параметр принимают в качестве критерия готовности технологического аппарата к ремонтным работам?
10. Напишите уравнение теплового баланса и раскройте физический смысл входящих параметров.
11. Методика оценки ПВБ регламентных и ремонтных работ.
12. Объясните формулы для определения вероятности существования (предотвращения) источника зажигания, горючей среды и предотвращения пожара.

1. Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно отвечает на вопросы базового и повышенного уровней, умеет тесно увязывать теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал дополнительной литературы, владеет разносторонними навыками

и приемами выполнения практических задач.

Оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если он твердо знает материал как базового, так и повышенного уровней, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками сопоставления теории и практики.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется студенту, если он имеет знания только материала базового уровня, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при сопоставлении теории и практики.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания. Отметка *«неудовлетворительно»* выставляется также, если обучающийся отказался отвечать на вопросы.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя собеседование по вопросам тем дисциплины.

Вопросы повышенного уровня предназначены не только для проверки знаний основного и дополнительного материала, но и оценки способности студента применять теоретические знания при решении практических задач, а также знания статистических данных и умения их анализировать.

Данное оценочное мероприятие проводится на каждом практическом и (или) семинарском занятии на основании материалов и знаний, полученных на лекциях, а также при изучении основной и дополнительной литературы. Для

подготовки к данному оценочному мероприятию студенту необходимо подготовить устные ответы на вопросы собеседования, либо законспектировать данные ответы в тетрадь (не обязательно)

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования материалами лекций, основной и дополнительной литературы, а также интернет-ресурсов.

При проверке задания, оцениваются:

- правильность ответов;
- чёткое знание терминологии;
- умение грамотно, четко и последовательно излагать материал;
- использование дополнительной литературы при подготовке;
- умение анализировать теоретический материал и сопоставлять его с практикой;
- знание статистических данных об изучаемых процессах и явлениях;
- умение приводить конкретные примеры.

Оценочный лист проверки знаний (собеседование)

Критерии оценки	Оценка			
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
правильность ответов				
чёткое знание терминологии				
умение грамотно, четко и последовательно излагать материал				
использование дополнительной литературы при подготовке				
умение анализировать теоретический материал и сопоставлять его с практикой				
знание статистических данных об изучаемых процессах и явлениях				
умение приводить				

конкретные примеры				
--------------------	--	--	--	--

Подготовка к экзамену

Вопросы к экзамену по дисциплине «Пожарная безопасность технологических процессов»

1. Анализ пожарной опасности технологических процессов
2. Типы технологических аппаратов. Общее условие образования взрывоопасных концентраций в технологических аппаратах.
3. Положение федеральных законов по обеспечению пожарной безопасности технологических процессов.
4. Терминология науки о технологии. Понятие непрерывного и периодического процессов.
5. Технологические параметры и их влияние на взрывопожарную опасность процессов
6. Классификация технологических процессов пожаровзрывоопасных производств. Конструкционные материалы, применяемые для изготовления аппаратов.
7. Основные причины и особенности разрушения аппаратов пожаровзрывоопасных производств.
8. Классификация помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Основные критерии категорирования (признаки классификации) помещений по пожарной и взрывопожарной опасности. Особенности ведения производственного процесса, влияющие на выбор категории помещения. Особенности расчета избыточного давления взрыва горючей смеси в помещении Δp . Удельная пожарная нагрузка. Выбор и обоснование расчетного варианта.
9. Категорирование наружных установок по пожарной опасности. Критерии (признаки классификации) пожарной опасности наружной установки. Выбор и обоснование расчетного варианта
10. Основные требования к технологическому оборудованию.

11. Методика изучения технологии производства. Технологическая часть проекта. Технологический регламент

12. Технологическая схема технологического процесса на примере синтеза полистирола. Сущность разработки принципиальной технологической схемы производственного процесса.

13. Образование взрывоопасных концентраций в аппаратах с горючими газами и способы обеспечения пожарной безопасности

14. Образование взрывоопасных концентраций в аппаратах с пожароопасными жидкостями (открытых и герметичных) и способы обеспечения пожарной безопасности

15. Образование взрывоопасных концентраций в аппаратах с пожароопасными жидкостями (дышащих) и способы обеспечения пожарной безопасности

16. Образование взрывоопасных концентраций в аппаратах с твердыми горючими материалами и способы обеспечения пожарной безопасности

17. Образование взрывоопасных концентраций в технологическом оборудовании при пуске в работу и остановке на осмотр или ремонт и способы обеспечения пожарной безопасности

18. Пожарная опасность выхода горючих газов из аппаратов и способы обеспечения пожарной безопасности

19. Пожарная опасность выхода паров горючих жидкостей из открытых аппаратов и способы обеспечения пожарной безопасности

20. Пожарная опасность выхода паров горючих жидкостей из дышащих аппаратов и способы обеспечения пожарной безопасности

21. Пожарная опасность выхода горючей пыли из аппаратов и способы обеспечения пожарной безопасности

22. Пожарная опасность периодически действующих аппаратов и способы обеспечения пожарной безопасности

23. Причины повреждения технологического оборудования и способы обеспечения пожарной безопасности. Повреждение оборудования от механических воздействий и способы обеспечения пожарной безопасности. Нарушение материального баланса.

24. Причины повреждения технологического оборудования и способы обеспечения пожарной безопасности. Повреждение оборудования от механических воздействий и способы обеспечения пожарной безопасности. Нарушение теплового баланса.

25. Повреждение оборудования в результате температурных воздействий и способы обеспечения пожарной безопасности

26. Повреждение оборудования от химических воздействий и способы обеспечения пожарной безопасности

27. Аварийный выход горючих веществ из технологического оборудования: локальная и полная разгерметизация, прогнозируемые параметры.

28. Испарение пожароопасной жидкости с поверхности пролива: образование горючей паровоздушной смеси – зоны ВОК.

29. Предотвращение образования зон ВОК при разгерметизации производственного оборудования

30. Производственные источники зажигания и способы обеспечения пожарной безопасности. Вынужденное воспламенение горючей среды. Самовоспламенение и самовозгорание горючих веществ. Условия предотвращения образования в горючей среде источника зажигания.

31. Пожарная опасность теплового проявления химической энергии и способы обеспечения пожарной безопасности

32. Аппараты огневого воздействия. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

33. Двигатели внутреннего сгорания, факельные установки: способы обеспечения пожарной безопасности

34. Пожарная опасность процессов самовоспламенения и самовозгорания веществ и материалов. Способы обеспечения пожарной безопасности.

35. Пожарная опасность теплового проявления механической энергии и способы обеспечения пожарной безопасности. Пожарная опасность искр удара и трения и способы обеспечения пожарной безопасности

36. Пожарная опасность теплового проявления механической энергии и способы обеспечения пожарной безопасности. Пожарная опасность узлов трения в машинах и способы обеспечения пожарной безопасности

37. Пожарная опасность теплового проявления механической энергии и способы обеспечения пожарной безопасности. Пожарная опасность нагрева газов при сжатии и способы обеспечения пожарной безопасности

38. Распространение пожара на производстве и способы обеспечения пожарной безопасности. Ограничение количества горючих веществ и материалов на производстве

39. Распространение пожара на производстве и способы обеспечения пожарной безопасности Эвакуация горючих веществ и материалов из технологического оборудования при авариях и пожарах на производстве.

40. Аварийный слив ЛВЖ и ГЖ. Методика расчета самотечного слива и слива под избыточным давлением. Меры обеспечения пожарной безопасности систем аварийных сливов

41. Аварийный выпуск горючих газов и паров. Методика расчета систем аварийного стравливания. Меры обеспечения пожарной безопасности систем аварийных выпусков

42. Распространение пожара на производстве и способы обеспечения пожарной безопасности. Защита производственных коммуникаций от распространения огня и раскаленных продуктов горения (применение сухих огнепреградителей)

43. Распространение пожара на производстве и способы обеспечения пожарной безопасности. Защита производственных коммуникаций от

распространения огня и раскаленных продуктов горения (применение жидкостных огнепреградителей)

44. Распространение пожара на производстве и способы обеспечения пожарной безопасности. Защита технологического оборудования от разрушения взрывными мембранными устройствами

45. Распространение пожара на производстве и способы обеспечения пожарной безопасности. Ограничение аварийного растекания горючих жидкостей в технологическом оборудовании

46. Предотвращение образования горючих отложений внутри производственного оборудования

47. Опасность взрывного повышения давления среды в технологическом оборудовании

48. Способы защиты технологического оборудования от разрушения при взрыве.

49. Виды мембранных предохранительных устройств. Расчет предохранительных мембран на заданное давление срабатывания. Срок службы предохранительных мембран

50. Устройства по ограничению аварийного растекания ЛВЖ и ГЖ

51. Пожарная безопасность огневых ремонтных работ. Способы и принципы обеспечения пожарной безопасности

52. Пожарная безопасность огневых ремонтных работ. Предельно допустимая пожарная нагрузка (ПДНП)

53. Пожарная безопасность огневых ремонтных работ. Пожароопасные характеристики огневых работ

54. Пожарная безопасность огневых ремонтных работ. Методика оценки пожарной безопасности.

Задачи к экзамену:

1. Рассчитать размеры зон, ограниченных НКПР газов и паров при аварийном поступлении горючих газов и паров

2. Рассчитать интенсивность теплового излучения пожара пролива ЛВЖ (ГЖ). Определить характер воздействия.

3. Рассчитать параметры пожара пролива ЛВЖ/ГЖ (эффективный диаметр пролива, высота пламени)

4. Рассчитать интенсивность теплового излучения «огненного шара». Оценить характер воздействия.

5. Рассчитать параметры «огненного шара» (эффективный диаметр и время существования)

6. Рассчитать площадь поддона, необходимого для сбора аварийного пролива ЛВЖ (ГЖ) из технологического оборудования

Критерии оценивания компетенций*

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он знает основы технологии пожаровзрывоопасных производств, принцип устройства и особенности эксплуатации технологического оборудования для обработки, переработки и хранения пожаровзрывоопасных веществ и материалов; методику анализа пожарной опасности и защиты технологического оборудования; методы оценки параметров пожарной опасности технологических процессов объектов защиты; пожарную опасность и способы обеспечения пожарной безопасности типовых технологических процессов; требования нормативно-правовых актов и нормативных документов по обеспечению пожарной безопасности технологии производств. Умеет обосновывать расчетами инженерно-технические решения по обеспечению пожарной безопасности технологии производств; классифицировать помещения, здания и наружные установки по пожарной и взрывопожарной опасности; определять параметры пожаровзрывоопасности при авариях и пожарах на наружных технологических установках; прогнозировать возможность развития аварий и пожаров на производстве с учетом свойств среды и технологических параметров процессов, протекающих в оборудовании; производить оценку соответствия технологии пожаровзрывоопасных производств требованиям

пожарной безопасности. Владеет навыками анализа пожарной опасности технологических процессов и оборудования пожаровзрывоопасных производств; навыками разработки инженерных и организационных решений по обеспечению пожарной безопасности технологии производств; способностью реализации требований нормативно-правовых актов и нормативных документов при осуществлении надзора за пожарной безопасностью технологических процессов и оборудования; навыками обоснования мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологии пожаровзрывоопасных производств; способностью принятия решений по результатам оценки соответствия технологии производств требованиям пожарной безопасности; способностью прогнозирования развития возможных аварий и пожаров на производстве и оценке их последствий. Также дополнительно студент должен знать особенности поведения технологического оборудования с пожаровзрывоопасными средами в условиях пожара; уметь проводить оценку соответствия технологических процессов производств требованиям нормативных правовых актов и нормативных документов по пожарной безопасности; владеть способностью применять методы расчета основных параметров систем обеспечения пожарной безопасности технологических процессов.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он знает основы технологии пожаровзрывоопасных производств, принцип устройства и особенности эксплуатации технологического оборудования для обработки, переработки и хранения пожаровзрывоопасных веществ и материалов; методику анализа пожарной опасности и защиты технологического оборудования; методы оценки параметров пожарной опасности технологических процессов объектов защиты; пожарную опасность и способы обеспечения пожарной безопасности типовых технологических процессов; требования нормативно-правовых актов и нормативных документов по обеспечению пожарной безопасности технологии производств. Умеет обосновывать расчетами инженерно-технические

решения по обеспечению пожарной безопасности технологии производств; классифицировать помещения, здания и наружные установки по пожарной и взрывопожарной опасности; определять параметры пожаровзрывоопасности при авариях и пожарах на наружных технологических установках; прогнозировать возможность развития аварий и пожаров на производстве с учетом свойств среды и технологических параметров процессов, протекающих в оборудовании; производить оценку соответствия технологии пожаровзрывоопасных производств требованиям пожарной безопасности. Владеет навыками анализа пожарной опасности технологических процессов и оборудования пожаровзрывоопасных производств; навыками разработки инженерных и организационных решений по обеспечению пожарной безопасности технологии производств; способностью реализации требований нормативно-правовых актов и нормативных документов при осуществлении надзора за пожарной безопасностью технологических процессов и оборудования; навыками обоснования мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологии пожаровзрывоопасных производств; владеет способностью принятия решений по результатам оценки соответствия технологии производств требованиям пожарной безопасности; способностью прогнозирования развития возможных аварий и пожаров на производстве и оценке их последствий.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если у него отмечаются неточности в терминологии; он знает и особенности эксплуатации технологического оборудования для обработки, переработки и хранения пожаровзрывоопасных веществ, но отмечаются неточности при описании устройства оборудования; имеет представление о методах оценки параметров пожарной опасности технологических процессов объектов защиты; называет способы обеспечения пожарной безопасности типовых технологических процессов; частично знает методику анализа пожарной опасности и защиты технологического оборудования Не ориентируется в

требованиях нормативно-правовых актов и нормативных документов по обеспечению пожарной безопасности технологии производств; рассчитывает инженерно-технические решения по обеспечению пожарной безопасности технологии производств без обоснования; умеет определять параметры пожаровзрывоопасности при авариях и пожарах на наружных технологических установках по заданному алгоритму; классифицирует помещения, здания и наружные установки по пожарной и взрывопожарной опасности; по заданному алгоритму с ошибками прогнозирует возможность развития аварий и пожаров на производстве с учетом свойств среды и технологических параметров процессов, протекающих в оборудовании; не умеет производить оценку соответствия технологии пожаровзрывоопасных производств требованиям пожарной безопасности; владеет навыками анализа пожарной опасности технологических процессов и оборудования пожаровзрывоопасных производств четко по заданному алгоритму; владеет навыками разработки организационных решений по обеспечению пожарной безопасности технологии производств; под руководством способен реализовывать требования нормативно-правовых актов при осуществлении надзора за пожарной опасностью технологических процессов и оборудования; не владеет навыками обоснования мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологии пожаровзрывоопасных производств; не владеет способностью принятия решений по результатам оценки соответствия технологии производств требованиям пожарной безопасности; не способен прогнозировать развитие возможных аварий и пожаров на производстве и оценке их последствий.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не точно знает терминологию; отмечаются некоторые знания устройства и особенностей эксплуатации технологического оборудования для обработки, переработки и хранения пожаровзрывоопасных веществ; имеет представление о методах оценки параметров пожарной опасности технологических процессов объектов защиты; называет, но не

характеризует способы обеспечения пожарной безопасности типовых технологических процессов; не знает методику анализа пожарной опасности и защиты технологического оборудования и требования нормативно-правовых актов и нормативных документов по обеспечению пожарной безопасности технологии производств; классифицирует помещения, здания и наружные установки по пожарной и взрывопожарной опасности не расчетными методами; только называет параметры пожаровзрывоопасности при авариях на наружных установках и инженерно-технические решения по обеспечению пожарной безопасности технологии производств; не умеет проводить соответствующие расчеты; частично владеет навыками анализа пожарной опасности технологических процессов и оборудования пожаровзрывоопасных производств; не владеет навыками разработки инженерных и организационных решений по обеспечению пожарной безопасности технологии производств; под руководством способен реализовывать требования нормативно-правовых актов при осуществлении надзора за пожарной опасностью технологических процессов и оборудования; не владеет навыками обоснования мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технологии пожаровзрывоопасных производств; не владеет способностью принятия решений по результатам оценки соответствия технологии производств требованиям пожарной безопасности; способность прогнозирования развития возможных аварий и пожаров на производстве и оценке их последствий.

Процедура проведения экзамена осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования в СКФУ.

В экзаменационный билет включаются 2 теоретических вопроса и 1 практическое задание. Вопросы и задания повышенного уровня основаны на навыках и умениях применения обучаемыми знаний базового уровня

применительно к конкретным условиям или ситуациям. Они основываются на анализе базового материала.

Для подготовки по билету отводится 30 минут.

При подготовке к ответу у студента не необходимости пользоваться дополнительными материалами и техническими средствами.

При проверке практического задания, оцениваются:

- правильность и точность ответов;
- рациональность выполнения;
- анализ составленных схем;
- умение приводить конкретные примеры рассматриваемых ситуаций.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению курсовой работы
по дисциплине «**Пожарная безопасность технологических процессов**»
для студентов направления подготовки
20.03.01 «Техносферная безопасность»
Форма обучения: заочная

Ставрополь
2026

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа по дисциплине «Пожарная безопасность технологических процессов» является одним из видов аттестационных испытаний, обучающихся по основной профессиональной образовательной программе.

Выполнение Курсовой работы на кафедре пожарной безопасности технологических процессов проводится с целью систематизации, закрепления и углубления, полученных в процессе обучения знаний. При этом обучающиеся приобретают навыки творческой работы, анализа и умения обоснованно, грамотно и логически излагать свои мысли и оформлять результаты работы при решении задач, которые могут им встретиться при дипломном проектировании и в практической деятельности.

Курсовая работа выполняется в соответствии с индивидуальными заданиями, в которых приводятся исходные данные для определения категорий помещений и здания по взрывопожарной и пожарной опасности.

На всех этапах выполнения Курсовой работы обучающиеся должны проявить полную самостоятельность, умение решать поставленные перед ними задачи и обосновывать принятые решения по снижению взрывопожарной опасности производственных процессов.

В методических указаниях изложены основные требования к содержанию и оформлению Курсовой работы, в приложениях приведены образцы документов, которые оформляются в процессе выполнения Курсовой работы, а также материалы, необходимые для выполнения Курсовой работы: размещение участков и оборудования в производственных помещениях, схема производственного процесса, общие виды технологического оборудования. Кроме того, в приложениях приводятся необходимые справочные материалы, мероприятия, позволяющие снизить взрывопожарную опасность технологических процессов при определении категории производственных помещений, даны примеры расчетного определения категорий производственных помещений с различными классами горючих веществ и материалов и здания по взрывопожарной и пожарной опасности.

Цель выполнения Курсовой работы: разработка мероприятий, направленных на снижение взрывопожарной и пожарной опасности технологических процессов при определении категорий производственных помещений и здания.

Курсовая работа выполняется в строгом соответствии со своим вариантом. Выбор варианта производится по двум последним цифрам номера зачетной книжки: № . . . АБ, где А – вторая от конца цифра, Б – последняя цифра.

1. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа должен состоять из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Расчетно-пояснительная записка должна включать:

- титульный лист (у преподавателя);
- задание (у преподавателя);
- содержание (см. Приложение И);
- введение;
- теоретическую часть (показатели пожаровзрывоопасности и пожарной опасности веществ и материалов, показатели пожаровзрывоопасности и пожарной опасности технологических сред, классификация технологических сред по пожаровзрывоопасности, категорий наружных установок по пожарной опасности, категории зданий, сооружений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности, характеристика технологического процесса, характеристика обрабатываемых веществ и материалов);
- аналитическую часть (расчетное определение категории производственных помещений и здания);
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения (при наличии).

Текстовый материал излагается в краткой и четкой форме. Во введении раскрываются цель и задачи проекта, в основной части содержатся расчеты по определению категории производственных помещений и здания, расчетное обоснование принятых решений, направленных на снижение взрывопожарной опасности производственных процессов, в заключении отражаются основные результаты работы.

Курсовую работу (проект) рекомендуется представлять в объеме 1–2 печатных листа (до 70 стр). Текст работы должен быть напечатан через 1,5 интервала на одной стороне стандартного листа белой бумаги (А-4). Текст и другие отпечатанные элементы работы должны быть черными, контуры букв и знаков – четкими, без ореола и затенения. Шрифт TimesNewRoman, кегель 14. Названия глав и параграфов выделяются полужирным шрифтом. Лист с текстом должен иметь поля: слева – 30 мм, справа – 10 мм, сверху – 20 мм, снизу – 20 мм. Нумерация страниц текста делается в правом нижнем углу листа. Проставлять номер страницы необходимо со страницы, где печатается «Введение», на которой ставится цифра «3». После этого нумеруются все страницы, включая приложения.

Формулы и уравнения набираются в редакторе формул *MicrosoftEquation3.0*, выделяются в отдельную строку и размещаются без отступа по центру страницы. Нумерация производится в пределах раздела арабскими цифрами в круглых скобках. Номер ставится справа от формулы и выравнивается по правому краю. Допускается сплошная нумерация

формул в пределах всей работы, если их количество незначительно (менее 10). Если формула или уравнение не помещаются в одну строку, они пересылаются на новую строку после знака равенства или после любого математического знака, который обязательно повторяется на новой строке. Численные решения формул и уравнений допускается не нумеровать. В формулах используются буквы латинского, греческого и готического алфавитов. Буквы латинского алфавита, обозначающие физико-математические величины, набирают курсивом. Буквы греческого алфавита всегда набирают прямым начертанием. Основную строку в однострочных формулах набирают тем же кеглем, что и основной текст.

Исходные данные (анкеты) представляются в пояснительной записке виде таблиц и располагаются сразу после подзаголовков. Другие таблицы располагаются непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Таблицы со всех сторон ограничиваются линиями. На все таблицы должны быть ссылки в тексте. Нумерация таблиц и рисунков может быть сквозной или соотноситься с номером главы и параграфа. Например, если таблица или рисунок включены в текст первого параграфа второй главы, нумерация следующая: Таблица 2.1.1., рис. 2.1.1. Последняя цифра означает порядковый номер таблицы (или рисунка) в данном параграфе. Таблица помещается в качестве следующей страницы после первого упоминания о ней в тексте.

Слово «Таблица» размещается над таблицей слева без абзацного отступа, затем указывается номер таблицы, ставится тире и записывается название таблицы с заглавной буквы. Точка в конце названия не ставится. Заголовки граф таблицы должны начинаться с прописных букв, подзаголовки со строчных, если последние подчинены заголовку.

При переносе таблицы на новой странице размещаются слова «Продолжение табл.» или «Окончание табл.», указывается ее номер, а затем повторяется «шапка» таблицы. Если «шапка» таблицы большая по объему, то допускается ее не повторять. В этом случае необходимо пронумеровать графы и повторить их нумерацию на следующей странице. Название таблицы не повторяется. Когда в строке таблицы отсутствуют данные, ставится прочерк. Небольшое количество цифрового материала следует представлять в текстовом виде, располагая его в колонки.

Если автор в пояснительной записке ссылается на литературный источник, то сразу после ссылки в квадратных скобках проставляется его номер в библиографическом списке, а при использовании цифровых данных – номер страницы данного источника, например, [2, с. 25]. Если в работе используются цитаты, статистические данные, необходимо приводить в тексте источники, откуда они заимствованы. Эти указания оформляются виде сносок, в которых указываются инициалы и фамилии авторов, название цитируемого источника, том, часть, издательство, год издания, страница. Сноски оформляются в виде обычной сноски в конце страницы отделяются от основного текста горизонтальной чертой. Список

использованных источников оформляется по ГОСТ 7.32-91 и должен содержать все первоисточники (нормативную, справочную, техническую и др. литературу), которые были использованы при написании Курсовой работы.

Рекомендуемый список основной нормативной и справочной литературы для курсового проектирования приведен в разделе 4.

1.2. Графическая часть

Графическая часть Курсовой работы представляется в виде схем, рисунков и чертежа.

Схемы и рисунки в пояснительной записке (схемы, диаграммы и т.п.) в пределах раздела нумеруются арабскими цифрами, например, «Рисунок 1.1» (первый раздел, первый рисунок). После номера ставится тире и указывается название рисунка с заглавной буквы. Точка в конце названия не ставится. Если приводится расшифровка позиций рисунка, то в конце названия ставится двоеточие. На следующей строке помещается расшифровка позиций рисунка, например, «1 – корпус; 2 – днище». Если рисунков в тексте немного (менее 10), допускается сплошная нумерация по всей пояснительной записке. Допускается выполнение рисунков на миллиметровой бумаге и кальке. Рисунки должны быть расположены по тексту документа (возможно ближе к первой ссылке в тексте). В соответствующих местах пояснительной записки необходимо ссылаться на иллюстративный материал.

Чертеж (плакат) выполняется на листе чертежной бумаги формата А3 (297×420 мм) карандашом или тушью либо в электронном виде (с помощью программ *MicrosoftOfficeVisio*, *AutoCAD* и др.) с распечаткой на двух листах формата А4 (210×297 мм) в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Примерное содержание материалов на чертеже представлено в Приложении Б.

Чертежный лист (рис. Б.1) обводится рамкой, выполненной сплошной основной линией, и имеет поля от кромок листа следующих размеров:

- левое × 20 мм;
- верхнее, нижнее, правое × 5 мм.

В нижнем правом углу лицевой стороны проставляется основная надпись, выполненная в соответствии с ГОСТ 2.104-68.

Помимо изображений объектов на чертежном листе можно помещать:

- текстовую часть (характеристики помещений, здания, мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и др.);
- надписи к обозначениям изображений;
- таблицы с параметрами, результатами расчетов, условными

обозначениями и т. п.

Если таблиц на чертежном листе несколько, то над таблицей в правом углу пишут слово «Таблица» и порядковый номер без знака №, например, «Таблица 1». Если таблица на чертеже одна, то ее не нумеруют и слово «Таблица» не пишут.

1.3. Порядок представления курсовых проектов к защите

Выполнение этапов Курсовой работы производится в установленные учебным графиком сроки. Завершенный и подписанный обучающимся Курсовая работа за 5 дней до защиты сдается на проверку преподавателю, который принимает решение о допуске проекта к защите.

Курсовые проекты, выполненные с нарушениями настоящих требований, не подлежат допуску к защите и аттестации.

2. ЗАДАНИЕ

Проектом реконструкции производственного здания предусмотрено изменение функционального назначения некоторых существующих в нем помещений. Так, в помещении поз. 3 (см. рис. 1) планируется размещение отделения реагентов, в помещении поз. 6 – компрессорной, в помещении поз. 7 – цеха размола реагентов.

При изменении функционального назначения существующих отдельных помещений, а также при изменении объемно-планировочных и конструктивных решений должны применяться законодательные акты и действующие нормативные документы по пожарной безопасности в соответствии с новым назначением этих помещений [1]. Такие изменения требуют расчетного обоснования категорий по взрывопожарной и пожарной опасности помещений и здания в целом и разработки комплекса мер по обеспечению взрывопожарной и пожарной безопасности в части планирования и застройки, этажности, площадей, размещения помещений, конструктивных решений инженерного оборудования, защиты автоматическими установками пожаротушения и сигнализации и др.

Изменение функционального назначения помещений существенно увеличивает капитальные затраты на реконструкцию и эксплуатационные расходы по обслуживанию систем противопожарной защиты.

3. Исходные данные для выполнения Курсовой работы

3.1. Характеристика производственного здания

Существующее производственное здание – одноэтажное категории В по взрывопожарной и пожарной опасности. Размеры в плане 96×42 м. Высота здания 6 м.

Степень огнестойкости здания – IV, класс конструктивной пожарной опасности – С0.

Противопожарные перегородки с тамбур-шлюзами для разделения

помещений с производствами различного уровня взрывопожарной опасности в здании отсутствуют.

Для обеспечения санитарно-гигиенических требований и требований пожарной безопасности в здании имеется естественная вентиляция в административно-бытовых помещениях и механическая – в производственных. Подача наружного воздуха в производственные помещения осуществляется приточными вентиляторами, размещенными в отдельных для каждого помещения приточных камерах, удаление воздуха из производственных помещений – вентиляторами общеобменных и аварийных систем, размещенными в самостоятельных для каждого помещения вытяжных камерах.

Регион размещения предприятия принять по табл. 1.

Таблица
1

Номер варианта	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A0
Регион расположения предприятия	г. Уфа	г. Астрахань	г. Воронеж	г. Иркутск	г. Сочи	г. Краснодар	г. Красноярск	г. Рязань	г. Дмитров	г. Челябинск

Пример выбора варианта задания по табл. 1: если номер зачетной книжки имеет две последние цифры 37 (А = 3 – вторая от конца цифра, Б = 7 – последняя цифра), то выполняется вариант А7, т. е. регион размещения предприятия – г. Красноярск.

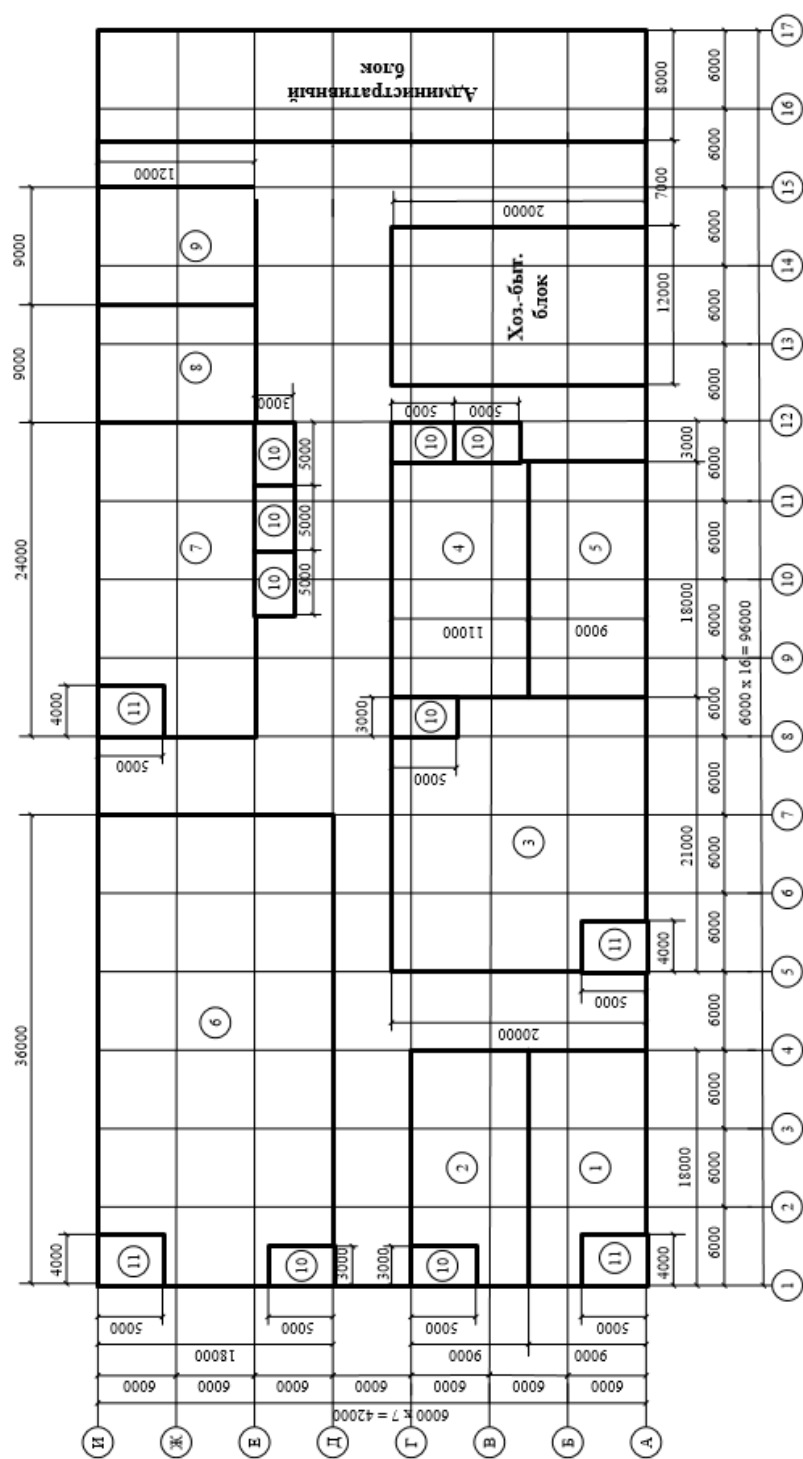


Рис. 1. Схема размещения помещений в производственном здании

Характеристика помещений, размещенных в производственном здании, приведена в табл. 2.

Таблица 2 - Характеристика помещений, размещенных в производственном здании

№ поз. на рис. 1	Наименование помещения	Площадь, м ²	Кратность аварийной вентиляции, час ⁻¹	Наличие АУП	Категория помещения
1	Реакторное отделение	142	8	нет	В2
2	Смесительное отделение	147	6	нет	В2
3	Отделение реагентов	385	см. табл. 2	нет	прим . 1
4	Весовая твердых реагентов	198	нет	нет	Д
5	Весовая жидких реагентов	162	6	нет	В2
6	Компрессорная	613	см. табл. 7	нет	прим . 1
7	Цех размола реагентов	268	нет	нет	прим . 1
8	Лаборатория	108	нет	нет	В3
9	Механическая мастерская	108	нет	нет	В3
10	Венткамеры приточных вентиляторов (8 камер)	15	нет	нет	Д
11	Венткамеры вытяжных вен- тиляторов (пом. поз. 2, 3, 6, 7)	20	нет	нет	прим. 2
–	Хозяйственно-бытовой блок	240	нет	нет	некатегор.
–	Административный блок	336	нет	нет	некатегор.
–	Коридоры, проезды, проходы	1125	нет	нет	некатегор.

Примечания к табл. 2:

- 1) категорию помещения определяют расчетом;
- 2) категории помещений для оборудования вытяжных систем определяют в соответствии с требованиями СП 7.13130.2009 (п. 6.48).

Если последняя цифра номера зачетной книжки 1, 2 или 3, то рассчитывают категорию отделения реагентов (поз. 3), а категории компрессорной (поз. 6) и цеха размола реагентов (поз. 7) принимают В2 без АУП. Если последняя цифра номера зачетной книжки 4, 5 или 6, то рассчитывают категорию компрессорной (поз. 6), а категории отделения реагентов (поз. 3) и цеха размола реагентов (поз. 7) принимают В2 без АУП. Если последняя цифра номера зачетной книжки 7, 8, 9 или 0, то рассчитывают категорию цеха размола реагентов (поз. 7), а категории отделения реагентов (поз. 3) и компрессорной (поз. 6) принимают В2 без АУП.

3.2. Характеристика помещений и производственных процессов

3.2.1. Отделение реагентов

Отделение реагентов предназначено для приема реагентов в таре, их хранения и отпуска в производственные цеха рассматриваемого здания и на другие производства. В помещении имеются участки для напольного хранения негорючих материалов в негорючей (металлической) таре, а также имеется два участка для напольного хранения горючих реагентов: участок 1 для хранения реагентов в крупной таре (органические растворители в металлических бочках объемом 30 л) и участок 2 для хранения реагентов мелкой таре (органические растворители в металлических канистрах объемом 10 л). Схема размещения участков в отделении реагентов приведена на рис. В.1 Приложения В.

Доставка и вывоз реагентов (в том числе органических растворителей) производится на ручных тележках. Выгрузка (погрузка) крупной тары на участке 1 производится с помощью ручной тали. Участки 1 и 2 ограждены сеткой «Рабица» высотой 1,2 м. Расстояние от стен помещения до границ участков 0,3 м.

Характеристика отделения реагентов приведена в табл. 3.

Таблица 3 - Характеристика отделения реагентов

№ варианта	1Б	2Б	3Б	4Б	5Б	6Б	7Б	8Б	9Б	0Б
Габариты пожароопасных участков в отделении реагентов										
Участок 1:										
- длина l_1 , м	4,0	4,5	3,2	4,2	4,1	4,6	3,7	4,3	3,7	3,9
- ширина b_1 , м	1,5	1,2	1,8	1,4	1,5	1,2	1,6	1,4	1,3	1,2
Участок 2:										
- длина l_2 , м	6,5	6,0	5,4	5,8	6,4	5,9	5,7	6,2	5,8	6,1
- ширина b_2 , м	1,2	1,5	1,8	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,4
Вентиляция отделения реагентов										
Кратность общеобменной вентиляции, час ⁻¹	4	3	5	4	5	4	3	4	5	3

Температурный режим в отделении реагентов

Температура в помещении отделения реагентов принимается:

в неотапливаемый период – с учетом климатической зоны размещения предприятия, в отапливаемый период – не выше 18 °С.

Параметры металлических (стальных) бочек с органическими растворителями, поступающими на участок 1, и их максимальное количество приведены в табл. 4.

Таблица 4

Номинальная вместимость, дм ³	Полная вместимость, дм ³	Наружный диаметр, мм	Степень заполнения	Высота, мм	Количество, шт.
30,0	32,0	290	0,95	560	4

Параметры канистр типа КН с органическими растворителями, поступающими на участок 2, и их максимальное количество приведены в табл. 5.

Таблица 5

Номинальная вместимость, дм ³	Полная вместимость, дм ³	Длина, мм	Ширина, мм	Степень заполнения	Высота, мм	Количество, шт.
10,0	10,5	310	90	0,95	375	10

Виды поставляемых в бочках растворителей приведены в табл. 6.

Таблица 6

№ варианта	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A0
Ацетон	+	—	+	—	+	—	+	—	+	—
Циклогексан	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+

Виды поставляемых в канистрах растворителей приведены в табл. 7.

Таблица 7

№ варианта	1Б	2Б	3Б	4Б	5Б	6Б	7Б	8Б	9Б	0Б
Изопропиловый спирт	—	+	—	+	—	+	—	+	—	+
Этиловый спирт	+	—	+	—	+	—	+	—	+	—

3.2.2. Компрессорная

В помещении компрессорной размещается два компрессора (один компрессор К-1 работает, второй компрессор К-1р находится в «холодном» резерве), один ресивер для сжатого газа и маслоблок. Схема размещения оборудования в компрессорной приведена на рис. В.2 Приложения В.

Характеристика компрессорной приведена в табл. 8.

Таблица 8

№ варианта	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A0
Вентиляция компрессорной										
Кратность общеобменной вентиляции, час ⁻¹	4	5*)	3	4*)	5	3*)	5	4*)	3	5*)
Кратность аварийной вентиляции, час ⁻¹	5	—	4	—	5	—	4	—	4	—

Температурный режим в компрессорной
Температура в помещении компрессорной принимается:

в неотапливаемый период – с учетом климатической зоны размещения предприятия, в отапливаемый период – не выше 18 °С.

Примечание *) к табл. 8: постоянно работающая общеобменная вентиляция соответствующая требованиям, предъявляемым к аварийной вентиляции.

На рис. В.4 Приложения В показана технологическая схема процесса в компрессорной. Компрессор 3 предназначен для сжатия горючего газа до необходимого давления и его транспортировки в производственные цеха предприятия. Газовый ресивер 5 выполняет следующие функции:

- создает резерв сжатого газа;
- охлаждает сжатый газ;
- сглаживает пульсацию газового потока, выходящего из компрессора;
- стабилизирует давление в системе при переменном расходе газа;
- собирает и отводит конденсат;
- обеспечивает непрерывность технологического процесса.

Маслоблок 10 служит для централизованной подачи смазочного масла в компрессор. В состав маслоблока входят: бак для хранения масла с встроенным водяным холодильником, насос и фильтр. Смазочное масло забирается из бака насосом, фильтруется от механических примесей в фильтре и по напорному трубопроводу направляется в компрессоры. Отработанное масло из компрессора по трубопроводу возвращается в бак. Водяной холодильник служит для охлаждения масла в баке до рабочей температуры. Маслоблок установлен на полу помещения компрессорной и имеет размеры в плане 1,2×0,7 м и высоту 0,6 м. Маслопроводы 9 проложены на расстоянии 0,15 м от пола.

Параметры участков газопровода и маслопровода приведены в табл. 9.

Таблица 9

№ поз. на рис. В.4	Длина, м	Внутренний диаметр, мм	Абсолютное давление, МПа
2	4,5	43	0,11
4	10,5	27	по заданию
6	1,8	27	по заданию
8	24,1 *)	15	по заданию

Примечание *) к табл. 9: длины подводящего масло в компрессор и отводящего участков маслопровода приведены для наиболее удаленного от маслоблока компрессора.

Общие виды компрессора и ресивера приведены на рис. Г.1 Приложения Г. Характеристика оборудования в компрессорной приведена в табл. 10.

Таблица 10

№ варианта	1Б	2Б	3Б	4Б	5Б	6Б	7Б	8Б	9Б	0Б
Компрессор:										
- производительность ^{*)} , м ³ /мин	4,0		5,0		3,0		3,5		4,5	
- Конечное давление, МПа (абс.)	0,5		0,55		0,45		0,4		0,4	
- вид горючего газа	метан		этан		метан		этан		метан	
Ресивер:										
- свободный объем, м ³	0,25		0,22		0,35		0,32		0,21	
- габаритный диаметр, м	0,42		0,35		0,46		0,44		0,38	
- габаритная высота, м	2,3		2,6		2,4		2,5		2,1	
№ варианта	1Б	2Б	3Б	4Б	5Б	6Б	7Б	8Б	9Б	0Б
Маслоблок:										
- объем масла, л	40		45		48		43		41	
- Давление масла, МПа (абс.):										
- на входе	0,15		0,15		0,15		0,15		0,15	
- на выходе	0,4		0,3		0,35		0,4		0,35	
- производительность, л/мин	12		10		11		14		13	
- температура масла, °С	47		42		48		44		46	
- марка индустриального масла	45		50		45		50		45	

Примечание ^{*)} к табл. 10: производительность компрессора приведена к стандартным условиям ($p = 101325$ Па и $t = 20$ °С).

Способы перекрытия запорных устройств при аварийной разгерметизации оборудования с горючим газом в помещении компрессорной приведены в табл. 11.

Таблица 11

№ поз. на рис. В.4	Способ перекрытия запорных устройств	Продолжительность перекрытия запорных устройств, с
7 и 9	ручной	согласно СП 12.13130.2012
1	автоматический (от газоанализаторов)	5

3.2.3. Цех размола реагентов

В цехе размола реагентов в вибрационных мельницах типа СВУ-2 производится сухое тонкое измельчение кусковых и зернистых реагентов (размол горючих и негорючих материалов) в периодическом режиме в воздушной среде (конструкция вибрационных мельниц позволяет осуществлять процесс сухого измельчения в вакууме или контролируемой газовой среде). Помольные камеры выполнены из нержавеющей стали. В качестве мелющих тел используются стальные шарики из инструментальной стали.

В весовой, расположенной в соседнем производственном здании, кусковые и зернистые реагенты расфасовывают в количестве до 10 кг в

маркированные крафтмешки (мешки изготовлены из трехслойной бумаги, имеют размеры 0,92×0,5×0,13 м и массу 0,22 кг). Крафт-мешки в количестве 5 штук погружают в металлические контейнеры (размеры в плане 0,8×0,7 м и высота 0,8 м) и на автотележках отправляют в цех размола, где устанавливают рядом с вибромельницами.

Измельченные в цехе размола материалы засыпают в металлическую тару (цилиндрические боксы с крышками, имеющими внутренний диаметр 180 мм и высоту 240 мм) и в количестве 10 штук загружают в контейнеры. Измельченные негорючие материалы отправляют на ручных тележках из цеха размола в смесительное отделение, а горючие материалы – на автотележках в цеха, расположенные в соседних зданиях предприятия.

Освободившиеся крафтмешки укладывают в свободные контейнеры (каждый контейнер вмещает до 30 мешков), которые отправляют в весовую или временно размещают на выделенном участке в цехе размола реагентов (на площадке размером 2,0×1,0 м возможно хранение не более 2 контейнеров с мешками).

Характеристика цеха размола реагентов приведена в табл. 12.

Таблица 12

№ варианта	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A0
Вентиляция цеха размола										
Кратность общеобменной вентиляции, час ⁻¹	5	3	4	5	3	5	4	3	5	4
Режим пылеуборки в цехе размола										
Период времени между пылеуборками:										
- текущей, часы	24	16	8	16	24	16	8	16	8	24
- генеральной, сутки	90	150	180	90	150	180	90	150	180	90
Вид пылеуборки ¹⁾ :										
- сухая (ручная)	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–
- влажная (ручная)	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+
Состояние пола:										
- ровный	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–
- с выбоинами	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+
Доля труднодоступных площадей от доступных	0,11	0,09	0,15	0,07	0,13	0,10	0,09	0,07	0,16	0,09
Интенсивность отложений пыли, кг/(м ² ·с):										
- на доступных площадях ²⁾	1,0·10 ⁻⁹		0,5·10 ⁻⁹		1,0·10 ⁻⁹		0,5·10 ⁻⁹		1,0·10 ⁻⁹	
- на труднодоступных площадях	2,0·10 ⁻⁹		1,0·10 ⁻⁹		2,0·10 ⁻⁹		1,0·10 ⁻⁹		2,0·10 ⁻⁹	

Температурный режим в цехе размола

Температура в цехе размола принимается:
в неотапливаемый период – с учетом климатической зоны размещения предприятия, в отапливаемый период – не выше 18 °С.

Примечания к табл. 12:

- 1) виды текущей и генеральной пылеуборок идентичны;
- 2) площадь доступных поверхностей, очистка которых производится при текущей уборке, принять равной площади пола помещения. В цехе размола реагентов на производственных участках ВМ-1-4 размещены вибромельницы СВУ-2 и контейнеры с зернистым и измельченным материалом. На участке ВМ-4 производится измельчение зернистых горючих материалов (рис. В.3 Приложения В). Продолжительность цикла измельчения 30-60 мин, частота колебаний барабанов вибромельниц 20-30 Гц. Минимальное расстояние между площадкой для контейнеров и мельницей ВМ-4 составляет 13,2 м. Габариты вибрационной мельницы СВУ-2 приведены в табл. 13.

Таблица 13

Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Высота от пола, мм
825	580	1070	1240

В табл. 14 приведены виды измельчаемых материалов, а также свойства загружаемого в мельницу зернистого горючего материала и измельчённого материала.

№ варианта	1Б	2Б	3Б	4Б	5Б	6Б	7Б	8Б	9Б	0Б
Вид материала	Гидрохинон	Резорцин	L-Сорбоза	о-Толуиловая кислота	Фталевый ангидрид	Гидрохинон	Резорцин	L-Сорбоза	о-Толуиловая кислота	Фталевый ангидрид
Критический размер частиц пыли в аэрозоли по условию взрывоопасности, мм	0,11	0,12	0,10	0,12	0,12	0,11	0,12	0,10	0,12	0,12
Процент взрывоопасной пыли в крафт-мешках	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,4
Масса загружаемого в мельницу кускового материала, кг	6,5	6,0	7,0	7,5	6,0	4,5	6,5	6,5	7,0	6,0
Распределение по дисперсности измельченного материала, массовая доля:										
фракция ≤ 80 мкм	0,2	0,1	0,5	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4
фракция ≤ 120 мкм	0,7	0,7	1,0	0,6	0,8	0,7	0,7	1,0	0,6	0,8
фракция ≤ 350 мкм	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	0,9
Кажущаяся плотность измельченного материала, кг/м ³	1260	1265	1415	1380	1350	1260	1265	1415	1380	1350

Общий вид вибрационной мельницы приведен на рис. Г.2 Приложения Г.

4. Рекомендованная литература

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» с изменениями, внесенными Федеральными законами от 10 июля 2012 г. № 117-ФЗ и от 23.06.2014 г. № 160-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (ст. 27, п. 10 ст. 88).

2. Свод правил СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий

и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности», утвержденный приказом МЧС РФ от 25 марта 2009 г. № 182, с изменениями, внесенными приказом МЧС РФ от 9 декабря 2010 г. № 643 «Об утверждении изменения № 1 к Своду правил СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (п.п. 1-6, Приложения А, Б, Д).

3. Свод правил СП 2.13130.2012. Системы противопожарной защиты.

Обеспечение огнестойкости объектов защиты.

4. Свод правил СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.

5. Свод правил СП 5.13130.2014. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.

6. Свод правил СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99* (п. 4).

7. Смолин И.М., Полетаев Н.Л., Гордиенко Д.М. и др. Пособие по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». – М.: ВНИИПО МЧС России, 2014. – 147 с.

8. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справ.

изд. В 2 книгах; кн. 1/ А.Н.Баратов, А.Я.Корольченко, Г.Н.Кравчук и др. – М.: Химия, 1990. – 496 с.; кн. 2 / А.Н.Баратов, А.Я.Корольченко, Г.Н.Кравчук и др. – М.: Химия, 1990. – 384 с.

Примечание: проверку соответствия проектных решений требованиям пожарной безопасности произвести только по указанным ниже пунктам в следующих сводах правил:

- СП 2.13130.2012 – п. 6.1.1;

- СП 4.13130.2013 – п.п. 6.1.36 и 6.1.37;

- СП 5.13130.2014 – п.п. 6, 8.2 и 9.2 таблицы А.3 Приложения А.

Образец выполнения чертежа

Поле 1 (материалы по производственному помещению 1: схемы размещения участков, оборудования и производственного процесса, результаты определения категории, предложенные мероприятия)	Поле 3 (материалы по производственному зданию: схема размещения помещений и их характеристика до реализации предложенных мероприятий)
Поле 2 (материалы по производственному помещению 2: схемы размещения участков, оборудования и производственного процесса, результаты определения категории, предложенные мероприятия)	Поле 4 (материалы по сравнительной оценке нормативных требований пожарной безопасности до и после реализации предложенных мероприятий по снижению взрывопожарной и пожарной опасности производственных процессов)
Штамп	

Рис. Б.1. Размещение материалов на чертеже

На полях 1 и 2 приводятся схемы размещения производственных участков и оборудования в рассматриваемых помещениях, а также принципиальные схемы технологических процессов с необходимыми надписями и подписями. Здесь же в табличной форме представляются результаты расчетного определения категории помещения и предложенные мероприятия по снижению взрывопожарной опасности производственных процессов.

На поле 3 приводится схема размещения помещений в здании и их характеристика, в табличной форме представляются результаты расчетного определения категории производственного здания до реализации предложенных мероприятий по снижению взрывопожарной опасности производственных процессов в помещениях.

На поле 4 в табличной форме приводится сравнительная оценка нормативных требований пожарной безопасности до и после реализации предложенных мероприятий по снижению взрывопожарной и пожарной опасности производственных процессов.

Приложение В

Размещение участков и оборудования в помещениях и схема производственного процесса в компрессорной

В.1. Размещение участков с ЛВЖ в отделении реагентов

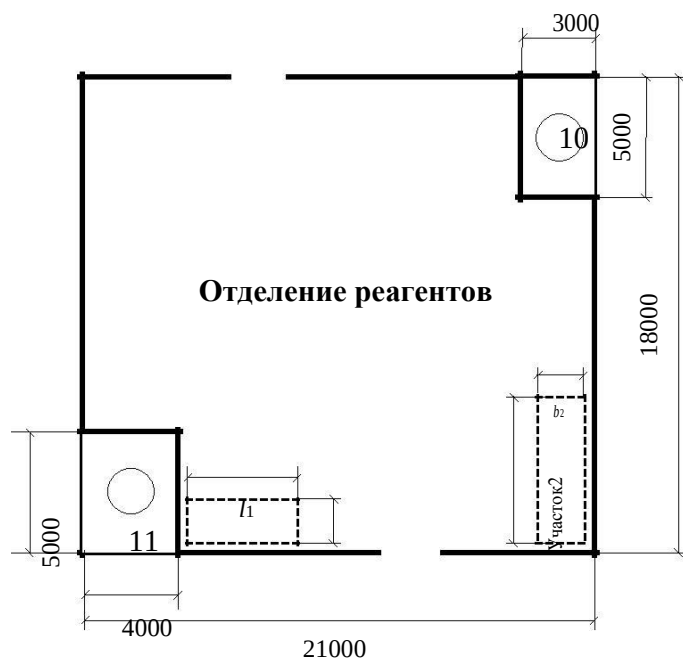


Рис. В.1. Размещение участков с ЛВЖ в отделении реагентов

В.2. Размещение оборудования в компрессорной

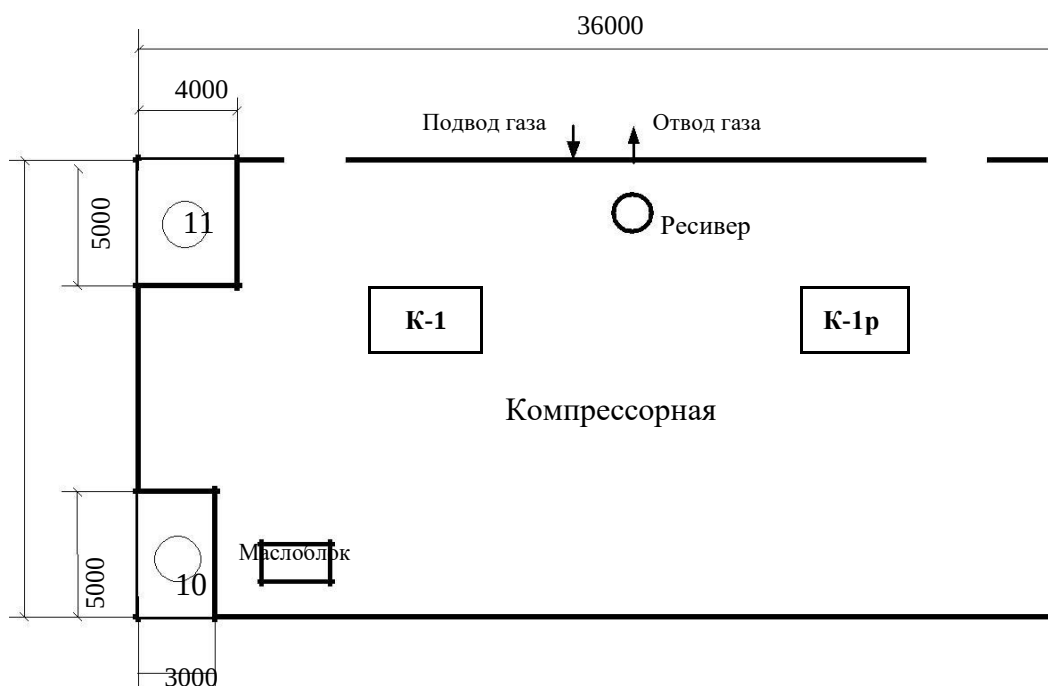


Рис. В.2. Размещение оборудования в компрессорной

В.3. Размещение оборудования в цехе размола реагентов

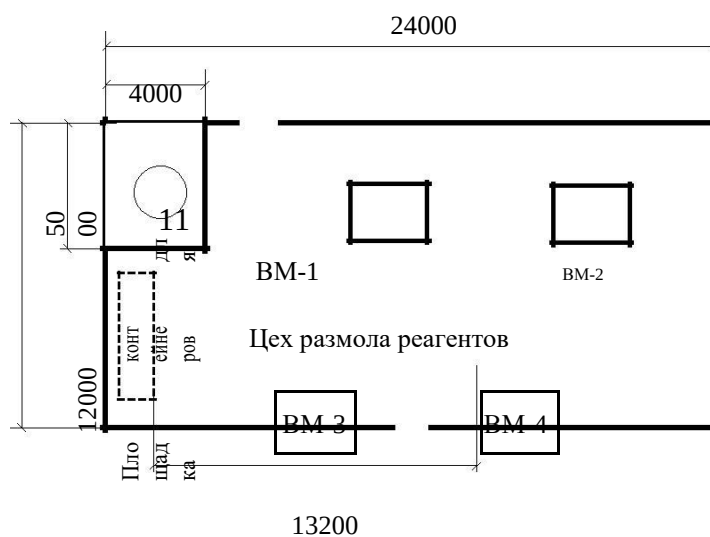


Рис. В.3. Размещение оборудования в цехе размола реагентов

В.4. Схема производственного процесса в компрессорной

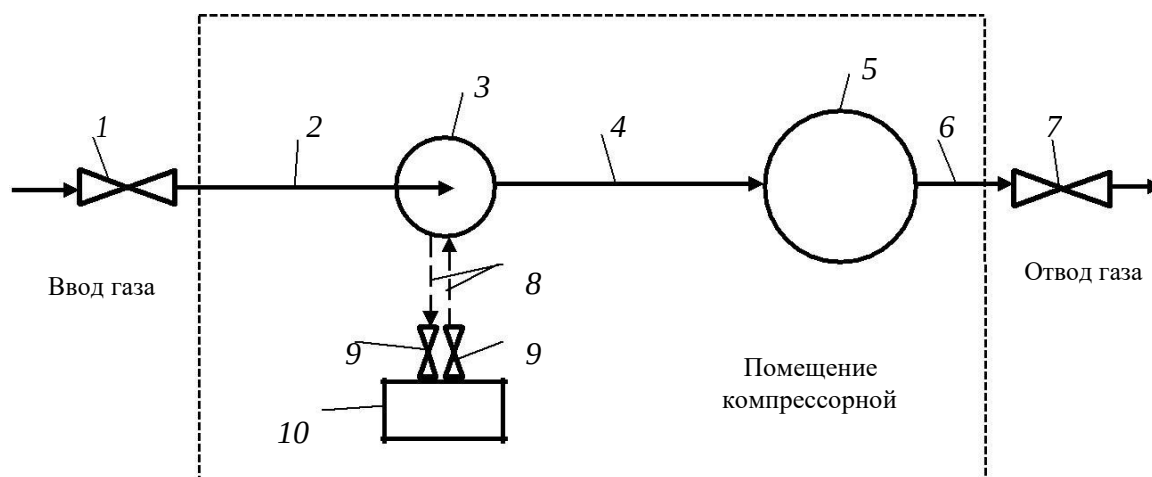


Рис. В.4. Схема производственного процесса в компрессорной:

1, 7, 9 –запорные устройства; 2, 4, 6 –участки газопровода; 3 –компрессор; 5 –ресивер; 8 –маслопроводы; 10 –маслоблок

Приложение Г Общие виды технологического оборудования

Г.1. Компрессорное оборудование

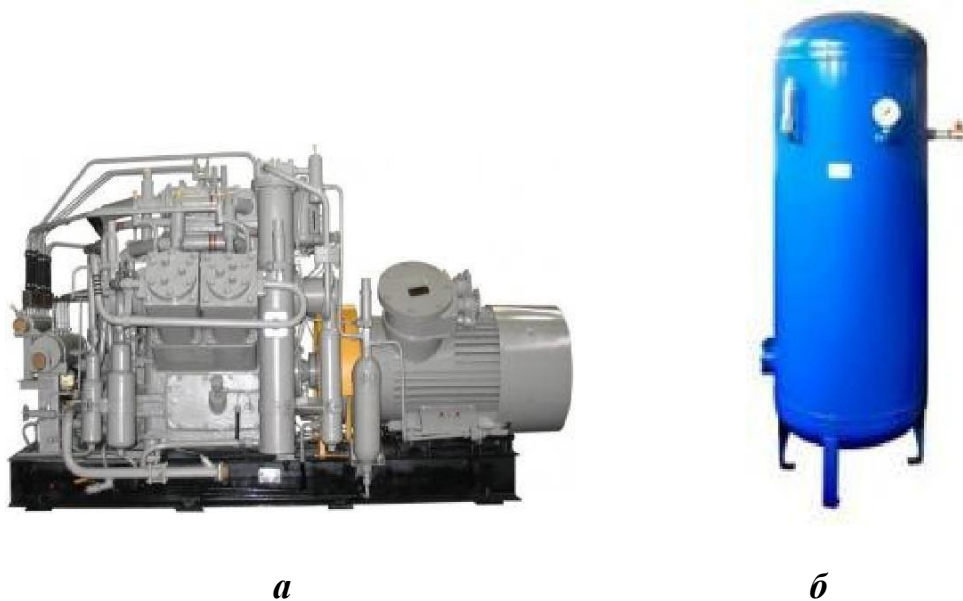


Рис. Г.1. Компрессорное оборудование:

а –газовый поршневой компрессор типа АГШ; *б* –ресивер

Г.2. Общий вид вибрационной мельницы



Рис. Г.2. Вибрационная мельница типа СВУ-2М
со сменными помольными камерами

Приложение Д Справочные материалы

Д.1. Климатические параметры теплого периода года

Таблица Д.1

Пункт	Температура °С, обеспеченностью 0,95	Средняя максимальная температура воздуха и влажности воздуха, °С	Абсолютная максимальная температура воздуха, °С	Средняя амплитуда температуры воздуха и влажности воздуха, °С	Средняя относительная влажность воздуха и влажности, %	Преобладающее направление ветра июнь-август	Минимальная средняя скорость ветра по розе ветров, м/с
Астрахань	29	32,2	41	12,2	40	В	3,2
Воронеж	25	25,9	41	11,2	69	З	0
Дмитров	20,3	22,7	36	10	74	СЗ	3,1
Иркутск	23	24,7	37	12,0	75	З	1,7
Краснодар	28	29,8	42	11,7	48	В	0
Красноярск	23	25,8	37	12,0	70	З	0
Рязань	21,7	24,1	38	10,5	71	З	4,1
Сочи	26	27,2	39	7,8	77	СВ	0
Уфа	25	25,5	41	12,0	72	С	0
Челябинск	21,7	24,1	40	10,7	69	СЗ	3,2

Д.2. Пожаровзрывоопасные свойства некоторых горючих веществ и материалов [10]

Ацетон, 2-пропанон, диметилкетон, C_3H_6O , легко воспламеняющаяся жидкость.
Мол. масса 58,08; плотн. при 20 °С 790,8 кг/м³; т. плавл. –95,35 °С; т. кип. 56,5 °С;
 $\lg p = 6,37551 - 1281,721 / (237,088 + t)$ при t-ре от –15 до 56 °С; коэф. диф. пара в воздухе
 $D_t = 0,109 \cdot (T/273)^{1/9}$ см²/с; тепл. образов. –217,57 кДж/моль; тепл. сгор. –
1821,38 кДж/моль, растворимость в воде неограниченная. Т. всп.: –9 °С (з.т.), –18 °С (о.т.);
т. воспл. –5 °С; т. самовоспл.: 535 °С в воздухе, 485 °С в кислороде, 325 °С в хлоре; конц.
пределы распр. пл. 2,7-13 % (об.); темп. пределы распр. пл.: нижн. –20 °С, верхн. 6 °С;
миним. энергия зажигания 0,41 мДж при 25 °С; при конц. паров 6 % (об.) макс. давл.
взрыва 572 кПа; скорость нарастания давл.: средн. 8,3 МПа/с, макс. 13,8 МПа/с; МВСК
11,9 % (об.) при разбавлении паровоздушной смеси азотом и 14,9 % (об.) при
разбавлении диоксидом углерода; миним. флегм. конц.: азота 41% (об.), диоксида
углерода 28 % (об.); КИ 16 % (об.); ад. т. гор. 1665 К; БЭМЗ 1,04 мм; норм. скор. распр.
пл. 0,44 м/с при 25 °С. Водные растворы ацетона пожароопасны. Ацетон отличается
способностью при горении на открытой поверхности прогреваться в глубину, образуя

все возрастающий гомотермический слой. Скорость выгорания $5,96 \cdot 10^{-2}$ кг/(м²·с).

Гидрохинон, 1,4-дигидроксibenзол,хинол,*n*-диоксibenзол,С₆Н₆О₂,горючее вещество. Мол. масса 110,11; плотн. 1358 кг/м³ при 20 °С; т. плавл. 169-171 °С; т. кип. 285-287 °С; плотн. пара по воздуху 3,81; тепл. образ. –260,5 кДж/моль; тепл. сгор. – 2826 кДж/моль; хорошо растворяется в горячей воде. Дисперсность образца 74 мкм. Т. самовоспл. аэрогеля 442 °С; нижн. конц. предел распр. пл. 7 г/м³; макс. давл. взрыва 590 кПа при конц. пыли 250 г/м³.

Изопропиловый спирт, 2-пропанол,изопропанол,диметилкарбинол,С₃Н₈О,легковоспламеняющаяся бесцветная жидкость. Мол.масса 60,09; плотн. 784,4 кг/м³ при 25 °С; плотн. пара по воздуху 2,1; т. кип. 82,3 °С; $l_{gp}=7,51055-1733,0/(232,380+t)$ при *t*-ре от –26 до 82 °С; коэф. диф. пара в воздухе 0,095 см²/с при 20 °С; диэлектр. пост. 18,3 при 25 °С; уд. электр. сопр. $1,96 \cdot 10^9$ Ом·м при 25 °С; в воде раствор.неограниченно. Тепл. образ. –272,4 кДж/моль; тепл. сгор. –2051,4 кДж/моль; Т. всп.: 14 °С (з.т.), 18 °С (о.т.); т. воспл. 21 °С; т. самовоспл. 430 °С; конц. пред.распр. пл. 2,23-12,7 % (об.); темп. распр. пл.: нижн. 11 °С, верхн. 42 °С; миним. флегм. конц., % (об.): СО₂ 28, Н₂О 34,5, N₂ 44,6; МВСК 11,4 % (об.); миним. энергия зажигания 0,65 мДж; скорость выгор. $4,36 \cdot 10^{-2}$ кг/(м²·с); макс. давл. взрыва 634 кПа; макс. скорость нарастания давл. 13,2 МПа/с; макс. норм.скорость горения 0,415 м/с. Водные растворы изопропилового спирта являются легковоспламеняющимися жидкостями.

Масло индустриальное 45 (машинное С),горючая вязкая жидкость.Плотн.917, 1 кг/м³. Т. всп. 181 °С; т. самовоспл. 355 °С; темп. пределы распр. пл.: нижн. 146 °С, верхн. 190 °С; тепл. сгор. 44500 кДж/кг (принять условно).

Масло индустриальное 50 (машинное СУ),горючая вязкая жидкость.Плотн.903 кг/м³. Т. всп. 200 °С; т. самовоспл. 380 °С; темп. пределы распр. пл.: нижн. 146 °С, верхн. 191 °С; тепл. сгор. 45000 кДж/кг (принять условно).

Метан,СН₄,горючий бесцветный газ.Мол.масса16,04;плоти. 0,7168кг/м³при 0°С; т. кип. –161,58 °С; $l_{gp}=5,68923-380,224/(264,804+t)$ при *t*-ре от –182 до –162 °С; коэф. диф. газа в воздухе 0,196 см²/с; тепл. образ. –74,8 кДж/моль; тепл. сгор. –802 кДж/моль. Т. самовоспл. 537 °С; конц. пределы распр. пл.: в воздухе 5,28-14,1 % (об.), в кислороде 5,1-61 % (об.); макс. давл. взрыва 706 кПа; макс. скорость нарастания давл. 18 МПа/с; норм.скорость распр. пл. 0,338 м/с; миним. энергия зажигания 0,28 мДж в воздухе и 0,0027 мДж в кислороде; миним. флегм.конц. разбавителя, % (об.): N₂ 37, Н₂О 29, СО₂ 24, Аг 51, Не 39, ССl₄ 13; МВСК 11 % (об.).

Резорцин, 1,3-дигидроксibenзол,резорцинол, 1,3-бензолдиол,*m*-диоксibenзол,С₆Н₆О₂, горючий белый кристаллический порошок. Мол. масса 110,11; т. плавл. 111°С; т. кип. 276,5 °С; плотн. 1271,7 кг/м³; плотн. пара по воздуху 3,8; тепл. образ. –278 кДж/моль; тепл. сгор. –2808 кДж/моль; в воде раств. Т. всп. 128 °С; т. воспл. 145 °С; т. самовоспл. 608 °С; нижн. конц. предел распр. пл. паров 1,26 % (об.), аэровзвеси 25 г/м³; миним. флегм.конц. азота 12 % (об.); при конц. пыли 200 г/м³ макс. давл. взрыва

147 кПа, скорость нарастания давл. 1,2 МПа/с.

L-Сорбоза, $C_6H_{12}O_6$, горючий порошок. Мол. масса 180,16; Т. плавл. 159-161 °С; тепл. образ. -1270 кДж/моль, тепл. сгор. -2806 кДж/моль; уд. электр. сопр. $2,35 \cdot 10^9$ Ом·м; Дисперсность образца менее 74 мкм. Т. воспл. 242 °С; т. самовоспл. аэ-ровзвеси 370 °С; нижн. конц. предел распр. пл. 65 г/м³; при конц. пыли 500 г/м³ макс. давл. взрыва 524 кПа; скорость нарастания давл.: средн. 9,6 МПа/с, макс. 32,4 МПа/с; миним. энергия зажигания 80 мДж.

о-Толуиловая кислота, 2-метилбензойная кислота, $C_8H_8O_2$, горючий порошок. Содержание основного вещества 95 % (масс.). Мол. масса 136,15; т. плавл. 99-105 °С; тепл. сгор. -3857,7 кДж/моль. Дисперсность образца 160-200 мкм. Т. самовоспл. аэрогеля 345 °С, аэровзвеси 542 °С; нижн. конц. предел распр. пл. 63 г/м³; при конц. пыли 520 г/м³ макс. давл. взрыва 300 кПа; МВСК 10 % (об.).

Фталевый ангидрид, ангидрид фталевой кислоты, фталандион, $C_8H_4O_3$, горючий порошок. Мол. масса 148,12; т. плавл. 130,8 °С; тепл. образ. -460,02 кДж/моль, тепл. сгор. -3259 кДж/моль; т. кип. 284,5 °С; плотн. пара по воздуху 5,11; в воде раствор. плохо. Т. всп. 152 °С (о. т.); т. самовоспл. 580 °С; конц. пределы распр. пл. паров 1,7-10,4 % (об.); темп. пределы распр. пл.: нижн. 124 °С, верхн. 194 °С. Аэровзвесь дисперсностью 74 мкм имеет т. самовоспл. 650 °С, нижн. конц. предел распр. пл. 15 г/м³, макс. давл. взрыва 500 кПа, макс. скорость нарастания давл. 29 МПа/с, миним. энергия зажигания 15 мДж, МВСК 11 % (об.).

Циклогексан, C_6H_{12} , легко воспламеняющаяся бесцветная жидкость. Мол. масса 84,16; плотн. 773 кг/м³; т. плавления 6,5 °С; т. кип. 80,7 °С; коэф. диф. пара в воздухе 0,0646 см²/с; $lg p = 5,96991 - 1203,526 / (222,863 + t)$ при 6,5-80 °С; тепл. образ. -123,13 кДж/моль; тепл. сгор. -3689 кДж/моль; в воде не раствор. Т. всп. -17 °С; т. самовоспл. 259 °С; конц. пределы распр. пл. 1,3-7,8 % (об.); темп. пределы распр. пл.: нижн. -17 °С, верхн. 20 °С; макс. давл. взрыва 858 кПа; макс. норм. скорость распр. пл. 0,436 м/с; т. гор. 2270 К; миним. энергия зажигания 0,22 мДж; БЭМЗ 0,94 мм.

Этан, C_2H_6 , горючий бесцветный газ. Мол. масса 30,07; плотн. жидкого этана 548,2 кг/м³ при -90 °С; т. кип. -88,63 °С; плотн. газа по воздуху 1,0488; коэф. диф. газа в воздухе 0,121 см²/с; тепл. образ. -84,68 кДж/моль; тепл. сгор. -1576 кДж/моль; в воде не раствор. Т. самовоспл. 515 °С; конц. пределы распр. пл.: 2,9-15% (об.) в воздухе, 3-66 % (об.) в кислороде. Макс. давл. взрыва 675 кПа; макс. скорость нарастания давл.: средн. 14,5 МПа/с, макс. 17,2 МПа/с; норм. скорость распр. пл. 0,476 м/с; миним. энергия зажигания 0,24 мДж; МВСК 11,3 % (об.) при разбавлении газовой смеси азотом и 13,8 % (об.) при разбавлении смеси диоксидом углерода; БЭМЗ 0,91 мм. Для предупреждения взрыва при аварийном истечении этана и тушения факела в закрытых объемах необходимая миним. концентр. диоксида углерода 34 % (об.), азота 46 % (об.).

Этанол, этиловый спирт, винный спирт, C_2H_6O , легко воспламеняющаяся бесцветная жидкость. Мол. масса 46,07; плотн. 785 кг/м³ при 25 °С; плотн. пара по воздуху 1,6; т. кип. 78,5 °С; $lg p = 7,81158 - 1918,508 / (252,125 + t)$ при t-ре от -31 до 78 °С; коэф. диф. пара в воздухе 0,132 см²/с при 25 °С; уд. электр. сопр. $7,4 \cdot 10^{11}$ Ом·м при 25 °С; тепл. образ. -234,9 кДж/моль; тепл. сгор. -1408 кДж/моль; в воде раствор. неограниченно. Т. всп.: 13 °С (з. т.), 16 °С (о. т.); т. воспл. 18 °С; т. самовоспл.

400 °C; конц. пределы распр. пл. 3,6-17,7 % (об.); темп.пределы распр. пл.: нижн. 11 °C, верхн. 41 °C; миним. флегм. конц., % (об.): CO₂ 29,5, H₂O 35,7, N₂ 46; макс. давл. взрыва 682 кПа; макс. скорость нарастания давл. 15,8 МПа/с; скорость выгор. $3,7 \cdot 10^{-2}$ кг/(м²·с); макс. норм.скорость распр. пл. 0,556 м/с; миним. энергия зажигания 0,246 мДж; МВСК 11,1 % (об.). Водные растворы этилового спирта пожароопасны

Приложение Е

Мероприятия по снижению взрывопожарной и пожарной опасности технологических процессов в производственных помещениях

Количество ГГ, СГГ, ЛВЖ, ГЖ и горючей пыли, поступающих в результате расчетной аварии в помещение, зависит:

- от габаритов аварийного аппарата;
- технологических параметров его работы;
- способа отключения от соседнего оборудования и места расположения запорных устройств.

Помимо этого, количество поступающих в помещение паров ЛВЖ и ГЖ зависит от площади пролива жидкости в помещении, наличия аппаратов с открытой поверхностью испарения и свежоокрашенных поверхностей.

Количество пыли и волокон, поступающих в результате расчетной аварии в помещение, зависит также от промежутка времени между генеральными и текущими пылеуборками, интенсивности пылеотложений, способа уборки пыли и др. факторов.

Коэффициент участия горючих газов и паров в горении, при прочих равных условиях, часто существенно зависит от способа определения его численного значения: расчетным способом по приведенной в Приложении Д [2] методике или принятого по таблице А.1 [2].

Мероприятия по снижению количества ГГ, СГГ, ЛВЖ, ГЖ и горючей пыли, выходящих из аварийного оборудования:

- вынос емкостных аппаратов за пределы помещений;
- замена аппаратов емкостного типа автоматическими регуляторами давления и расхода, автоматически действующими питателями и счетчиками-дозаторами;
- применение систем автоматического отключения трубопроводов с вероятностью отказа не выше $1 \times 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ или обеспечение резервирования их элементов;
- применение самосрабатывающих отсекателей потоков (обратных, скоростных, электромагнитных клапанов и др.);
- размещение устройств для аварийного отключения трубопроводов за пределами производственных помещений.

Мероприятия по уменьшению массы паров, поступающих в помещение с поверхностей пролива, из открытых аппаратов и со свежоокрашенных поверхностей:

- устройство аварийной или приравненной к ней постоянно работающей общеобменной вентиляции;
- замена открытых аппаратов на дышащие с выводом дыхательных линий за пределы помещений или на герметичные аппараты;
- проведение технологических процессов в укрытиях (например, проведение окраски и сушки в камерах и т. п.).

Мероприятия по уменьшению площади пролива жидкости:

- разделение площади производственного помещения на участки порогами или сливными лотками;
- устройство бортиков вокруг емкостных аппаратов;
- установка емкостных аппаратов в приямках и т. п.