



Российская федерация

Пермская краевая общественная организация
«ДОБРОВОЛЬНАЯ ПОЖАРНАЯ ОХРАНА»

614015, Пермский край, г. Пермь, ул.Максима Горького 49, офис 7/3
тел/факс (342) 210-31 59, 259-40-27, e-mail: vopo59@mail.ru

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

140221-ТЗ

Категорирование помещений
по взрывопожарной и пожарной опасности

Собственник помещений:

Частное образовательное учреждение дополнительного
профессионального образования «Учебный центр по
подготовке специалистов технических профессий и
рабочих»

Адрес: 617830, Пермский край, г. Чернушка, ул. Ленина, 72 а

Пермь, 2021

1. Оглавление

1	Оглавление	2
2	Общие положения .	3
3	Аналитический аппарат для определения категорий по взрывопожарной и пожарной опасности	4
3.1	Методика расчета величины избыточного давления взрыва при воспламенении горючих газов	4
3.2	Методика расчета величины избыточного давления взрыва при воспламенении паров легковоспламеняющихся жидкостей	6
3.3	Методика расчета величины избыточного давления взрыва при воспламенении паров сжиженных углеводородных газов	7
3.4	Методика оценки помещений по пожароопасной категории В1-В4	8
4	Исходные данные и условия для оценки категорий помещений	9
5	Определение категорий помещений ЧОУ ДПО «Учебный центр» по взрывопожарной и пожарной опасности	11
5.1	Определение категории помещения «Топочная» по взрывопожарной и пожарной опасности	12
5.2	Определение категории помещения «Библиотека» по взрывопожарной и пожарной опасности	13
5.3	Определение категории помещения «Вспомогательное помещение» (1 этаж) по взрывопожарной и пожарной опасности	14
5.4	Определение категории помещения «Подсобная» (2 этажа) по взрывопожарной и пожарной опасности	15
5.5	Определение категории помещения «Гараж - лаборатория» по взрывопожарной и пожарной опасности	15
5.6	Определение категории помещения «Гараж для легковых автомобилей» по взрывопожарной и пожарной опасности	17
5.7	Определение категории помещения «Гараж для грузовых автомобилей» по взрывопожарной и пожарной опасности	18
6	Результаты категорирования помещений ЧОУ ДПО «Учебный центр» по взрывопожарной и пожарной опасности	20
7	Категорирования помещений ЧОУ ДПО «Учебный центр» по классу пожароопасных и взрывопожароопасных зон	21
8	Образцы обозначения категорий	22
9	Список литературы	22
	Рисунок 1. Сценарии аварийной ситуации в помещении «Гараж – лаборатория»	24
	Рисунок 2. Сценарии аварийной ситуации в помещении «Гараж для легковых автомобилей»	25

2. Общие положения

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д.

Категории помещений определяются, исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также, исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов.

Определение пожароопасных свойств веществ и материалов производится на основании результатов испытаний или расчетов по стандартным методикам с учетом параметров состояния (давления, температуры и т.д.).

Допускается использование официально опубликованных справочных данных по пожароопасным свойствам веществ и материалов.

Допускается использование показателей пожарной опасности для смесей веществ и материалов по наиболее опасному компоненту.

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

**Обозначения категорий помещений
по взрывопожарной и пожарной опасности**

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении	
	1	2
А повышенная взрывопожаро- опасность		Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожаро- опасность		Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа

1	2
В1-В4 пожаро- опасность	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б
Г умеренная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д пониженная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице 1, от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

3. Аналитический аппарат для определения категорий по взрывопожарной и пожарной опасности

3.1. Методика расчета величины избыточного давления взрыва при воспламенении горючих газов

Определяется объем газа, вышедшего из трубопровода, после его отключения V_{2T} , м³:

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi P_2 (r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \dots + r_n^2 L_n) \quad (1)$$

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

r_1, r_2, \dots, r_n – внутренний радиус 1- ого, 2-ого, n - ого участка трубопровода, м;

L_1, L_2, \dots, L_n – длина 1- ого, 2-ого, n - ого участка трубопровода от аварийного аппарата до задвижек, м.

Определяется объем газа, вышедшего из трубопровода, до его отключения V_{1T} , м³:

$$V_{1T} = qT, \quad (2)$$

где, q – расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды

и т.д., $\text{м}^3/\text{с}^{-1}$; T – время срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование ее элементов (в противном случае: 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование ее элементов и 300 с при ручном отключении).

Расчет величины объема газа, вышедшего из трубопровода V_T производится по формуле, м^3 :

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (3)$$

Вычисляется объем газа, вышедший из аппарата V_a , м^3 :

$$V_a = 0,01 \cdot P_1 V, \quad (4)$$

где P_1 – давление в аппарате, кПа,

V – объем аппарата, м^3 .

Масса газа, m_r , поступившего в помещение при расчетной аварии газа определяется по формуле, кг:

$$m_r = (V_T + V_a) \rho_r, \quad (5)$$

где ρ_r – плотность газа, определяемая по п. А.2.1 [1] или по справочным данным, $\text{кг}/\text{м}^3$.

При наличии в помещении вентиляции, соответствующей требованиям, указанным в п. А.2.3 [2], выражение приобретает следующий вид:

$$m_r = \frac{(V_T + V_a) \rho_r}{AT + 1},$$

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

Вычисляется значение стехиометрического коэффициента кислорода в реакции горения β :

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2}, \quad (6)$$

где, n_C, n_H, n_O, n_X – число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле газа.

Стехиометрическая концентрация смеси газа с воздухом $C_{ст}$ находится по формуле, %:

$$C_{ct} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (7)$$

В итоге определяется величина избыточного давления взрыва паров ЛВЖ ΔP , кПа:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{m_n Z 100}{V_{cb} \rho_r C_{ct} K_h}, \quad (8)$$

где P_0 – начальное давление среды до взрыва, принимаемое в значении 101,3 кПа;

P_{\max} – максимальное давление взрыва паров ЛВЖ, кПа;

V_{cb} – свободный объем помещения (принимается 80% от общего объема помещения), м³;

K_h – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения, принимается равным 3;

Z – коэффициент участия газа в горении равный 0,5 [2].

3.2. Методика расчета величины избыточного давления взрыва при воспламенении паров легковоспламеняющихся жидкостей

Определяется давление насыщенных паров P_h в соответствии с Пособием по применению СП 12.13130.2009 [5], кПа:

$$P_h = 10^{\frac{A-B}{C_A+t_p}}, \quad (9)$$

где A, B, C_A – константы Антуана,

t_p – абсолютно максимальная температура воздуха согласно СНиП 2.01.01-82 в данном районе, равная 39 °С;

Рассчитывается интенсивность испарения W , кг·м⁻²·с⁻¹ по формуле [5]:

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

где, M – молярная масса кг/кмоль,

η – коэффициент, равный 1 (СП 12.13130.2009) в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

Определяется значение массы паров жидкости поступивших в помещение, кг:

$$m_n = W F_u T \quad (11)$$

где T – продолжительность поступления паров ЛВЖ в объем помещения, равная 3600 с [1],

$F_{\text{и}}$ – площадь испарения равная соотношению 1л = 1 м² [2] .

Стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ с воздухом находится аналогично (7).

В итоге определяется величина избыточного давления взрыва паров ЛВЖ ΔP , кПа по формуле (8). При этом величина Z принимается равной 0,3 [2].

3.3. Методика расчета величины избыточного давления взрыва при воспламенении паров сжиженных углеводородных газов

Рассчитывается величина коэффициента теплопроводности материала, на который пришелся разлив СУГ λ_{tb} , м²с⁻¹:

$$a = \frac{\lambda_{\text{tb}}}{C_{\text{tb}} \rho_{\text{tb}}}, \quad (12)$$

где λ_{tb} – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт·м⁻¹К⁻¹;

C_{tb} – теплоемкость материала, на поверхность которого разливается СУГ, Дж·кг⁻¹К⁻¹;

ρ_{tb} – плотность материала, на который произошел разлив СУГ, кг·м⁻³.

Находится характерный размер пролива СУГ d , м:

$$d = \sqrt{\frac{4F_{\text{и}}}{\pi}}. \quad (13)$$

Вычисляется число Рейнольдса Re :

$$Re = \frac{Ud}{v_{\text{b}}}, \quad (14)$$

где U – скорость воздушного потока, мс⁻¹;

v_{b} – кинематическая вязкость воздуха, м²с⁻¹.

Величина удельной массы испарившегося СУГ $m_{\text{СУГ}}$, кг:

$$m_{\text{СУГ}} = \frac{M}{L_{\text{исп}}} (T_0 - T_{\text{ж}}) \left(2\lambda_{\text{tb}} \sqrt{\frac{t}{\pi a}} + \frac{5,1\sqrt{Re} \cdot \lambda_{\text{b}} t}{d} \right), \quad (15)$$

где M – молярная масса СУГ, кг/моль;

$L_{\text{исп}}$ – мольная теплота испарения СУГ при начальной температуре СУГ, Дж/моль;

T_0 – начальная температура материала, на который произошел пролив СУГ, К;

$T_{\text{ж}}$ – температура СУГ, К;

t – текущее время, принимаемое равным времени полного испарения, но не более 3600 с.

Масса паров СУГ, поступивших при расчетной аварии в помещение m , кг

$$m = m_{\text{СУГ}} F_{\text{И}} \quad (16)$$

В итоге определяется величина избыточного давления взрыва СУГ ΔP , кПа по формуле (8). При этом величина Z принимается равной 0,5 [2].

3.4. Методика оценки помещений по пожароопасной категории В1-В4

В соответствии с СП 12.13130.2009 определяется значение пожарной нагрузки Q по формуле, мДж:

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_{hi}^p, \quad (23)$$

где G_i – количество i -го материала пожарной нагрузки, кг;

Q_{hi}^p – низшая теплота сгорания i -го материала пожарной нагрузки, МДж·кг⁻¹.

Удельная пожарная нагрузка g рассчитывается по следующему выражению, МДж·м⁻²:

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (24)$$

где, S - площадь размещения пожарной нагрузки, м² (но не менее 10 м² согласно п. Б.2 СП 12.13130.2009).

При наличии нескольких участков с пожарной нагрузкой осуществляется проверка нормировочных условий по п.Б.2 СП 12.13130.2009. В помещениях категории В4 расстояния между участками с пожарной нагрузкой должны быть более предельных. В таблице Б.2 СП 12.13130.2009 приведены рекомендуемые значения предельных расстояний в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков (таблица Б.3 СП 12.13130.2009). Значения, приведенные в таблице Б.2, рекомендуются при условии, если высота размещения пожарной

нагрузки более 11 м. Если высота размещения пожарной нагрузки меньше 11 м, то предельное расстояние определяется по формуле:

$$l = l_{\text{пр}} + (11 + H), \quad (25)$$

где l – расстояние между участками пожарной нагрузки, м;

$l_{\text{пр}}$ – величина предельного расстояния, которая определяется по таблице Б.2 СП 12.13130.2009;

H – минимальное расстояние от поверхности горючей нагрузки до перекрытия, м.

При определении категории В2 или В3 необходима проверка по условию неравенства:

$$Q \geq 0,64 g_t H^2, \quad (26)$$

Здесь $g_t=2200 \text{ МДж}/\text{м}^2$ при $1401 \text{ МДж}/\text{м}^2 \leq g \leq 2200 \text{ МДж}/\text{м}^2$ и $g_t=1400 \text{ МДж}/\text{м}^2$ при $181 \text{ МДж}/\text{м}^2 \leq g \leq 1400 \text{ МДж}/\text{м}^2$.

Если данное условие выполняется, то категория помещения повышается до В1 и В2 соответственно.

4. Исходные данные и условия для оценки категорий помещений

Параметры и характеристики веществ и материалов, необходимых для проверки соответствия помещений к категориям «А» и «Б» приведены ниже. Параметры пожарной нагрузки помещений, необходимые для проверки соответствия помещений к одной из категорий «В1- В4» приведены в таблице 2.

Коэффициент теплопроводности бетона	$1,3 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$;
Коэффициент теплопроводности воздуха.....	$0,0155 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$;
Теплоемкость бетона.....	$840 \text{ Дж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$;
Плотность бетона.....	$2000 \text{ кг}\text{ м}^{-3}$;
Кинематическая вязкость воздуха.....	$1,62 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2\cdot\text{с}^{-1}$;
Плотность воздуха при температуре 20°C	$1,2 \text{ кг}\text{ м}^{-3}$;
Хим.формула дизельного топлива.....	$\text{C}_{14,511}\text{H}_{29,120}$;
Молярная масса дизельного топлива.....	$172,3 \text{ кмоль}^{-1}$;
Плотность паров дизельного топлива.....	$6,74 \text{ кг}\text{ м}^{-3}$;

Удельная теплота сгорания дизельного топлива.....	43590 кДж·кг ⁻¹ ;
Плотность дизельного топлива.....	850 кг м ⁻³ ;
Константы Антуана для диз. топл.....	A=5,07818, B=1255,73, C=190,523;
Температура вспышки дизельного топлива.....	35 ⁰ С;
Хим.формула бензина.....	C _{7,024} H _{13,706} ;
Молярная масса бензина.....	98,2 кмоль ⁻¹ ;
Плотность паров бензина.....	4,08 кг м ⁻³ ;
Удельная теплота сгорания бензина.....	43641 кДж·кг ⁻¹ ;
Плотность бензина.....	798 кг м ⁻³ ;
Константы Антуана для бензина.....	A=4,12311, B=664,976, C=221,695;
Температура вспышки бензина.....	- 27 ⁰ С;
Химическая формула природного газа (метановая фракция).....	CH ₄ ;
Максимальное давление взрыва природного газа (по метану).....	706 кПа;
Плотность природного газа (по метану).....	0,716 кг·м ⁻³ ;
Молярная масса природного газа (по метану).....	16,04 кмоль ⁻¹ ;
Химическая формула пропан- бутана.....	C ₃ H ₈ C ₄ H ₁₀ ;
Соотношение пропана и бутана в смеси (%/%)	43,99/54,30;
Объем баллона для СУГ (пропан - бутан).....	60 л;
Количество СУГ в баллоне (пропан - бутан).....	48 л;
Давление в баллоне с СУГ (рабочее).....	1,6 ^{+0,1} МПа;
Молярная масса СУГ (пропан - бутан).....	51,1 кмоль ⁻¹ ;
Молярная теплота испарения СУГ (пропан - бутан).....	20,74 кДжмоль ⁻¹ ;
Температура СУГ (жидкость).....	- 40 ⁰ С;
Плотность пропан – бутана (газ).....	0,536 кг·м ⁻³ ;
Марка котла.....	КОВ-50СТ1н «Сигнал»;
Максимальное давление взрыва СУГ (пропан - бутан).....	843 кПа;
Тип топлива для котла.....	Природный газ;
Объем котла.....	0,406 м ³ ;
Длина трубопровода от крана (клапана) до котла.....	3,2 м;
Диаметр трубопровода.....	0,025 м;
Расход газа	0,0008 м ³ /с.

Таблица 2

Параметры пожарной нагрузки помещений

№ п/п	Наименование и параметры помещения	Параметры пожарной нагрузки				
		Наименование горючего вещества	Q_n^p , МДж/кг	G, кг	H, м	$S,$ m^2
1	Топочная (площадь 16,1 м ² , высота 3,55 м)	Отсутствуют	—	—	—	—
2	Библиотека (площадь 22,1 м ² , высота 3,37 м)	Древесно - стру- жечные плиты	18,4	1000	1,5	12
		Линолеум	20,97	120	3	22,1
		Бумага	13,8	1000	1,5	8
3	Вспомогательное помещение 1 этаж (площадь 5,3 м ² , высота 3,55 м)	Дерево	20,8	200	1,5	3
		Бумага и картон	13,8	800	1,5	3
4	Подсобная 2 этаж (площадь 12,4 м ² , высота 3,37 м)	Древесина	20,8	100	1,5	5
		Древесно - во- локнистые плиты	18,1	20	1,5	5
		Древесно - стру- жечные плиты	18,4	400	1,5	8
		Бумага	13,8	800	1,5	8
		Пластмасса	47,14	20	1,5	5
		Линолеум	20,97	65	3	12,4
5	Гараж – – лаборатория (площадь 70,1 м ² , высота 3,55 м)	Дизельное топливо	43,59	21,25	1,2	5
		Бензин	43,64	56,8	1,2	10,6
6	Гараж для легко- вых автомобилей (площадь 140,7 м ² , высота 3,55 м)	ПВХ	25,0	10	1,5	1
		СУГ (пропан –бутан)	—	480	—	—
		Древесина	20,8	200	2,3	4
7	Гараж для грузо- вых автомобилей (площадь 189,2 м ² , высота 3,55 м)	Дизельное топливо	43,59	467,5	1	46,25
		СУГ (пропан –бутан)	—	48	—	—
		Бензин	43,64	74,55	3,8	17,5
		Масло ВМГЗ	42,3	233,7	1	20,75

5. Определение категорий помещений ЧОУ ДПО «Учебный центр»

по взрывопожарной и пожарной опасности

5.1. Определение категории помещения «Топочная» по взрывопожарной и пожарной опасности

В соответствии с данными предоставленными заказчиком, в помещении «Топочная» осуществляется технологический процесс по нагреву теплоносителя системы отопления посредством сжигания природного газа в газовых котлах. Исходя из указанных данных, учитывая пожароопасные свойства обращаемых в помещении горючих веществ (природный газ), согласно п.п. 5.1, 5.2 [2] необходима последовательная проверка принадлежности помещения «Топочная» к категории «А» и категории «Г». В качестве проектной аварии выбирается ситуация разгерметизации подводящего газопровода и воспламенение газовоздушной смеси в объеме помещения.

Определяется объем газа, вышедшего из трубопровода, после его отключения V_{2T} , м³:

$$V_{2T} = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 0,02^2 \cdot 3,2 = 0,00008$$

Определяется объем газа, вышедшего из трубопровода, до его отключения V_{1T} , м³:

$$V_{1T} = 0,0008 \cdot 300 = 0,24$$

Расчет величины объема газа, вышедшего из трубопровода V_T производится по формуле, м³:

$$V_T = 0,00008 + 0,24 = 0,24008$$

Вычисляется объем газа, вышедший из аппарата V_a , м³:

$$V_a = 0,01 \cdot 2 \cdot 0,406 = 0,00812$$

Масса газа, m_r , поступившего в помещение при расчетной аварии газа определяется по формуле, кг:

$$m_r = (0,24008 + 0,00812) \cdot 0,716 = 0,177$$

Вычисляется значение стехиометрического коэффициента кислорода в реакции горения β :

$$\beta = 1 + \frac{4 - 0}{4} = 2$$

где, n_C , n_H , n_O , n_X – число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле газа.

Стехиометрическая концентрация смеси газа с воздухом C_{ct} находится по формуле, %:

$$C_{ct} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 2} = 9,36$$

В итоге определяется величина избыточного давления взрыва газовоздушной смеси, кПа:

$$\Delta P = (706 - 101,3) \frac{0,177 \cdot 0,5 \cdot 100}{0,8 \cdot 57,15 \cdot 0,716 \cdot 9,36 \cdot 3} = 5,81$$

Избыточное давление взрыва больше 5 кПа. Отсюда следует, что помещение топочной относится к категории «А».

5.2. Определение категории помещения «Библиотека» по взрывопожарной и пожарной опасности

В соответствии с данными предоставленными заказчиком, в помещении «Библиотека» находятся твердые горючие материалы, пожароопасные свойства которых представлены в таблице 1. Исходя из указанных данных в соответствии п.п. 5.1, 5.2 [2] необходима проверка принадлежности помещения к одной из категорий «B1-B4». В качестве проектной аварии выбирается ситуация воспламенение сгораемых материалов от электрического или теплового источника зажигания.

Определяется значение пожарной нагрузки Q по формуле, мДж:

$$Q = \sum_{i=1}^3 G_i Q_{Hi}^P = (1000 \cdot 18,4) + (120 \cdot 20,97) + (1000 \cdot 13,8) = 37716,4$$

Величина удельной пожарной нагрузки равна, МДж·м⁻²:

$$g = \frac{Q}{S} = \frac{37716,4}{22,1} = 1706,62$$

Согласно п.Б.1. табл. Б.1 СП 12.13130.2009, помещение соответствует пожароопасной категории «B2». По условию п.Б.2 СП 12.13130.2009 проводится проверка условия соответствия помещения категории B1:

$$Q \geq 0,64 g_T H^2,$$

$Q = 37716,4$ $g_T = 2200$ $H^2 = 2,25$ $0,64 g_T H^2 = 3168$	$\Rightarrow 37716,4 > 3168.$
--	-------------------------------

Условие неравенства выполняется. Категория помещения повышается до В1.

5.3. Определение категории помещения «Вспомогательное помещение»

(1 этаж) по взрывопожарной и пожарной опасности

В соответствии с данными предоставленными заказчиком, в помещении «Вспомогательное помещение» находятся твердые горючие материалы, пожароопасные свойства которых представлены в таблице 2. Исходя из указанных данных в соответствии п.п. 5.1, 5.2 [2], необходима проверка принадлежности помещения к одной из категорий «В1-В4». В качестве проектной аварии выбирается ситуация воспламенение сгораемых материалов от электрического или теплового источника зажигания.

Определяется значение пожарной нагрузки Q по формуле, мДж:

$$Q = \sum_{i=1}^2 G_i Q_{Hi}^P = (200 \cdot 20,8) + (800 \cdot 13,8) = 15200$$

Величина удельной пожарной нагрузки равна, МДж·м⁻²:

$$g = \frac{Q}{S} = \frac{15200}{10} = 1520$$

Согласно п.Б.1. табл. Б.1 СП 12.13130.2009, помещение соответствует пожароопасной категории «В2». По условию п.Б.2 СП 12.13130.2009 проводится проверка условия соответствия помещения категории В1:

$$Q \geq 0,64 g_T H^2,$$

$Q = 15200$ $g_T = 2200$ $H^2 = 2,25$ $0,64 g_T H^2 = 3168$	$\Rightarrow 15200 > 3168.$
--	-----------------------------

Условие неравенства выполняется. Категория помещения повышается до В1.

5.4. Определение категории помещения «Подсобная» (2 этаж)

по взрывопожарной и пожарной опасности

В соответствии с данными предоставленными заказчиком, в помещении «Подсобная» находятся твердые горючие материалы, пожароопасные свойства которых представлены в таблице 1. Исходя из указанных данных в соответствии п.п. 5.1, 5.2 [2] необходима проверка принадлежности помещения к одной из категории «B1-B4». В качестве проектной аварии выбирается ситуация воспламенение сгораемых материалов от электрического или теплового источника зажигания.

Определяется значение пожарной нагрузки Q по формуле, мДж:

$$Q = \sum_{i=1}^6 G_i Q_{Hi}^P = (100 \cdot 20,8) + (20 \cdot 18,1) + (400 \cdot 18,4) + \\ + (800 \cdot 13,8) + (20 \cdot 47,14) + (65 \cdot 20,97) = 23147,85$$

Величина удельной пожарной нагрузки равна, МДж·м⁻²:

$$g = \frac{Q}{S} = \frac{23147,85}{12,4} = 1866,76$$

Согласно п.Б.1. табл. Б.1 СП 12.13130.2009, помещение соответствует пожароопасной категории «B2». По условию п.Б.2 СП 12.13130.2009 проводится проверка условия соответствия помещения категории B1:

$$Q \geq 0,64 g_T H^2, \\ \boxed{\begin{array}{l|l} Q = 23147,85 & \\ g_T = 2200 & \\ H^2 = 2,25 & \Rightarrow 23147,85 > 3168. \\ 0,64 g_T H^2 = 3168 & \end{array}}$$

Условие неравенства выполняется. Категория помещения повышается до B1.

5.5. Определение категории помещения «Гараж - лаборатория»

по взрывопожарной и пожарной опасности

По сведениям заказчика в помещении «Гараж – лаборатория» осуществляются работы по техническому обслуживанию автотракторной техники (в ходе учебного процесса), а так же ее стоянка в нерабочее время. В топливных системах автотракторной техники обращаются легковоспламеняющиеся жидкости с температурой

вспышки менее 28⁰C (бензин) и легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28⁰C (дизельное топливо). В соответствии с п.п. 5.1, 5.2 [2] необходима последовательная проверка принадлежности помещения к категориям «А», «Б» и «В1–В4». В качестве расчетной аварии выбирается ситуация разгерметизации топливной системы, содержимое которое поступает в помещение, где образуется розлив. Пары ЛВЖ образуют взрывоопасную смесь, которая воспламеняется от источника зажигания электрического происхождения (сценарий А1 на Рисунке 1). Аварийная вентиляция в помещении отсутствует. Данные об аэрации помещения не предоставлены. Свободный объем помещения принимается равным от 0,8 геометрического [2]. Площадь розлива определяется из соотношения 1 л = 1 м² [2]. Скорость воздушного потока в помещении принимается равной 0,1 мс⁻¹

Определяется давление насыщенных паров P_h бензина, кПа:

$$P_h = 10^{4,12311 - \frac{664,976}{221,695+39}} = 10^{1,57} = 13,29$$

Рассчитывается интенсивность испарения W , кг·м⁻² · с⁻¹ по формуле:

$$W = 10^{-6} \sqrt{1798,2} \cdot 13,29 = 1,31 \cdot 10^{-4}$$

Определяется значение массы паров жидкости поступивших в помещение, кг:

$$m_n = WF_n T = 1,31 \cdot 10^{-4} \cdot 56,8 \cdot 3600 = 26,93$$

Вычисляется значение стехиометрического коэффициента кислорода в реакции горения β :

$$\beta = 7,024 + \frac{13,706 - 0}{4} = 10,44$$

где, n_C, n_H, n_O, n_X – число атомов C, H, O и галоидов в молекуле газа.

Стехиометрическая концентрация смеси газа с воздухом C_{ct} находится по формуле, %:

$$C_{ct} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 10,44} = 1,94$$

В итоге определяется величина избыточного давления взрыва паровоздушной смеси, кПа:

$$\Delta P = (900 - 101,3) \frac{26,93 \cdot 0,3 \cdot 100}{0,8 \cdot 248,85 \cdot 4,08 \cdot 1,94 \cdot 3} = 136,49$$

Так как избыточное давление взрыва больше 5 кПа помещение «Гараж – лаборатория» относится к повышенной взрывопожароопасной категории «А».

5.6. Определение категории помещения «Гараж для легковых автомобилей» по взрывопожарной и пожарной опасности

По сведениям заказчика в помещении «Гараж для легковых автомобилей» осуществляются работы по техническому обслуживанию автомобилей, а так же их стоянка в нерабочее время. В топливных системах автомобилей используется пропан – бутан (сжиженный углеводородный газ – СУГ). В соответствии с п.п. 5.1, 5.2 [2] необходима последовательная проверка принадлежности помещения к категориям «А», «Б» и «В1–В4». В качестве расчетной аварии выбирается ситуация разгерметизации топливной системы, содержимое которой (48 л) поступает в помещение, образуя розлив СУГ. В последующем происходит переход СУГ из жидкой в газообразную форму с образованием взрывоопасной газовоздушной смеси, которая воспламеняется от источника зажигания электрического происхождения (сценарий А1, Рисунок 2). Аварийная вентиляция в помещении отсутствует. Данные об аэрации помещения не предоставлены. Свободный объем помещения принимается равным от 0,8 геометрического [2]. Площадь розлива определяется из соотношения 1 л = 1 м² [2]. Скорость воздушного потока в помещении принимается равной 0,1 мс⁻¹.

Рассчитывается величина коэффициента теплопроводности материала, на который пришелся розлив СУГ λ_{tb} , м²с⁻¹:

$$a = \frac{0,0155}{2000 \cdot 840} = 7,73 \cdot 10^{-7}$$

Находится характерный размер пролива СУГ d , м:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 48}{3,14}} = 7,81$$

Вычисляется число Рейнольдса:

$$Re = \frac{0,1 \cdot 7,81}{16,2 \cdot 10^{-5}} = 4,827 \cdot 10^4$$

Величина удельной массы испарившегося СУГ, кг·м⁻²:

$$m_{\text{СУГ}} = \frac{0,0511}{20740} (309,2 - 233,15) \left(2 \cdot 1,3 \sqrt{\frac{3600}{3,14 \cdot 7,73 \cdot 10^{-7}}} + \frac{5,1 \sqrt{4,827 \cdot 10^4} \cdot 1,3 \cdot 3600}{7,81} \right) = \\ = 144,04$$

Масса паров СУГ, поступивших при расчетной аварии в объем помещения, кг

$$m = m_{\text{СУГ}} F_{\text{И}} = 144,04 \cdot 48 = 6931,511$$

Вычисляется значение стехиометрического коэффициента кислорода в реакции горения β (бутановая фракция):

$$\beta = 4 + \frac{10 - 0}{4} = 6,5$$

Стехиометрическая концентрация смеси газа с воздухом $C_{\text{ст}}$ находится по формуле, %:

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 6,5} = 3,08$$

В итоге определяется величина избыточного давления взрыва СУГ ΔP

$$\Delta P = (843 - 101,3) \frac{6931,511 \cdot 0,5 \cdot 100}{399,8 \cdot 0,536 \cdot 3,08 \cdot 3} = 129821,5$$

Так как избыточное давление взрыва больше 5 кПа, помещение «Гараж для легковых автомобилей» относится к повышенной взрывопожароопасной категории «А».

5.7. Определение категории помещения «Гараж для грузовых автомобилей» по взрывопожарной и пожарной опасности

По сведениям заказчика в помещении «Гараж для грузовых автомобилей» осуществляются работы по техническому обслуживанию автомобилей, а так же их стоянка в нерабочее время. В топливных системах автомобилей используется пропан – бутан (сжиженный углеводородный газ – СУГ) и ЛВЖ (бензин, дизельное топливо). В составе конструкции автомобиля «ГАЗ-3307(27047D)» находится 1 баллон с СУГ, в котором хранится 48 литров пропан-бутана в жидким состоянии.

Данные по количеству ЛВЖ в помещении (суммарная величина) приведены в Таблице 2. В соответствии с п.п. 5.1, 5.2 [2] необходима последовательная проверка принадлежности помещения к категориям «А», «Б» и «В1–В4». В качестве расчет-

ной аварии выбирается ситуация аналогичная предыдущей. Аварийная вентиляция в помещении отсутствует. Данные об аэрации помещения не предоставлены. Свободный объем помещения принимается равным от 0,8 геометрического [2]. Площадь розлива определяется из соотношения 1 л = 1 м² [2]. Скорость воздушного потока в помещении принимается равной 0,1 мс⁻¹.

Рассчитывается величина коэффициента теплопроводности материала, на который пришелся розлив СУГ $\lambda_{\text{тв}}$, м²с⁻¹:

$$a = \frac{0,0155}{2000 \cdot 840} = 7,73 \cdot 10^{-7}$$

Находится характерный размер пролива СУГ d , м:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 48}{3,14}} = 7,81$$

Вычисляется число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{0,1 \cdot 7,81}{16,2 \cdot 10^{-5}} = 4,827 \cdot 10^4$$

Величина удельной массы испарившегося СУГ, кг·м⁻²:

$$m_{\text{СУГ}} = \frac{0,0511}{20740} (309,2 - 233,15) \left(2 \cdot 1,3 \sqrt{\frac{3600}{3,14 \cdot 7,73 \cdot 10^{-7}}} + \frac{5,1 \sqrt{4,827 \cdot 10^4} \cdot 1,3 \cdot 3600}{7,81} \right) = \\ = 144,04$$

Масса паров СУГ, поступивших при расчетной аварии в объем помещения, кг:

$$m = m_{\text{СУГ}} F_{\text{И}} = 144,04 \cdot 48 = 6931,511$$

Вычисляется значение стехиометрического коэффициента кислорода в реакции горения β (бутановая фракция):

$$\beta = 4 + \frac{10 - 0}{4} = 6,5$$

Стехиометрическая концентрация смеси газа с воздухом $C_{\text{ст}}$ находится по формуле, %:

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 6,5} = 3,08$$

В итоге определяется величина избыточного давления взрыва СУГ ΔP

$$\Delta P = (843 - 101,3) \frac{6931,511 \cdot 0,5 \cdot 100}{756,8 \cdot 0,536 \cdot 3,08 \cdot 3} = 68581,71$$

Так как избыточное давление взрыва больше 5 кПа, помещение «Гараж для грузовых автомобилей» относится к повышенной взрывопожароопасной категории «А».

6. Результаты категорирования помещений ЧОУ ДПО «Учебный центр» по взрывопожарной и пожарной опасности

Согласно п. 5.1, п. Б.2 СП 12.13130.2009, согласно ст.27, гл.8 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности получены следующие результаты категорирования помещений (Таблица 3):

Таблица 3

Сводные данные по результатам категорирования помещений
ЧОУ ДПО «Учебный центр» по взрывопожарной и пожарной опасности

Наименование помещения	Критерии категорирования	Присвоенная категория
1	2	3
Топочная	1) наличие природного газа способного образовывать взрывоопасную среду в помещении 2) $\Delta P = 5,81$ кПа	A
Библиотека	1) наличие твердых горючих материалов 2) величина удельной пожарной нагрузки $1706,62$ МДж/м ² 3) соблюдение неравенства (26)	B1
Вспомогательное помещение 1 этаж	1) наличие твердых горючих материалов 2) величина удельной пожарной нагрузки 1520 МДж/м ² 3) соблюдение неравенства (26)	B1
Подсобная 2 этаж	1) наличие твердых горючих материалов 2) величина удельной пожарной нагрузки $1866,76$ МДж/м ² 3) соблюдение неравенства (26)	B1
Гараж – лаборатория	1) наличие ЛВЖ в помещении; 2) образование взрывоопасной среды в помещении при испарении паров бензина 3) температура вспышки бензина $< 28^{\circ}\text{C}$ 4) $\Delta P = 136,49$ кПа	A

1	2	3
Гараж для легковых автомобилей	1) наличие СУГ (пропан – бутан) в помещении 2) образование взрывоопасной среды в помещении при переходе СУГ (пропан – бутана) из жидкого в газообразное состояние 3) $\Delta P = 129821,5$ кПа	A
Гараж для грузовых автомобилей	1) наличие СУГ (пропан – бутан) в помещении 2) образование взрывоопасной среды в помещении при переходе СУГ (пропан – бутана) из жидкого в газообразное состояние 3) $\Delta P = 68581,71$ кПа	A

7. Категорирования помещений ЧОУ ДПО «Учебный центр» по классу пожароопасных и взрывопожароопасных зон

В соответствии со ст.№№16-19, гл.5 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [1] необходимо провести категорирование помещений по классу пожароопасных и взрывопожароопасных зон. Критерием оценки являются пожароопасные свойства веществ и материалов, которые обращаются в помещениях, особенности технологического процесса в помещениях, а так же расчетные данные удельной пожарной нагрузки и другие, характеризующие опасность помещения параметры. Результаты классификации помещений приведены в Таблице 4.

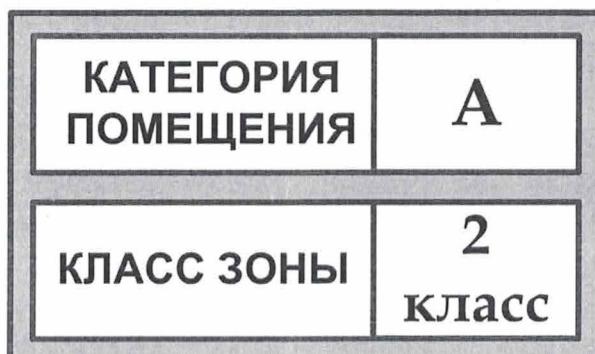
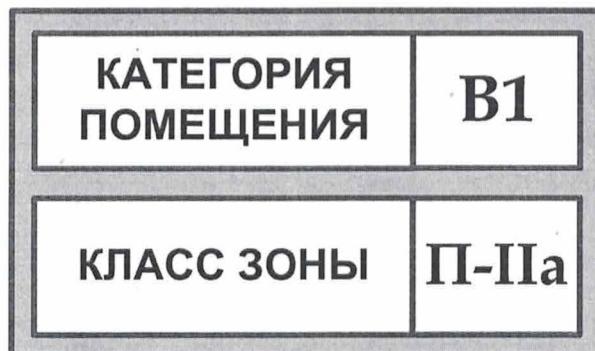
Таблица 4

Сводные данные по результатам категорирования помещений
ЧОУ ДПО «Учебный центр» по классу взрывоопасных и пожароопасных зон

Наименование помещения	Критерии классификации	Присвоенный класс зоны		
		1	2	3
Топочная	Наличие в коммуникациях природного газа, способного в смеси с воздухом, образовать взрывоопасную среду в помещении, при аварии газоиспользуемого оборудования;			2 класс (взрывоопасная)
Библиотека	1) наличие твердых горючих материалов 2) величина удельной пожарной нагрузки $1706,62 \text{ МДж}/\text{м}^2$			П-II (пожароопасная)
Вспомогательное помещение 1 этаж	1) наличие твердых горючих материалов 2) величина удельной пожарной нагрузки $1520 \text{ МДж}/\text{м}^2$			П-II (пожароопасная)
Подсобная 2 этаж	1) наличие твердых горючих материалов 2) величина удельной пожарной $1866,76 \text{ МДж}/\text{м}^2$			П-II (пожароопасная)

1	2	3
Гараж – лаборатория	Наличие ЛВЖ в оборудовании автомобиля, способной образовать взрывоопасную среду в помещении при возникновении аварийной ситуации	2 класс (взрывоопасная)
Гараж для легковых автомобилей	Наличие СУГ в оборудовании автомобиля, способных образовать взрывоопасную среду в помещении при возникновении аварийной ситуации	2 класс (взрывоопасная)
Гараж для грузовых автомобилей	Наличие СУГ и ЛВЖ в оборудовании автомобиля, способных образовать взрывоопасную среду в помещении при возникновении аварийной ситуации	2 класс (взрывоопасная)

8. Образцы обозначения категорий



9. Список литературы

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ.
2. СП 12.13130.2009 «Свод правил. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
3. А.Я.Корольченко, Д.А. Корольченко. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Асц. «Пожнаука», 2004. — Ч. I. — 713 с; Ч. 2. — 774 с.

4. Пузач С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности. Монография. – М.: академия ГПС МЧС России, 2005. – 336 с.

5. Пособие по применению СП 12.13130.2009 "Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности" [Электронный ресурс]: URL: <http://www. http://docs.cntd.ru/document/415925297/> (дата обращения: 14.02.2021).

6. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [Электронный ресурс]: Приказ МЧС России от 10.07.2009 г. № 404 // КонсультантПлюс. – URL: http:// www. consultant.ru/ document/cons_doc_LAW_91229/ (дата обращения: 14.02.2021).

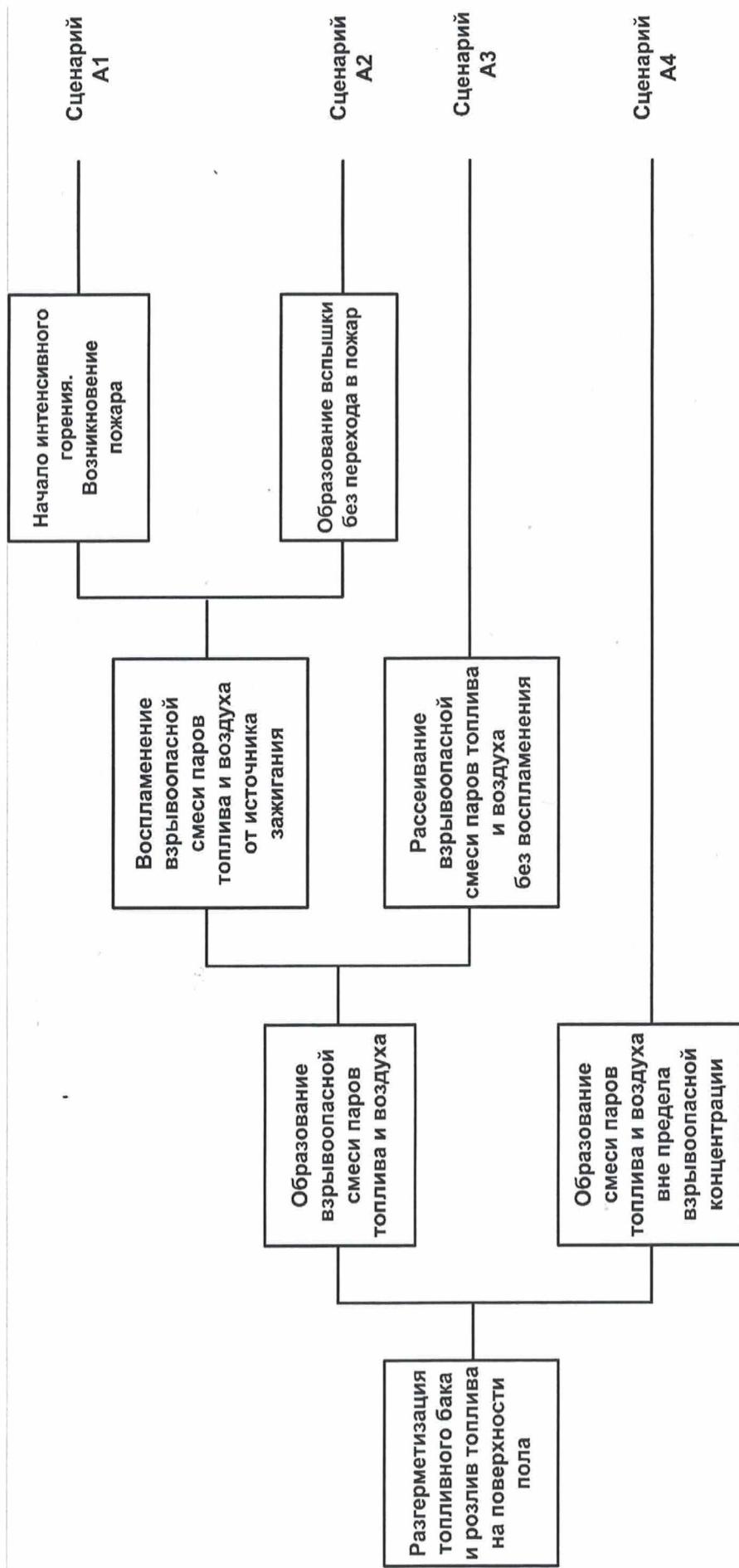


Рисунок 1 Сценарии аварийной ситуации в помещении «Гараж – лаборатория»

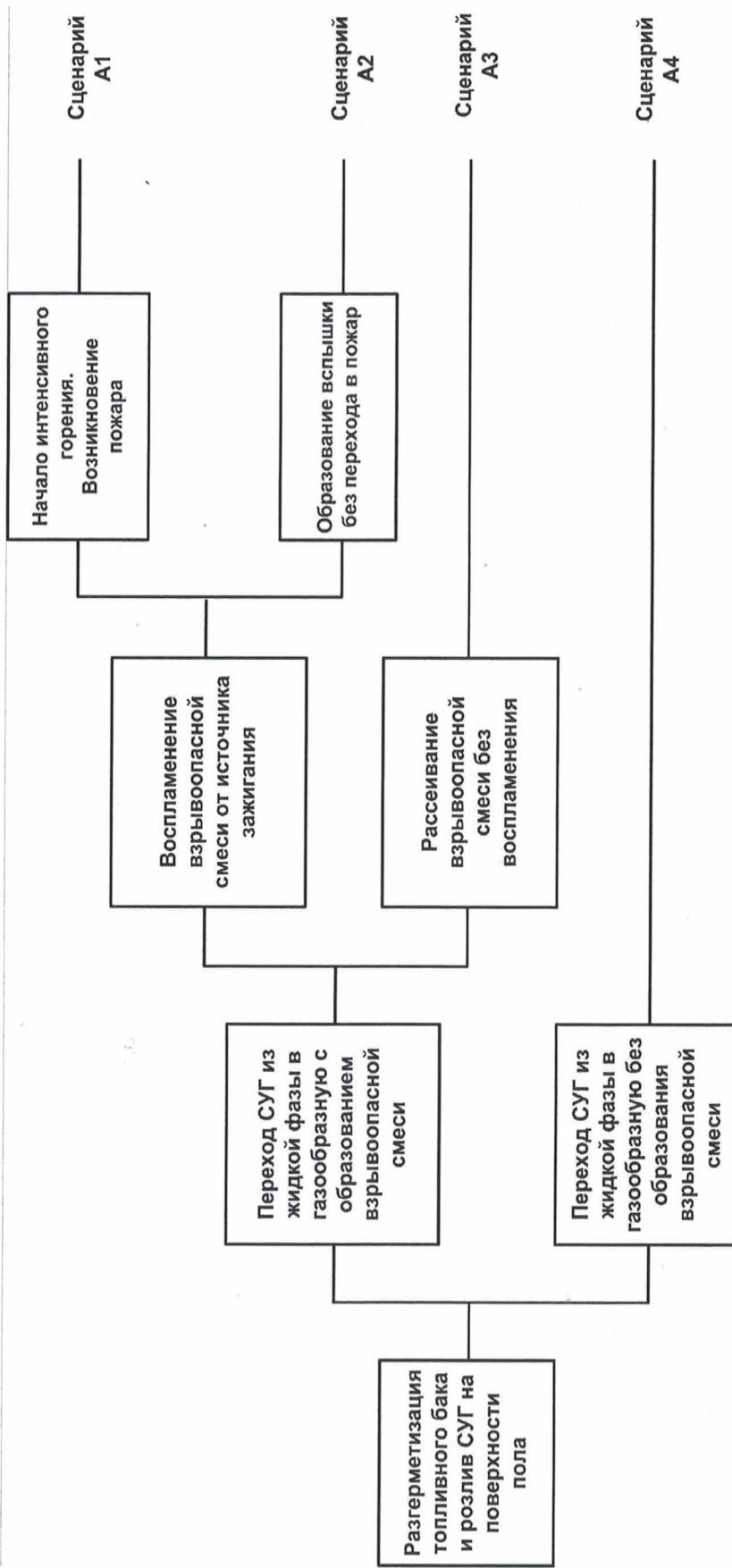


Рисунок 2 – Сценарии аварийной ситуации в помещении
«Гараж для легковых автомобилей»