



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДЫ РАСЧЕТА КРИТЕРИЕВ
ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ
ПОМЕЩЕНИЙ**

Методические указания к практической работе

Казань 2012

УДК 614.84
ББК 38.96
М 54

М 54 Методы расчета критериев взрывопожарной опасности помещений / Сост.: О.В. Леухина, Е.В. Насырова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2012. – 20 с.

В методических указаниях изложены методика определения категорий помещений и зданий; расчет избыточного давления взрыва для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей; расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей; определение избыточного давления взрыва для взрывоопасных смесей, содержащих горючие газы (пары) и пыли.

Методические указания предназначены для студентов КГЭУ всех специальностей.

УДК 614.84
ББК 38.96

Цель работы

Целью практического занятия является закрепление теоретических знаний и получение студентами практических навыков по:

- расчету избыточного давления взрыва для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей;
- расчету избыточного давления взрыва для горючих пылей;
- определению избыточного давления взрыва для взрывоопасных смесей, содержащих горючие газы (пары) и пыли.

Общие положения

Свод правил [1] устанавливает методы определения классификационных признаков отнесения зданий (или частей зданий между противопожарными стенами – пожарных отсеков), сооружений, строений и помещений производственного и складского назначения по взрывопожарной и пожарной опасности, а также методы определения классификационных признаков категорий наружных установок производственного и складского назначения по пожарной опасности.

Классификация зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности применяется для установления требований пожарной безопасности, направленных на предотвращение возможности возникновения пожара и обеспечение противопожарной защиты людей и имущества в случае возникновения пожара.

Классификация наружных установок по пожарной опасности используется для установления требований пожарной безопасности, направленных на предотвращение возможности возникновения пожара и обеспечение противопожарной защиты людей и имущества в случае возникновения пожара на наружных установках.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1–В4, Г и Д (табл. 1), а здания – на категории А, Б, В, Г и Д.

По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_H , B_H , B_{H1} , G_H и D_H .

Таблица 1

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
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
В1–В4 пожароопасность	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
Примечания: 1. Методы определения категорий помещений А и Б устанавливаются в соответствии с приложением А. 2. Отнесение помещения к категории В1, В2, В3 или В4 осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку. Разделение помещений на категории В1–В4 регламентируется положениями в соответствии с приложением Б.	

Категории помещений и зданий 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.

Категории наружных установок определяются исходя из пожароопасных свойств находящихся в установках горючих веществ и материалов, их количества и особенностей 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.

Выбор и обоснование расчетного варианта

При расчете значений критериев взрывопожарной опасности в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором в образовании горючих газо-, паро-, пылевоздушных смесей участвует наибольшее количество газов, паров, пылей, наиболее опасных в отношении последствий сгорания этих смесей.

В случае если использование расчетных методов не представляется возможным, допускается определение значений критериев взрывопожарной опасности на основании результатов соответствующих научно-исследовательских работ, согласованных в порядке, установленном для согласования отступлений от требований нормативных документов по пожарной безопасности.

Количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовать горючие газовоздушные, паровоздушные, пылевоздушные смеси, определяется, исходя из следующих предпосылок:

- а) происходит расчетная авария одного из аппаратов;
- б) все содержимое аппарата поступает в помещение;
- в) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат, по прямому и обратному потокам в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов.

Расчетное время отключения трубопроводов определяется в каждом конкретном случае исходя из реальной обстановки, и должно быть минимальным с учетом паспортных данных на запорные устройства, характера технологического процесса и вида расчетной аварии.

Расчетное время отключения трубопроводов следует принимать равным:

- времени 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;

- 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование ее элементов;

- 300 с при ручном отключении;

- г) происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости; площадь испарения при разливе на пол определяется (при отсутствии справочных данных) исходя из расчета, что 1 литр смесей и растворов, содержащих 70 % и менее (по массе) растворителей, разливается на площади $0,5 \text{ м}^2$, а остальных жидкостей – на 1 м^2 пола помещения;

- д) происходит также испарение жидкости из емкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости, и со свежеокрашенных поверхностей;

- е) длительность испарения жидкости принимается равной времени ее полного испарения, но не более 3600 с.

Количество пыли, которое может образовать взрывоопасную смесь, определяется из следующих предпосылок:

- а) расчетной аварии предшествовало пыленакопление в производственном помещении, происходящее в условиях нормального режима работы (например, вследствие пылевыведения из негерметичного производственного оборудования);

- б) в момент расчетной аварии произошла плановая (ремонтные работы) или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за которой последовал аварийный выброс в помещение всей находившейся в аппарате пыли.

Свободный объем помещения определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать условно равным 80 % геометрического объема помещения.

Расчет избыточного давления взрыва для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

Избыточное давление взрыва ΔP для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, определяется по формуле

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{m \cdot Z}{V_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{гп}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K}, \quad (1)$$

где $P_{\max}$ – максимальное давление взрыва стехиометрической газовой или паровой смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным. При отсутствии данных допускается принимать $P_{\max}$ равным 900 кПа; P_0 – начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа); m – масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение, вычисляемая для ГГ по формуле (6), а для паров ЛВЖ и ГЖ по формуле (11), кг; Z – коэффициент участия горючего во взрыве, который может быть рассчитан на основе характера распределения газов и паров в объеме помещения согласно приложению. Допускается принимать значение Z по табл. 2; $V_{\text{св}}$ – свободный объем помещения, м³; $\rho_{\text{гп}}$ – плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , кг·м⁻³, вычисляемая по формуле

$$\rho_{\text{гп}} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)} \quad (2)$$

где M – молярная масса, м³·кмоль⁻¹; V_0 – мольный объем, равный 22,413 м³·кмоль⁻¹; t_p – расчетная температура, °С. В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации. Если такого значения расчетной температуры t_p по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61 °С; $C_{\text{ст}}$ – стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, % (объемных), вычисляемая по формуле

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} \quad (3)$$

где $\beta = n_{\text{с}} + \frac{n_{\text{н}} - n_{\text{х}}}{4} - \frac{n_{\text{о}}}{2}$ – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания; $n_{\text{с}}$, $n_{\text{н}}$, $n_{\text{о}}$, $n_{\text{х}}$ – число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего; $K_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать $K_{\text{н}}$ равным 3.

Таблица 2

Вид горючего вещества	Значение Z
Водород	1,0
Горючие газы (кроме водорода)	0,5
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые до температуры вспышки и выше	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при наличии возможности образования аэрозоля	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при отсутствии возможности образования аэрозоля	0

Расчет ΔP для индивидуальных веществ, а также для смесей может быть выполнен по формуле

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_{\text{т}} \cdot P_0 \cdot Z}{V_{\text{св}} \cdot \rho_{\%} \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K}, \quad (4)$$

где $H_{\text{т}}$ – теплота сгорания, Дж·кг⁻¹; $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха до взрыва при начальной температуре T_0 , кг·м⁻³; C_p – теплоемкость воздуха, Дж·кг⁻¹·К⁻¹ (допускается принимать равной $1,01 \cdot 10^3$ Дж·кг⁻¹·К⁻¹); T_0 – начальная температура воздуха, К.

В случае обращения в помещении горючих газов, легковоспламеняющихся или горючих жидкостей при определении значения массы m , входящей в формулы (1) и (4), допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории

надежности (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

При этом массу m горючих газов или паров легковоспламеняющихся поступивших в объем или горючих жидкостей, нагретых до температуры вспышки и выше, помещения, следует разделить на коэффициент K , определяемый по формуле

$$K = AT + 1, \quad (5)$$

где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, с^{-1} ; T – продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, с.

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

$$m = (V_a + V_T) \rho_g, \quad (6)$$

где V_a – объем газа, вышедшего из аппарата, м^3 ; V_T – объем газа, вышедшего из трубопроводов, м^3 .

При этом

$$V_a = 0,01 \cdot P_1 \cdot V, \quad (7)$$

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

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (8)$$

где V_{1T} – объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м^3 ; V_{2T} – объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м^3 ;

$$V_{1T} = qT, \quad (9)$$

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

$$V_{2T} = 0,01 \pi P_2 \cdot (r_{1L}^2 L_1 + r_{2L}^2 L_2 + \dots + r_{nL}^2 L_n), \quad (10)$$

где P_2 – максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа, r – внутренний радиус трубопроводов, м; L – длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

Масса паров жидкости m , поступивших в помещение при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенным составом, открытые емкости и т.п.), определяется из выражения

$$m = m_p + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр}}, \quad (11)$$

где m_p – масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг; $m_{\text{емк}}$ – масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг; $m_{\text{св.окр}}$ – масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых в формуле (11) определяется по формуле

$$m = W F_{\text{и}} T, \quad (12)$$

где W – интенсивность испарения, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$; $F_{\text{и}}$ – площадь испарения, м^2 , в зависимости от массы жидкости $m_{\text{п}}$, вышедшей в помещение.

Если аварийная ситуация связана с возможным поступлением жидкости в распыленном состоянии, то она должна быть учтена в формуле (11) введением дополнительного слагаемого, учитывающего общую массу поступившей жидкости от распыляющих устройств, исходя из продолжительности их работ.

Масса m_p , кг вышедшей в помещение жидкости.

Интенсивность испарения W определяется по справочным и экспериментальным данным. Для не нагретых выше температуры окружающей среды ЛВЖ при отсутствии данных допускается рассчитывать W по формуле

$$W = 10^{-6} \eta \sqrt{M} P_{\text{н}}, \quad (13)$$

где η – коэффициент, принимаемый по табл. 3 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения; $P_{\text{н}}$ – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости t_p , кПа.

Таблица 3

Скорость воздушного потока в помещении, м·с ⁻¹	Значение коэффициента η при температуре t , °С, воздуха в помещении				
	10	15	20	30	35
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

Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей

Расчет избыточного давления ΔP , кПа, производится по формуле (4), где коэффициент Z участия взвешенной пыли в горении рассчитывают по формуле

$$Z = 0,5 F, \quad (14)$$

где F – массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого аэрозоль становится взрывобезопасной, т.е. не способной распространять пламя. В отсутствие возможности получения сведений для оценки величины F допускается принимать $F = 1$.

Расчетную массу взвешенной в объеме помещения пыли m , кг, образовавшейся в результате аварийной ситуации, определяют по формуле

$$m = m_{\text{вз}} + m_{\text{ав}}, \quad (15)$$

где $m_{\text{вз}}$ – расчетная масса взвихрившейся пыли, кг; $m_{\text{ав}}$ – расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, кг.

Расчетная масса взвихрившейся пыли $m_{\text{вз}}$ определяют по формуле

$$m_{\text{вз}} = K_{\text{вз}} m_{\text{п}}, \quad (16)$$

где $K_{\text{вз}}$ – доля отложившейся в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. При отсутствии экспериментальных сведений о величине $K_{\text{вз}}$ допускается полагать $K_{\text{вз}} = 0,9$; $m_{\text{п}}$ – масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг.

Расчетную массу пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, $m_{ав}$, определяют по формуле

$$m_{ав} = (m_{ап} + qT) \cdot K_{п}, \quad (17)$$

где $m_{ап}$ – масса горючей пыли, выбрасываемой в помещение из аппарата, кг; q – производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$; T – время отключения, с; $K_{п}$ – коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. При отсутствии экспериментальных сведений о величине $K_{п}$ допускается принимать:

- для пылей с дисперсностью не менее 350 мкм – $K_{п} = 0,5$;
- для пылей с дисперсностью менее 350 мкм – $K_{п} = 1,0$.

Массу отложившейся в помещении пыли к моменту аварии определяют по формуле

$$m_{п} = \frac{K_{г}}{K_{у}} \cdot (m_1 + m_2), \quad (18)$$

где $K_{г}$ – доля горючей пыли в общей массе отложений пыли; 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 уборками, кг; $K_{у}$ – коэффициент эффективности пылеуборки. Принимается при ручной пылеуборке:

- сухой – 0,6;
- влажной – 0,7.

При механизированной вакуумной уборке:

- пол ровный – 0,9;
- пол с выбоинами (до 5 % площади) – 0,7.

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.).

Масса пыли m_i ($i = 1;2$), оседающей на различных поверхностях в помещении за межуборочный период, определяется по формуле

$$m_i = M_i (1 - \alpha) \cdot \beta_i, \quad (i = 1;2) \quad (19)$$

где $M_1 = \sum_j M_{1j}$ – масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период

времени между генеральными пылеуборками, кг; M_{1j} – масса пыли, выделяемая единицей пылящего оборудования за указанный период, кг;

$M_2 = \sum_j M_{2j}$ – масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период

времени между текущими пылеуборками, кг; M_{2j} – масса пыли, выделяемая единицей пылящего оборудования за указанный период, кг; α – доля выделяющейся в объем помещения пыли, которая удаляется вытяжными вентиляционными системами. При отсутствии экспериментальных сведений о величине α полагают $\alpha = 0$; β_1, β_2 – доли выделяющейся в объем помещения пыли, оседающей соответственно на труднодоступных и доступных для уборки поверхностях помещения ($\beta_1 + \beta_2 = 1$).

При отсутствии сведений о величине коэффициентов β_1 и β_2 допускается полагать $\beta_1 = 1, \beta_2 = 0$.

Величина M_i ($i = 1;2$) может быть также определена экспериментально (или по аналогии с действующими образцами производств) в период максимальной загрузки оборудования по формуле

$$M_i = \sum_j (G_{ij} \cdot F_{ij}) \cdot \tau_i, \quad (i = 1,2) \quad (20)$$

где G_{1j}, G_{2j} – интенсивность пылеотложений соответственно на труднодоступных F_{1j} (м^2) и доступных F_{2j} (м^2) площадях, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$; τ_1, τ_2 – промежуток времени соответственно между генеральными и текущими пылеуборками, с.

Определение категорий В1–В4 помещений

Определение категории помещения осуществляется путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки (далее по

тексту – пожарная нагрузка) на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в табл. 4.

Таблица 4

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка g на участке, МДж·м ⁻²	Способ размещения
B1	Более 2200	Не нормируется
B2	1401–2200	См. ниже
B3	181–1400	То же
B4	1–180	На любом участке пола помещения площадью 10 м ² . Способ размещения участков пожарной нагрузки определяется см. ниже

При пожарной нагрузке, включающей в себя различные сочетания (смесь) горючих, трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих веществ и материалов в пределах пожароопасного участка, пожарная нагрузка Q , МДж, определяется по формуле

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_i^p, \quad (21)$$

где G_i – количество i -го материала пожарной нагрузки, кг; Q_{ni}^p – низшая теплота сгорания i -го материала пожарной нагрузки, МДж·кг⁻¹.

Удельная пожарная нагрузка g , МДж·м⁻², определяется из соотношения

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (22)$$

где S – площадь размещения пожарной нагрузки, м² (но не менее 10 м²).

В помещениях категорий B1–B4 допускается наличие нескольких участков с пожарной нагрузкой, не превышающей значений, приведенных в табл. 4. В помещениях категории B4 расстояния между этими участками должны быть более предельных. В табл. 5 приведены рекомендуемые значения предельных расстояний $l_{пр}$ в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$, кВт/м⁻², для пожарной нагрузки, состоящей из твердых горючих и трудногорючих материалов. Значения $l_{пр}$,

приведенные в табл. 5, рекомендуются при условии, если $H > 11$ м; если $H < 11$ м, то предельное расстояние определяется как $l = l_{\text{пр}} + (11 - H)$, где $l_{\text{пр}}$ определяется из табл. 5, H – минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия), м.

Таблица 5

$q_{\text{кр}}, \text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$	5	10	15	20	25	30	40	50
$l_{\text{пр}}, \text{м}$	12	8	6	5	4	3,8	3,2	2,8

Значения $q_{\text{кр}}$ для некоторых материалов пожарной нагрузки приведены в табл. 6.

Таблица 6

Материал	$q_{\text{кр}}, \text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$
Древесина (сосна влажностью 12 %)	13,9
Древесно-стружечные плиты (плотностью $417 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$)	8,3
Торф брикетный	13,2
Торф кусковой	9,8
Хлопок-волокно	7,5
Слоистый пластик	15,4
Стеклопластик	15,3
Пергамин	17,4
Резина	14,8
Уголь	35,0
Рулонная кровля	17,4
Сено, солома (при минимальной влажности до 8 %)	7,0

Если пожарная нагрузка состоит из различных материалов, то значение $q_{\text{кр}}$ определяется по материалу с минимальным значением $q_{\text{кр}}$.

Для материалов пожарной нагрузки с неизвестными значениями $q_{\text{кр}}$ значения предельных расстояний принимаются $l_{\text{пр}} \geq 12$ м.

Для пожарной нагрузки, состоящей из ЛВЖ или ГЖ, рекомендуемое расстояние $l_{\text{пр}}$ между соседними участками размещения (разлива) пожарной нагрузки рассчитывается по формулам

$$l_{\text{пр}} \geq 15 \text{ м} \quad \text{при } H \geq 11, \quad (23)$$

$$l_{\text{пр}} \geq 26 - H \quad \text{при } H < 11. \quad (24)$$

Если при определении категорий В2 или В3 количество пожарной нагрузки Q , определенное по формуле 21, отвечает неравенству

$$Q \geq 0,64 g_T \cdot H_2,$$

то помещение будет относиться к категориям В1 или В2 соответственно.

Здесь $g_T = 2200 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ при $1401 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \leq g \leq 2200 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$,
 $g_T = 1400 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ при $181 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \leq g \leq 1400 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$.

Определение избыточного давления взрыва для взрывоопасных смесей, содержащих горючие газы (пары) и пыли

Расчетное избыточное давление взрыва ΔP для гибридных взрывоопасных смесей, содержащих горючие газы (пары) и пыли, определяется по формуле

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2, \quad (25)$$

где ΔP_1 – давление взрыва, вычисленное для горючего газа (пара) в соответствии с пп. 10 и 11; ΔP_2 – давление взрыва, вычисленное для горючей пыли.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Помещения с горючими газами

Пример 1

Исходные данные:

1. Пост диагностики автотранспортного предприятия для грузовых автомобилей, работающих на сжатом природном газе. Объем помещения $V_{\Pi} = 300 \text{ м}^3$. Свободный объем помещения $V_{\text{св}} = 0,8 \cdot V_{\Pi} = 0,8 \cdot 300 = 240 \text{ м}^3$. Объем баллона со сжатым природным газом $V = 50 \text{ л} = 0,05 \text{ м}^3$. Давление в баллоне $P_1 = 2 \cdot 10^4 \text{ кПа}$.

2. Основной компонент сжатого природного газа – метан (98 % (об.)). Молярная масса метана $M = 16,04 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$.

3. Обоснование расчетного варианта аварии.

При определении избыточного давления взрыва ΔP в качестве расчетного варианта аварии принимается разгерметизация одного баллона со сжатым природным газом и поступление его в объем помещения. За расчетную температуру принимается максимальная абсолютная температура воздуха в данном районе (Москва) согласно СНиП 2.01.01-82 [2] $t_p = 37^\circ\text{C}$.

Пример 2

Исходные данные:

1. Помещение участка наращивания кремния. Наращивание поликристалла кремния осуществляется методом восстановления тетрахлорида кремния в атмосфере водорода на двух установках с давлением в их реакторах $P_1 = 200$ кПа. Водород подается к установкам от коллектора, расположенного за пределами участка, по трубопроводу из нержавеющей стали диаметром $d = 0,02$ м (радиусом $r = 0,01$ м) под давлением $P_2 = 300$ кПа. Суммарная длина трубопровода от автоматической задвижки с электроприводом, расположенной за пределами участка, до установок составляет $L_1 = 15$ м. Объем реактора $V = 0,09$ м³. Температура раскаленных поверхностей реактора $t = 1200^\circ\text{C}$. Время автоматического отключения по паспортным данным $T_a = 3$ с. Расход газа в трубопроводе $q = 0,06$ м³·с⁻¹. Размеры помещения $L_x \cdot S_x \cdot H = 15,81 \cdot 15,81 \cdot 6$ м. Объем помещения $V_n = 1500$ м³. Свободный объем помещения $V_{\text{св}} = 0,8 \cdot 1500 = 1200$ м³. Площадь помещения $F = 250$ м².

2. Молярная масса водорода $M = 2,016$ кг·кмоль⁻¹. Нижний концентрационный предел распространения пламени водорода $C_{\text{нкпр}} = 4,1$ % (об.). Стехиометрическая концентрация водорода $C_{\text{ст}} = 29,24$ % (об.). Максимальное давление взрыва водорода $P_{\text{max}} = 730$ кПа. Тетрахлорид кремния – негорючее вещество. Образующиеся в результате химической реакции вещества – негорючие.

Помещения с легковоспламеняющимися жидкостями

Пример 3

Исходные данные:

1. Помещение складирования ацетона. В помещении хранится десять бочек с ацетоном, каждая объемом по $V_a = 80$ л = $0,08$ м³. Размеры помещения $L_x \cdot S_x \cdot H = 12 \cdot 6 \cdot 6$ м. Объем помещения $V_n = 432$ м³. Свободный объем помещения $V_{\text{св}} = 0,8 \cdot 432 = 345,6$ м³. Площадь помещения $F = 72$ м².

2. Молярная масса ацетона $M = 58,08 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$. Константы уравнения Антуана: $A = 6,37551$; $B = 1281,721$; $C_A = 237,088$. Химическая формула ацетона $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$. Плотность ацетона (жидкости) $\rho_{\text{ж}} = 790,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$. Температура вспышки ацетона $t_{\text{всп}} = -18 \text{ }^\circ\text{C}$.

Пример 4

Исходные данные:

1. Помещение промежуточного топливного бака резервной дизельной электростанции унифицированной компоновки. В помещении находится топливный бак с дизельным топливом марки «3» (ГОСТ 305-82) объемом $V_a = 6,3 \text{ м}^3$. Размеры помещения $L_x \cdot S_x \cdot H = 4,0 \cdot 4,0 \cdot 3,6 \text{ м}$. Объем помещения $V_{\text{п}} = 57,6 \text{ м}^3$. Свободный объем помещения $V_{\text{св}} = 0,8 \cdot 57,6 = 46,08 \text{ м}^3$. Площадь помещения $F = 16 \text{ м}^2$. Суммарная длина трубопроводов диаметром $d_1 = 57 \text{ мм} = 0,057 \text{ м}$ ($r_1 = 0,0285 \text{ м}$), ограниченная задвижками (ручными), установленными на подводящем и отводящем участках трубопроводов, составляет $L_1 = 10 \text{ м}$. Расход дизельного топлива в трубопроводах $q = 1,5 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} = 0,0015 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$.

2. Молярная масса дизельного топлива марки «3» $M = 172,3 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$. Брутто-формула $\text{C}_{12,343}\text{H}_{12,889}$. Плотность жидкости при температуре $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ $\rho_{\text{ж}} = 804 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$. Константы уравнения Антуана: $A = 5,07828$; $B = 1255,73$; $C_A = 199,523$. Температура вспышки $t_{\text{всп}} > 40 \text{ }^\circ\text{C}$. Теплота сгорания $H_{\text{т}} = Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 4,359 \cdot 10^7 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1} = 43,59 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$. Нижний концентрационный предел распространения пламени $C_{\text{нкпр}} = 0,6 \text{ \% (об.)}$.

Помещения с горючими пылями

Пример 5

Исходные данные:

1. Производственное помещение, где осуществляется фасовка пакетов с сухим растворимым напитком, имеет следующие габариты: высота – 8 м, длина – 30 м, ширина – 10 м. Свободный объем помещения составляет $V_{\text{св}} = 0,8 \cdot 8 \cdot 30 \cdot 10 = 1920 \text{ м}^3$. В помещении расположен смеситель, представляющий собой цилиндрическую емкость со встроенным шнекообразным устройством равномерного перемешивания порошкообразных компонентов напитка, загружаемых через расположенное сверху входное отверстие. Единоновременная загрузка дисперсного материала в смеситель составляет

$m_{an} = m = 300$ кг. Основным компонентом порошкообразной смеси является сахар (более 95 % (масс.)), который представляет наибольшую пожаровзрывоопасность. Подготовленная в смесителе порошкообразная смесь подается в аппараты фасовки, где производится дозирование (по 30 г) сухого напитка в полиэтиленовые упаковки. Значительное количество пылеобразного материала в смесителе и частая пылеуборка в помещении позволяет при обосновании расчетного варианта аварии пренебречь пылеотложениями на полу, стенах и других поверхностях.

2. Расчет категории помещения производится для сахарной пыли, которая представлена в подавляющем количестве по отношению к другим компонентам сухого напитка. Теплота сгорания пыли $H_T = 16477 \text{ кДж} \cdot \text{кг}^{-1} = 1,65 \cdot 10^7 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$. Распределение пыли по дисперсности представлено в таблице.

Фракция пыли, мкм	≤ 100 мкм	≤ 200 мкм	≤ 500 мкм	≤ 1000 мкм
Массовая доля, % (масс)	5	10	40	100

Критический размер частиц взрывоопасной взвеси сахарной пыли $d^* = 200$ мкм.

Библиографический список

1. Свод правил 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности», Москва, 2009.
2. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» (взамен СНиП 2.01.01-82). Дата введения 01.01.2000.
3. ГОСТ 12.1.044-89 «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения», М.: Госстандарт России: изд-во стандартов, 1989.
4. ГОСТ 305-82 «Топливо дизельное. Технические условия» М.: Госстандарт России: изд-во стандартов, 1988.
5. Правила устройства электроустановок. Главы 1.1, 1.2, 1.7–1.9, 2.4, 2.5, 4.1, 4.2, 6.1–6.6, 7.1, 7.2, 7.5, 7.6, 7.10. – 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2007. – 552 с. – (Нормативная база).
6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный Закон № 123 – ФЗ от 22 июля 2008.

Содержание

Цель работы	3
Общие положения	3
Выбор и обоснование расчетного варианта	4
Расчет избыточного давления взрыва для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей	6
Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей	10
Определение категорий В1–В4 помещений	12
Определение избыточного давления взрыва для взрывоопасных смесей, содержащих горючие газы (пары) и пыли	15
Варианты заданий	16
Библиографический список	19

**Леухина Ольга Владимировна,
Насырова Елена Владимировна**

МЕТОДЫ РАСЧЕТА КРИТЕРИЕВ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ

Методические указания к практической работе

Кафедра безопасности жизнедеятельности КГЭУ

Редактор издательского отдела *К.В. Аршинова*
Компьютерная верстка *А.Ф. Гаязов*

Подписано в печать 10.01.2012.

Формат 60 × 84/16. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.
Усл. печ. 1,16 л. Уч.-изд. 1,2 л. Тираж 500 экз. Заказ № 4261.

Издательство КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51
Типография КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51