

Приложение А (обязательное)

Методы определения категорий помещений А и Б

А.1 Выбор и обоснование расчетного варианта

А.1.1 При расчете 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.

А.1.2 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 согласно А.1.1;
- 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 определяют 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 м², а остальных жидкостей — на 1 м² 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.

А.1.3 Количество пыли, которое может образовать пылевоздушную 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.

А.1.4 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.

А.2 Расчет избыточного давления для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

А.2.1 Избыточное давление ΔP для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, определяется по формуле

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho_{\text{Г,П}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}}, \quad (\text{А.1})$$

где $P_{\max}$ — максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовоздушной или паровоздушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным в соответствии с требованиями 4.3. 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 (А.6), а для паров ЛВЖ и ГЖ по формуле (А.11), кг;

Z — коэффициент участия горючих газов и паров в горении, который может быть рассчитан на основе характера распределения газов и паров в объеме помещения согласно приложению Д. Допускается принимать значение Z по таблице А.1;

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

$\rho_{\text{г,п}}$ — плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , кг · м⁻³, вычисляемая по формуле

$$\rho_{\text{г,п}} = \frac{M}{V_0(1 + 0,00367t_p)}, \quad (\text{А.2})$$

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

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

где $\beta = n_{\text{C}} + \frac{n_{\text{H}} - n_{\text{X}}}{4} - \frac{n_{\text{O}}}{2}$ — стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания;

n_{C} , n_{H} , n_{O} , n_{X} — 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 трем.

Т а б л и ц а А.1 — Значение коэффициента Z участия горючих газов и паров в горении

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

А.2.2 Расчет ΔP для индивидуальных веществ, кроме упомянутых в А.2.1, а также для смесей может быть выполнен по формуле

$$\Delta P = \frac{mH_{\text{т}}P_0Z}{V_{\text{св}}\rho_{\text{в}}C_pT_0} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}}, \quad (\text{А.4})$$

где $H_{\text{т}}$ — теплота сгорания, Дж · кг⁻¹;

$\rho_{\text{в}}$ — плотность воздуха 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.

А.2.3 В случае обращения в помещении горючих газов, легковоспламеняющихся или горючих жидкостей при определении массы m , входящей в формулы (А.1) и (А.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 по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

Допускается учитывать постоянно работающую общеобменную вентиляцию, обеспечивающую концентрацию горючих газов и паров в помещении, не превышающую предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию, рассчитанную для аварийной вентиляции. Указанная общеобменная вентиляция должна быть

оборудована резервными вентиляторами, включающимися автоматически при остановке основных. Электропитание указанной вентиляции должно осуществляться не ниже чем по первой категории надежности по ПУЭ.

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

$$K = AT + 1, \quad (\text{A.5})$$

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

T — продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в объем помещения, с (принимается по А.1.2).

А.2.4 Масса m , кг, поступившего в помещение при расчетной аварии газа определяется по формуле

$$m = (V_a + V_{\text{т}}) \rho_{\text{г}}, \quad (\text{A.6})$$

где V_a — объем газа, вышедшего из аппарата, м^3 ;

$V_{\text{т}}$ — объем газа, вышедшего из трубопроводов, м^3 .

При этом

$$V_a = 0,01 \cdot P_1 V, \quad (\text{A.7})$$

где P_1 — давление в аппарате, кПа ;

V — объем аппарата, м^3 ;

$$V_{\text{т}} = V_{1\text{т}} + V_{2\text{т}}, \quad (\text{A.8})$$

где $V_{1\text{т}}$ — объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м^3 ;

$V_{2\text{т}}$ — объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м^3 ;

$$V_{1\text{т}} = qT, \quad (\text{A.9})$$

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, определяемое по А.1.2, с ;

$$V_{2\text{т}} = 0,01 \cdot \pi P_2 (r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \dots + r_n^2 L_n), \quad (\text{A.10})$$

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

$r_{1,2,\dots,n}$ — внутренний радиус трубопроводов, м ;

$L_{1,2,\dots,n}$ — длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м .

А.2.5 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:

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

где $m_{\text{п}}$ — 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 (А.11) определяется по формуле

$$m = WF_{\text{и}}T, \quad (\text{A.12})$$

где W — интенсивность испарения, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$;

$F_{\text{и}}$ — площадь испарения, м^2 , определяемая в соответствии с А.1.2 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 (А.11) введением дополнительного слагаемого, учитывающего общую массу поступившей жидкости от распыляющих устройств, исходя из продолжительности их работ.

А.2.6 Массу $m_{\text{п}}$, кг , вышедшей в помещение жидкости, определяют в соответствии с А.1.2.

А.2.7 Интенсивность испарения W определяется по справочным и экспериментальным данным. Для не нагретых выше расчетной температуры (окружающей среды) ЛВЖ при отсутствии данных допускается рассчитывать W по формуле

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

где η — коэффициент, принимаемый по таблице А.2 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;

$P_{\text{н}}$ — давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости t_p , определяемое по справочным данным, кПа.

Т а б л и ц а А.2 — Значение коэффициента η в зависимости от скорости и температуры воздушного потока

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

А.2.8 Масса паров m , кг, при испарении жидкости, нагретой выше расчетной температуры, но не выше температуры кипения жидкости, определяется по соотношению

$$m = 0,02 \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}} \frac{C_{\text{ж}} m_{\text{п}}}{L_{\text{исп}}}, \quad (\text{A.14})$$

где $C_{\text{ж}}$ — удельная теплоемкость жидкости при начальной температуре испарения, Дж · кг⁻¹ · К⁻¹;

$L_{\text{исп}}$ — удельная теплота испарения жидкости при начальной температуре испарения, определяемая по справочным данным, Дж · кг⁻¹.

При отсутствии справочных данных допускается рассчитывать $L_{\text{исп}}$ по формуле

$$L_{\text{исп}} = \frac{19,173 \cdot 10^3 B T_{\text{а}}^2}{(T_{\text{а}} + C_{\text{а}} - 273,2)^2 \cdot M}, \quad (\text{A.15})$$

где B , $C_{\text{а}}$ — константы уравнения Антуана, определяемые по справочным данным для давления насыщенных паров, измеряемого в кПа;

$T_{\text{а}}$ — начальная температура нагретой жидкости, К;

M — молярная масса жидкости, кг · кмоль⁻¹.

Формулы (А.14) и (А.15) справедливы для жидкостей, нагретых от температуры вспышки и выше при условии, что температура вспышки жидкости превышает значение расчетной температуры.

А.3 Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей

А.3.1 Расчет избыточного давления ΔP , кПа, производится по формуле (А.4), где коэффициент Z участия взвешенной пыли в горении рассчитывают по формуле

$$Z = 0,5F, \quad (\text{A.16})$$

где F — массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого взрывозвесь становится неспособной распространять пламя. В отсутствие возможности получения сведений для оценки величины F допускается принимать $F = 1$.

А.3.2 Расчетную массу взвешенной в объеме помещения пыли m , кг, образовавшейся в результате аварийной ситуации, определяют по формуле

$$m = \min \left\{ \begin{array}{l} m_{\text{вз}} + m_{\text{ав}} \\ \rho_{\text{ст}} V_{\text{ав}} / Z \end{array} \right., \quad (\text{A.17})$$

где $m_{\text{вз}}$ — расчетная масса взвихрившейся пыли, кг;

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

$\rho_{\text{ст}}$ — стехиометрическая концентрация горючей пыли в взрывозвеси, кг · м⁻³;

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

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

$$m = m_{\text{вз}} + m_{\text{ав}}. \quad (\text{A.18})$$

А.3.3 Расчетную массу взвихрившейся пыли $m_{\text{вз}}$ определяют по формуле

$$m_{\text{вз}} = K_{\text{вз}} m_{\text{п}}, \quad (\text{A.19})$$

где $K_{вз}$ — доля отложившейся в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. При отсутствии экспериментальных сведений о величине $K_{вз}$ допускается принимать $K_{вз} = 0,9$;

$m_{п}$ — масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг.

А.3.4 Расчетную массу пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, $m_{ав}$, определяют по формуле

$$m_{ав} = (m_{ап} + qT)K_{п}, \quad (A.20)$$

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, $кг \cdot с^{-1}$;

T — время отключения, определяемое по А.1.2 (в), с;

$K_{п}$ — коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. При отсутствии экспериментальных данных о величине $K_{п}$ допускается принимать:

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

- $K_{п} = 1,0$ — для пылей с дисперсностью менее 350 мкм.

Величину $m_{ап}$ принимают в соответствии с А.1.1 и А.1.3.

А.3.5 Массу отложившейся в помещении пыли к моменту аварии определяют по формуле

$$m_{п} = \frac{K_{г}}{K_{у}}(m_1 + m_2), \quad (A.21)$$

где $K_{г}$ — доля горючей пыли в общей массе отложений пыли;

$K_{у}$ — коэффициент эффективности пылеуборки. Принимают равным 0,6 при сухой и 0,7 — при влажной пылеуборке (ручной). При механизированной вакуумной пылеуборке для ровного пола $K_{у}$ принимают 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 уборками, 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 (ежедневно, ежесуточно и т. п.).

А.3.6 Масса пыли m_i ($i = 1; 2$), оседающей на различных поверхностях в помещении за межуборочный период, определяется по формуле

$$m_i = M_i(1 - \alpha)\beta_i, \quad (i = 1; 2), \quad (A.22)$$

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 данных 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 коэффициентах β_1 и β_2 допускается принимать $\beta_1 = 1, \beta_2 = 0$.

А.3.7 M_i ($i = 1; 2$) могут быть также определены экспериментально (или по аналогии с действующими образцами производств) в период максимальной загрузки оборудования по формуле

$$M_i = \sum_j (G_{ij}F_{ij})\tau_i, \quad (i = 1; 2) \quad (A.23)$$

где G_{1j}, G_{2j} — интенсивность пылеотложений соответственно на труднодоступных F_{1j} ($м^2$) и доступных F_{2j} ($м^2$) площадях, $кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$;

τ_1, τ_2 — промежуток времени соответственно между генеральными и текущими пылеуборками, с.

А.4 Определение избыточного давления для смесей, содержащих горючие газы (пары) и пыли

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

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2, \quad (\text{A.24})$$

где ΔP_1 — избыточное давление, вычисленное для горючего газа (пара) в соответствии с А.2.1 и А.2.2;

ΔP_2 — избыточное давление, вычисленное для горючей пыли в соответствии с А.3.1.

А.5 Определение избыточного давления для веществ и материалов, способных сгорать при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом с образованием волн давления

Расчетное избыточное давление ΔP для веществ и материалов, способных сгорать при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, определяют по А.2.2, полагая $Z = 1$ и принимая в качестве H_T энергию, выделяющуюся при взаимодействии (с учетом сгорания продуктов взаимодействия до конечных соединений), или экспериментально в натурных испытаниях. В случае, когда определить величину ΔP не представляется возможным, следует принимать ее превышающей 5 кПа.