Нормативные документы в сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору



Серия 27

Декларирование промышленной безопасности и оценка риска

Выпуск 2

МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Сборник документов

2010

gost.e-ecolog.ru

Нормативные документы в сфере деятельности
Федеральной службы по экологическому,
технологическому и атомному надзору

Серия 27

Декларирование промышленной
безопасности и оценка риска

Выпуск 2

МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Сборник документов

3-е издание, исправленное и дополненное

Москва
ЗАО НТЦ ПБ
2010

ББК 30н
М54

Ответственные составители-разработчики:
Е.А. Иванов, А.А. Агапов, К.В. Буйко, Б.Е. Гельфанд, Ю.А. Дадонов, А.М. Ильин, Ю.Ф. Карабанов, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин, В.И. Сидоров, С.И. Сумской, А.А. Шаталов, А.В. Пчельников

М54 **Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах: Сборник документов. Серия 27. Выпуск 2** / Колл. авт. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2010. — 208 с.

ISBN 978-5-9687-0206-7.

В настоящий Сборник включены методики оценки опасностей, входящие в состав нормативных документов Госгортехнадзора России, а также исправленные и дополненные методики оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей и оценки последствий химических аварий, разработанные ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность». Методики позволяют оценить последствия аварий со взрывами топливно-воздушных смесей и конденсированных взрывчатых материалов, аварий с выбросом опасных химических веществ. Методики могут быть использованы при разработке деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов и экспертизе промышленной безопасности.

ББК 30н

ISBN 978-5-9687-0206-7



© Оформление. Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (РД 03-409–01) 4

Общие принципы количественной оценки взрывоопасности технологических блоков (приложение 1 к ПБ 09-540–03 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств») 35

Методика расчета участвующей во взрыве массы вещества и радиусов зон разрушений (приложение 2 к ПБ 09-540–03 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств») 45

Порядок определения безопасных расстояний при взрывных работах и хранении взрывчатых материалов (глава VIII ПБ 13-407–01 «Единые правила безопасности при взрывных работах») 49

Методика расчета концентраций аммиака в воздухе и распространения газового облака при авариях на складах жидкого аммиака 81

Методика оценки последствий химических аварий (Методика «Токси». Редакция 2.2) 123

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИЙ АММИАКА В ВОЗДУХЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГАЗОВОГО ОБЛАКА ПРИ АВАРИЯХ НА СКЛАДАХ ЖИДКОГО АММИАКА

1. Определение количественных характеристик выброса аммиака

1.1. В зависимости от агрегатного состояния аммиака в оборудовании и характера разрушения оборудования выбирается один из четырех вариантов сценария.

Сценарий 1. Полное разрушение оборудования, содержащего аммиак в газовом состоянии.

Сценарий 2. Нарушение герметичности оборудования, содержащего аммиак в газовом состоянии.

Сценарий 3. Полное разрушение оборудования, содержащего аммиак в жидком состоянии.

Сценарий 4. Нарушение герметичности оборудования, содержащего аммиак в жидком состоянии.

По сценариям 1 и 3 аммиак мгновенно поступает в окружающую среду; по сценариям 2 и 4 аммиак поступает в окружающую среду через отверстия площадью S в течение некоторого времени.

Сценарии 1 и 3 применимы только к емкостному оборудованию, сценарии 2 и 4 — как к емкостному оборудованию, так и к трубопроводам.

1.2. Для выбранного i-го сценария рассчитываются следующие характеристики выброса:

Q_i, $q_i^{ж}$, $q_i^{г}$, $q_i^{ги}$, $q_i^{и}$, $q_i^{с}$, $t_i^{ж}$, $t_i^{г}$, $t_i^{ги}$, $t_i^{и}$, $t_i^{с}$, $\rho_i^{выб}$, $\rho_i^{ж}$, $\rho_i^{г}$, $\rho_i^{ги}$, $\rho_i^{и}$, $\rho_i^{с}$, R_i, $R_i^{ж}$, $R_i^{г}$, $R_i^{ги}$, $R_i^{и}$, $R_i^{с}$, $\eta\,(T_i)$, $\dot{q}^{и}$, $\dot{q}^{с}$.

Вспомогательные характеристики $\eta\,(T_i)$, $\dot{q}^{и}$, $\dot{q}^{с}$ рассчитываются по следующим формулам:

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

$$\eta\left(T_i\right) = \exp\left(-\frac{C_p\left(T_i \quad T_{кип} \quad \left|T_i + \quad T_{кип}\right|\right)}{2\Delta H_{кип}}\right); \qquad (1)$$

$$\dot{q}^{и} = \left(5{,}83 + 4{,}1U\right) \cdot 10^{-6} \cdot p_{н}\sqrt{\mu}\ ; \qquad (2)$$

$$\dot{q}^{с} = 5{,}83 \cdot 10^{-6} \cdot p_{н}\sqrt{\mu}\ , \qquad (3)$$

где $p_{н}$ — давление насыщенного пара, рассчитываемое соответственно для выбранного сценария.

1.2.1. Для сценария 1 характеристики выброса рассчитываются по следующим формулам:

$$Q_1 = Q \qquad (4)$$

если известна масса аммиака в оборудовании Q;

или

$$Q_1 = \frac{\mu}{R}\,\frac{V_1 P_1}{T_1 + 273{,}15} \qquad (5)$$

если неизвестна масса аммиака в оборудовании Q, но известны объем оборудования V_1, давление в оборудовании P_1 и температура в оборудовании T_1.

$$q_1^{ж} = q_1^{г} = q_1^{ги} = q_1^{и} = q_1^{с} = \qquad (6)$$

$$t_1^{ж} = t_1^{г} = t_1^{ги} = t_1^{и} = t_1^{с} = \qquad (7)$$

$$\rho_1^{выб} = \rho_1\left(\frac{P_0}{P_1}\right)^{\frac{1}{\gamma}}; \qquad (8)$$

$$\rho_1^{ж} = \rho_1^{г} = \rho_1^{ги} = \rho_1^{и} = \rho_1^{с} = 0{,}0\ , \qquad (9)$$

где $\rho_1 = Q/V_1$ — плотность газообразного аммиака в оборудовании.

$$R_1 = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}\frac{Q_1}{\rho_1^{\text{выб}}}} \qquad (10)$$

$$R_1^{\text{ж}} = R_1^{\text{г}} = 0{,}0R_1^{\text{ги}} = R_1^{\text{и}} = R_1^{\text{с}} = \qquad (11)$$

1.2.2. Для сценария 2 характеристики выброса рассчитываются по следующим формулам:

$$Q_2 = 0{,}0, \qquad (12)$$

$$q_2^{\text{ги}} = 0{,}8 \min\left\{2\sqrt{\frac{\gamma}{\gamma-1}P_2\rho_2\left(\left(\frac{P_0}{P_2}\right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{P_0}{P_2}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}}\right)}, \sqrt{P_2\rho_2\gamma\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}\right\} \qquad (13)$$

Если истечение происходит из трубопровода, на входе которого стоит компрессор, и величина S превосходит 0,15 $S_{\text{тр}}$, то $q_2^{\text{ги}}$ предполагается равным расходу компрессора.

$$q_2^{\text{ж}} = q_2^{\text{и}} = 0{,}0 q_2^{\text{г}} = q_2^{\text{с}} = \qquad (14)$$

если известна масса аммиака в оборудовании Q,

то $$t_2^{\text{ги}} = \min\left(\frac{Q}{q_2^{\text{ги}}}; t_{\text{отс}}\right) \qquad (15)$$

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

если неизвестна масса аммиака в оборудовании Q, но известны объем оборудования V_2, давление в оборудовании P_2 и температура в оборудовании T_2,

то $$t_2^{\text{ги}} = \min\left(\frac{\mu}{R}\frac{V_2 P_2}{(T_2 + 273{,}15) q_2^{\text{ги}}},\ t_{\text{отс}}\right); \qquad (16)$$

$$t_2^{\text{ж}} = t_2^{\text{и}} = t_2^{\text{г}} = t_2^{\text{с}} = \qquad (17)$$

$$\rho_2^{\text{ги}} = \rho_2 \left(\frac{P_0}{P_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}}, \qquad (18)$$

где $\rho_2 = \frac{\mu}{R}\frac{P_2}{T_2 + 273{,}15}$ — плотность газообразного аммиака

в оборудовании.

$$\rho_2^{\text{ж}} = \rho_2^{\text{выб}} = \rho_2^{\text{и}} = \rho_2^{\text{г}} = \rho_2^{\text{с}} = 0{,}0; \qquad (19)$$

$$R_2^{\text{ги}} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\frac{q_2^{\text{ги}}}{\rho_2^{\text{ги}} U}} \qquad (20)$$

$$R_2^{\text{ж}} = R_2 = R_2^{\text{и}} = R_2^{\text{г}} = R_2^{\text{с}} = \qquad (21)$$

1.2.3. Для сценария 3 характеристики выброса рассчитываются по следующим формулам:

$$Q_3 = Q_3^{\text{г}} + Q_3^{\text{ж}} + Q_3^{\text{и}} + Q^{\text{г}} \qquad (22)$$

$$Q^{\text{г}} = \alpha \frac{\mu}{R}\frac{V_3 P_3}{T_3 + 273{,}15} \qquad (23)$$

где α — объемная доля оборудования, заполненная газовой фазой [формула (23) применяется, если заранее не известна величина $Q^{г}$],

$$Q_3^{г} = Q^{ж} \cdot \left(\eta(T_3) \right); \tag{24}$$

$$Q_3^{ж} = \min \left(Q_3^{г} \; Q^{ж} - Q_3^{г}; \right) \tag{25}$$

$$Q_3^{и} = \min \left\{ \frac{\left(T_{п} - T_{кип} \; \left| T_{п} - T_{кип} \right| \right)}{\Delta H_{кип}} \sqrt{\frac{\lambda_{п} \, c_{п} \, \rho_{п}}{\pi}} \; \frac{F_{конт}^2}{F} \times \right.$$

$$\left. \times \sqrt{t_{кип}} \; Q^{ж}, \; Q_3^{г} - Q_3^{ж} \right\}, \tag{26}$$

где F — площадь поверхности пролива принимается равной площади обваловки, а при разрушении обваловки определяется по формуле

$$F = \frac{Q^{ж} - Q_3^{г} - Q_3^{ж}}{0{,}05 \rho_{ж}} \tag{27}$$

$F_{конт}$ — площадь контакта с твердой поверхностью, эта площадь включает как боковую поверхность обваловки, так и подстилающую поверхность; при проливе на неограниченную поверхность $F_{конт} = F$;

$T_{п}$, $\lambda_{п}$, $c_{п}$, $\rho_{п}$ — температура, теплопроводность, теплоемкость и плотность подстилающей поверхности;

$p_{н}$ — давление насыщенных паров:

$$p_{н} = 760 \exp \left(\Delta H_{кип} \mu \left(\frac{1}{T_{кип} + 273{,}15} - \right. \right.$$

$$\left. \left. - \frac{1}{T_{возд} + 273{,}15} \right) / R \right); \tag{28}$$

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

$t_{кип}$ — время кипения жидкого аммиака за счет подвода тепла от подстилающей поверхности:

$$\sqrt{t_{кип}} = \min \left\{ \frac{\left(T_п - T_{кип} + \left|T_п - T_{кип}\right|\right)}{2\Delta H_{кип}} \sqrt{\frac{\lambda_п c_п \rho_п}{\pi}} \frac{1}{\dot{q}^и} \times \right.$$

$$\left. \times \frac{F_{конт}}{F}, \sqrt{\frac{2\sqrt{F}}{U}} \right\} . \qquad (29)$$

$$q_3^и = F\dot{q}^и \qquad (30)$$

$$q_3^ж = q_3^г = 0,0; q_3^ги = q_3^с = \qquad (31)$$

$$t_3^и = \frac{(Q - Q_3)}{q_3^и} \qquad (32)$$

$$t_3^ж = t_3^г = 0,0; t_3^ги = t_3^с = \qquad (33)$$

$$\rho_3^{выб} = \begin{cases} \rho_{кип} \dfrac{Q_3}{Q_3^г + Q_3^и + Q^г} & T_3 > T_{кип} \text{ или } T_п > T_{кип} \\ \dfrac{\mu}{R} \dfrac{P_3}{T_3 + 273,15} \left(\dfrac{P_0}{P_3}\right)^{\frac{1}{\gamma}} & \text{(в остальных случаях)} \end{cases} \qquad (34)$$

$$\rho_3^и = \rho_{кип} = \frac{\mu}{R} \frac{P_0}{T_{кип} + 273,15} \qquad (35)$$

$$\rho_3^ж = \rho_3^г = \rho_3^с = \rho_3^ги = 0,0; \qquad (36)$$

$$R_3 = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}\frac{Q_3}{\rho_3^{\text{выб}}}} \qquad (37)$$

$$R_3^{\text{и}} \quad 0{,}5 \quad \sqrt{F} \qquad (38)$$

$$R_3^{\text{ж}} = R_3^{\text{г}} 0{,}0 \cdot R_3^{\text{с}} = R_3^{\text{ги}} = \qquad (39)$$

1.2.4. Для сценария 4 характеристики выброса рассчитываются по следующим формулам.

Если истечение происходит из трубопровода, на входе которого стоит емкость, и величина S превосходит $0{,}15S_{\text{тр}}$, то расход определяется по формуле

$$q_{\text{выб}} = 0{,}6S\sqrt{2Hg\rho_{\text{ж}}^2 + 2\rho_{\text{ж}}\left(P_4 - p_{\text{н}}(T_4)\right)} + \rightarrow$$
$$\leftarrow + \frac{1}{K}\sqrt{\frac{\Delta H_{\text{кип}}^2 \rho^2\left(T_4, p_{\text{н}}(T_4)\right)}{C_{\text{р}}\left(T_{\text{кип}} + 273{,}15\right)}}, \qquad (40)$$

где $p_{\text{н}} = P_0 \exp\left(\Delta H_{\text{кип}}\ \mu\left(\frac{1}{T_{\text{кип}} + 273{,}15} - \frac{1}{T_4 + 273{,}15}\right)/R\right)$ —

давление насыщенных паров аммиака при температуре T_4;

$\rho\left(T_4, p_{\text{н}}(T_4)\right) = \frac{\mu}{R}\frac{p_{\text{н}}(T_4)}{T_4 + 273{,}15}$ — плотность газообразного аммиака при температуре T_4 и давлении $p_{\text{н}}(T_4)$;

K — функция, зависящая от длины участка трубопровода L от входа до места разгерметизации:

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

$$K = \begin{cases} \dfrac{\Delta H_{\text{кип}}^2 \rho^2 \left(T_4, p_{\text{н}}(T_4)\right)}{2\rho_{\text{ж}} \left(p_{\text{н}}(T_4) - P_0\right) C_{\text{р}} \left(T_{\text{кип}} - 273{,}15\right)} + \dfrac{L}{30 D_{\text{тр}}} \\ \text{где } 0 < L \le 30 D_{\text{тр}} \\ 1{,}18 \text{ для } 30 D_{\text{тр}} < L \le 50 D_{\text{тр}} \\ 1{,}33 \text{ для } 50 D_{\text{тр}} < L \le 100 D_{\text{тр}} \\ 1{,}54 \text{ для } 100 D_{\text{тр}} < L \le 200 D_{\text{тр}} \\ 1{,}82 \text{ для } 200 D_{\text{тр}} < L \le 400 D_{\text{тр}} \\ 2{,}10 \text{ для } 400 D_{\text{тр}} < L \end{cases} \qquad (41)$$

Если истечение происходит из трубопровода, на входе которого стоит насос, а величина S превосходит 0,15 $S_{\text{тр}}$, то $q_{\text{выб}}$ предполагается равным расходу насоса.

В остальных случаях расход определяется по формуле

$$q_{\text{выб}} = \text{sign}\left(Q_{\text{н}}^{\text{ж}}, 0\right) S \rho_{\text{ж}} \sqrt{2 \left| Hg + \frac{P_4 - P_0}{\rho_{\text{ж}}} \right|}, \qquad (42)$$

$$Q_4 = \min\left\{q_{\text{выб}}, \min\left\{t_{\text{кип}}, t_{\text{отс}}\right\} Q_{\text{н}}^{\text{ж}} \left(q_4' + q_4''\right) \min\left\{t_{\text{кип}}, t_{\text{отс}}\right\} + \frac{\left(T_{\text{н}} - T_{\text{кип}} + \left|T_{\text{н}} - T_{\text{кип}}\right|\right)}{\Delta H_{\text{кип}}} \times \right.$$

$$\left. \times \sqrt{\frac{\lambda_{\text{н}} c_{\text{н}} \rho_{\text{н}}}{\pi}} \frac{F_{\text{конт}}^2}{F'} \sqrt{t_{\text{кип}}} \right\} \qquad (43)$$

где $\sqrt{t_{кип}} = \min\left\{\frac{\left(T_п - T_{кип} + \left|T_п - T_{кип}\right|\right)}{2\Delta H_{кип}}\sqrt{\frac{\lambda_п\, c_п\, \rho_п}{\pi}}\;\frac{1}{\dot{q}^и}\right.$

$$\left.\sqrt{\frac{2\sqrt{F'}}{U}}\right\} \qquad (44)$$

F' — площадь поверхности пролива на стадии интенсивного кипения аммиака, принимается равной площади обваловки, а при отсутствии обваловки определяется по формулам:

$$F' = \frac{\left(q_{выб} - q'_4 - q''_4\right)t'}{0{,}05\rho_ж} \qquad (45)$$

$$t' = \min\left\{t_{кип};\ t_{отс};\ Q^ж_н / q_{выб}\right\} \qquad (46)$$

$F_{конт}$ — площадь контакта с твердой поверхностью, эта площадь включает как боковую поверхность обваловки, так и подстилающую поверхность; при проливе на неограниченную поверхность $F' = F_{конт}$.

$$q^ж_4 = q'_4 + q''_4 \quad F\,\dot{q}^и \qquad (47)$$

$$q'_4 = q_{выб}\left(1 - \eta(T_4)\right); \qquad (48)$$

$$q''_4 = \min\left\{q'_4;\ q_{выб};\ q'_4\right\} \qquad (49)$$

$$q^и_4 = F\dot{q}^и \quad S_{max}\,\dot{q}^c \qquad (50)$$

$$q^c_4 = S_{max}\,\dot{q}^c; \qquad (51)$$

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

$$q_4^{\text{ги}} = q_4^{\text{с}} + 0{,}8 \min \left\{ \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1} P_4 \rho_4 \left(\left(\frac{P_0}{P_4} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{P_0}{P_4} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right)} \right.$$

$$\left. \sqrt{P_4 \rho_4 \gamma \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \right\} \qquad (52)$$

$$q_4^{\text{г}} = F \dot{q}^{\text{и}} + q_4^{\text{ги}} \qquad (53)$$

где $S_{\max}$ — площадь эмиссии из разгерметизированного оборудования:

$$S_{\max} = \min \left\{ S_{\text{обор}} \; \rho_4 US / \dot{q}^{\text{с}} \right\}; \qquad (54)$$

F — площадь поверхности пролива, принимается равной площади обваловки, а при отсутствии обваловки определяется по формуле

$$F = \frac{(q_{\text{выб}} - q_4' - q_4'') t_4^{*} + q_{\text{выб}} t' \quad Q_4}{0{,}05 \rho_{\text{ж}}}. \qquad (55)$$

$$t_4^{*} = \min \left\{ \frac{Q_{\text{н}}^{*}}{q_{\text{выб}}} \; , t' \; t_{\text{отс}} - \quad t; \right\} \qquad (56)$$

$$t_4^{\text{г}} = \min \left\{ \frac{Q^{\text{г}} + \left(Q^{\text{ж}} - Q_{\text{н}}^{\text{ж}}\right)\left(\quad \eta(T_4)\right)}{q_4^{\text{г}} - F\, \dot{q}^{\text{и}}}, \right.$$

$$\left. \frac{t_{\text{отс}} - t' - t_4^{\text{ж}} + \left| t_{\text{отс}} - t' - t_4^{\text{ж}} \right|}{2}, t_{\text{исп}} \right\}; \qquad (57)$$

$t_{\text{исп}}$ — длительность испарения пролива после окончания истечения жидкого аммиака,

$$t_{\text{исп}} = \frac{\min\left\{Q_{\text{н}}^{\text{ж}}, t_{\text{отс}} q_{\text{выб}}\right\} - Q_4 - q_4^{\text{ж}} t_4^{\text{ж}}}{F\, \dot{q}^{\text{и}}} \qquad (58)$$

$$t_4^{\text{ги}} = \min \left\{ \frac{Q^{\text{г}} + \left(Q^{\text{ж}} - Q_{\text{н}}^{\text{ж}}\right)\left(\quad \eta(T_4)\right)}{q_4^{\text{г}} \quad F\, \dot{q}^{\text{и}}} - t_{\text{исп}} \right.$$

$$\left. \frac{t_{\text{отс}} - t' - t_4^{\text{ж}} - t_4^{\text{г}} + \left| t_{\text{отс}} - t' - t_4^{\text{ж}} - t_4^{\text{г}} \right|}{2} \right\}; \qquad (59)$$

$$t_4^{\text{и}} = \frac{\min\left\{Q_{\text{н}}^{\text{ж}}, t_{\text{отс}} q_{\text{выб}}\right\} - Q_4 - q_4^{\text{ж}} t_4^{\text{ж}} \quad q_4^{\text{г}} t_4^{\text{г}}}{2 q_4^{\text{и}}} +$$

$$+ \frac{\left| \min\left\{Q_{\text{н}}^{\text{ж}}, t_{\text{отс}} q_{\text{выб}}\right\} - Q_4 - q_4^{\text{ж}} t_4^{\text{ж}} - q_4^{\text{г}} t_4^{\text{г}} \right|}{2 q_4^{\text{и}}}; \qquad (60)$$

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

$$t_4^{\text{e}} = \min \left\{ 0,5 \left(\frac{\left(Q^{\text{ж}} - Q_{\text{н}}^{\text{ж}}\right) \eta(T_4)}{q_4^{\text{e}}} - t_4^{\text{г}} - t_4^{\text{ги}} - t_4^{\text{и}} + \right. \right.$$

$$\left. + \left| \frac{\left(Q^{\text{ж}} - Q_{\text{н}}^{\text{ж}}\right) \eta(T_4)}{q_4^{\text{e}}}, \quad t_4^{\text{г}} \quad t_4^{\text{ги}} \quad t_4^{\text{и}} \right| \right)$$

$$\frac{t_{\text{отс}} - t_4^{\text{ж}} - t_4^{\text{г}} - t_4^{\text{ги}} - t_4^{\text{и}}}{2} +$$

$$\left. + \frac{\left| t_{\text{отс}} - t_4^{\text{ж}} - t_4^{\text{г}} - t_4^{\text{ги}} - t_4^{\text{и}} \right|}{2} \right\} \qquad (61)$$

$$\rho_4^{\text{выб}} = \begin{cases} \rho_{\text{кип}} \dfrac{Q_4}{Q_4 - q_4'' t'}, \; T_4 > T_{\text{кип}} \text{ или } T_{\text{п}} > T_{\text{кип}} \\ 0,0 \text{ (в остальных случаях);} \end{cases} \qquad (62)$$

$$\rho_4^{\text{ж}} = \rho_{\text{кип}} \frac{q_4^{\text{ж}}}{q_4' + F \dot{q}^{\text{и}}}; \qquad (63)$$

$$\rho_4^{\text{г}} = \rho_4^{\text{ги}} = \rho_4 \left(P_0 / P_4\right)^{\frac{1}{\gamma}}; \qquad (64)$$

где $\rho_4 = \dfrac{\mu}{\dot{R}} \dfrac{P_4}{T_4 + 273,15}$

$$\rho_4^{и} = \rho_4^{е} = \rho_{кип}\ ; \tag{65}$$

$$R_4 = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi}\frac{Q_4}{\rho_4^{выб}}} \tag{66}$$

$$R_4^{ж} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\frac{q_4^{ж}}{\rho_4^{ж} U}} \tag{67}$$

$$R_4^{г} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\frac{q_4^{г}}{\rho_4^{г} U}} \tag{68}$$

$$R_4^{ги} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\frac{q_4^{ги}}{\rho_4^{ги} U}} \tag{69}$$

$$R_4^{и} \quad 0{,}5\ ; \quad \sqrt{F} \tag{70}$$

$$R_4^{е} \quad 0{,}5\ .\ \sqrt{S} \tag{71}$$

1.3. Высота выброса h, м, задается равной 0 при разрушении обвалования, а при наличии обвалования — равной его высоте над уровнем земли.

2. Определение зоны поражения при растекании выброса аммиака

Для первичного облака, образовавшегося по i-му сценарию, при $\rho_i^{выб} > \rho_{возд}$ имеет место гравитационное растекание облака. Облако растекается до радиуса

$$R_{раст} = \frac{1{,}15}{U}\sqrt{\frac{4}{3}gR_i^3\left(\frac{\rho_i^{выб}}{\rho_{возд}}\right)} \tag{72}$$

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

3. Определение полей концентрации и токсодозы

3.1. Для условий, в которых происходит выброс, определяются шероховатость поверхности z_0, класс стабильности и величины дисперсии в зависимости от расстояния x.

3.1.1. Шероховатость поверхности определяется по табл. 1 в зависимости от типа местности, где происходит рассеяние выброса.

3.1.2. Класс стабильности атмосферы определяется по табл. 2 в зависимости от скорости ветра и интенсивности теплового потока у поверхности (инсоляция и облачность). Для расчета наихудшего варианта принимается класс стабильности F и скорость ветра 1 м/с.

3.1.3. Величины дисперсии в зависимости от расстояния x определяются по следующим формулам:

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{C_3 x}{\sqrt{1 + 0{,}0001x}} \tag{73}$$

$$\sigma_z = f(z_0, x)\, g(x) \tag{74}$$

где

$$g(x) = \frac{A_1 x^{B_1}}{1 + A_2 x^{B_2}} \tag{75}$$

$$f(z_0, x) = \begin{cases} \ln\left[C_1 x^{D_1} \cdot \left(1 + C_2 x^{D_2}\right)\right], & z_0 \le 0{,}1 \quad \text{м}; \\ \ln\left[C_1 x^{D_1} \Big/ \left(1 + C_2 x^{D_2}\right)\right], & z_0 > 0{,}1 \quad \text{м}. \end{cases} \tag{76}$$

Коэффициенты A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2, C_3, D_1, D_2 определяются по табл. 3 и 4.

Величина σ_z, рассчитанная по формуле (74), не должна превосходить величины σ_z, указан-

© Оформление: ЗАО НТЦ ПБ, 2010

ной в табл. 5, а если это имеет место, то вместо величины, рассчитанной по формуле (74), следует использовать соответствующее данному классу стабильности значение из табл. 5.

3.2. Для каждого из этапов выброса по *i*-му сценарию определяются поля концентрации и максимальная концентрация на оси *x*.

3.2.1. Концентрация при прохождении первичного облака определяется по формуле

$$c_i(x, y, z, t) = \frac{Q_i}{\frac{8}{3}\pi R_i^3 + (2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z} G_з(x\ y\ z\ t) \qquad (77)$$

где $G_з(x, y, z, t) = \exp\left(-\left(\frac{(x-Ut)^2}{2\sigma_x^2} \frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right)\right) \times$

$$\times\left(\exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right). \qquad (78)$$

Максимальная концентрация при прохождении первичного облака наблюдается на оси $y = 0$, $z = 0$ в центре облака и рассчитывается по формуле

$$c_i(x, 0, 0, t = ;x/U) = \frac{2Q_i}{\frac{8}{3}\pi R_i^3 + (2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z} G_0(x) \qquad (79)$$

$$G_0(x) = \exp\left(-\frac{h^2}{2\sigma_z^2}\right) \qquad (80)$$

3.2.2. Концентрация при прохождении вторичного облака, образующегося при истечении жидкого аммиака из разрушенного оборудования, определяется по формулам:

$$G_{\text{н}}(x,y,z) = \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right)\left(\exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right)\right); \qquad (81)$$

$$c_i^*(x,\ y,\ z,\ t) = \begin{cases} \dfrac{\text{sign}\left(t_i^*\right) q_i^*}{U\left(2\pi R_i^{*2} + 2\pi\sigma_y\sigma_z\right)} G_{\text{н}}(x,\ y,\ z),\ x \le \dfrac{1}{C_3\sqrt{2\pi}} U t_i^*\ ; \\ \dfrac{q_i^* t_i^*}{2\pi R_i^{*2} t_i^* U + (2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z} G_3(x,\ y,\ z,\ t),\ x > \dfrac{1}{C_3\sqrt{2\pi}} U t_i^* \end{cases} \qquad (82)$$

Максимальная концентрация на поверхности земли при прохождении этого облака наблюдается на оси $y = 0$, $z = 0$ и рассчитывается по формуле

© Оформление: ЗАО НТЦ ПБ, 2010

$$c_{i\,\max}^{*}(x,\ 0,\ 0) = \begin{cases} \dfrac{2\operatorname{sign}\left(t_i^{*}\right)q_i^{*}}{U\left(2\pi R_i^{*2}+2\pi\sigma_y\sigma_z\right)}G_0(x),\ x \le \dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut_i^{*}\ ; \\ \dfrac{2q_i^{*}t_i^{*}}{2\pi R_i^{*2}t_i^{*}U+(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z}G_0(x),\ x > \dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut_i^{*}\ . \end{cases} \tag{83}$$

3.2.3. Концентрация при прохождении вторичного облака, образующегося при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования до испарения пролива, определяется по формуле

$$c_i^{3}(x,y,z,t) = \begin{cases} 0,\ 0,\ t \le t_i^{*}; \\ \dfrac{\operatorname{sign}\left(t_i^{г}\right)q_i^{г}}{U\left(2\pi R_i^{г2}+2\pi\sigma_y\sigma_z\right)}G_{н}(x,y,z),\ x \le \dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut_i^{г}\ \text{и}\ t > t_i^{*} \\ \dfrac{q_i^{г}t_i^{г}}{2\pi R_i^{г2}t_i^{г}U+(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z}G_з\left(x,y,z,t-t_i^{*}\right), \\ \qquad x > \dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut_i^{г}\ \text{и}\ t > t_i^{*}\ . \end{cases} \tag{84}$$

Максимальная концентрация на поверхности земли при прохождении этого облака наблюдается на оси $y = 0$, $z = 0$ и рассчитывается по формуле

$$c^{\text{г}}_{i\,\max}(x,0,0)=\begin{cases}\dfrac{2\operatorname{sign}\left(t^{\text{г}}_i\right)q^{\text{г}}_i}{U\left(2\pi R^{\text{г}^2}_i+2\pi\sigma_y\sigma_z\right)}G_0(x),\ x\le\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{г}}_i\ ;\\ \dfrac{2q^{\text{г}}_i t^{\text{г}}_i}{2\pi R^{\text{г}^2}_i t^{\text{г}}_i U+(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z}G_0(x),\ x>\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{г}}_i\ .\end{cases} \tag{85}$$

3.2.4. Концентрация при прохождении вторичного облака, образующегося при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования после испарения пролива, определяется по формуле

$$c^{\text{ги}}_i(x,y,z,t)=\begin{cases}0{,}0\ ,\ t\le t^{\text{ж}}_i+t^{\text{г}}_i;\\ \dfrac{\operatorname{sign}\left(t^{\text{ги}}_i\right)q^{\text{ги}}_i}{U\left(2\pi R^{\text{ги}^2}_i+2\pi\sigma_y\sigma_z\right)}G_{\text{н}}(x,y,z),\ x\le\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{ги}}_i\ \text{и}\ t>t^{\text{ж}}_i+t^{\text{г}}_i\\ \dfrac{q^{\text{ги}}_i t^{\text{ги}}_i}{2\pi R^{\text{ги}^2}_i t^{\text{ги}}_i U+(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z}G_з\left(x,y,z,t-t^{\text{ж}}_i-t^{\text{г}}_i\right),\\ \qquad\qquad x>\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{ги}}_i\ \text{и}\ t>t^{\text{ж}}_i+t^{\text{г}}_i\end{cases} \tag{86}$$

Максимальная концентрация на поверхности земли при прохождении этого облака наблюдается на оси $y = 0$, $z = 0$ и рассчитывается по формуле

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

$$c^{\text{ги}}_{i\,\max}(x,0,0)=\begin{cases}\dfrac{2\operatorname{sign}\left(t^{\text{ги}}_i\right)q^{\text{ги}}_i}{U\left(2\pi R^{\text{ги}^2}_i+2\pi\sigma_y\sigma_z\right)}G_0(x),\ x\le\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{ги}}_i;\\ \dfrac{2q^{\text{ги}}_i t^{\text{ги}}_i}{2\pi R^{\text{ги}^2}_i t^{\text{ги}}_i U+(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z}G_0(x),\ x>\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{ги}}_i.\end{cases} \tag{87}$$

3.2.5. Концентрация при прохождении вторичного облака, образующегося при испарении аммиака из пролива, определяется по формуле

$$c^{\text{и}}_i(x,y,z,t)=\begin{cases}0{,}0\ ,\ t<t^{\text{ж}}_i+t^{\text{г}}_i+t^{\text{ги}}_i;\\ \dfrac{\operatorname{sign}\left(t^{\text{и}}_i\right)q^{\text{и}}_i}{2q^{\text{и}}_i/\rho^{\text{и}}_i+2\pi\sigma_y\sigma_z U}G_{\text{н}}(x,y,z),\ x\le\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{и}}_i\ \text{и}\ t\ge t^{\text{ж}}_i+t^{\text{г}}_i+t^{\text{ги}}_i\\ \dfrac{q^{\text{и}}_i t^{\text{и}}_i}{2q^{\text{и}}_i t^{\text{и}}_i/\rho^{\text{и}}_i+(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z}G_з\left(x,y,z,t-t^{\text{ж}}_i-t^{\text{г}}_i-t^{\text{ги}}_i\right),\\ \qquad x>\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{и}}_i\ \text{и}\ t\ge t^{\text{ж}}_i+t^{\text{г}}_i+t^{\text{ги}}_i\end{cases} \tag{88}$$

Максимальная концентрация на поверхности земли при прохождении этого облака наблюдается на оси $y = 0$, $z = 0$ и рассчитывается по формуле

$$c^{и}_{i\,\max}(x,0,0)=\begin{cases}\dfrac{2\operatorname{sign}\left(t^{и}_{i}\right)q^{и}_{i}}{2q^{и}_{i}/\rho^{и}_{i}+2\pi\sigma_{y}\sigma_{z}U}G_{0}(x),\ x\le\dfrac{1}{C_{з}\sqrt{2\pi}}Ut^{и}_{i};\\ \dfrac{2q^{и}_{i}t^{и}_{i}}{2q^{и}_{i}t^{и}_{i}/\rho^{и}_{i}+(2\pi)^{3/2}\sigma_{x}\sigma_{y}\sigma_{z}}G_{0}(x),\ x>\dfrac{1}{C_{з}\sqrt{2\pi}}Ut^{и}_{i}.\end{cases}\qquad(89)$$

3.2.6. Концентрация при прохождении вторичного облака, образующегося при испарении аммиака из емкости, определяется по формуле

$$c^{с}_{i}(x,y,z,t)=\begin{cases}0{,}0\ ,\ t<t^{ж}_{i}+t^{г}_{i}+t^{ги}_{i}+t^{и}_{i};\\ \dfrac{\operatorname{sign}\left(t^{с}_{i}\right)q^{с}_{i}}{2q^{с}_{i}/\rho^{с}_{i}+2\pi\sigma_{y}\sigma_{z}U}G_{н}(x,y,z),\\ \qquad x\le\dfrac{1}{C_{з}\sqrt{2\pi}}Ut^{с}_{i}\ \text{и}\ t\ge t^{ж}_{i}+t^{г}_{i}+t^{ги}_{i}+t^{и}_{i}\\ \dfrac{q^{с}_{i}t^{с}_{i}}{2q^{с}_{i}t^{с}_{i}/\rho^{с}_{i}+(2\pi)^{3/2}\sigma_{x}\sigma_{y}\sigma_{z}}G_{з}\left(x,y,z,t-t^{ж}_{i}-t^{г}_{i}-t^{ги}_{i}-t^{и}_{i}\right),\\ \qquad x>\dfrac{1}{C_{з}\sqrt{2\pi}}Ut^{с}_{i}\ \text{и}\ t\ge t^{ж}_{i}+t^{г}_{i}+t^{ги}_{i}+t^{и}_{i}\end{cases}\qquad(90)$$

© Оформление: ЗАО НТЦ ПБ, 2010

Максимальная концентрация на поверхности земли при прохождении этого облака наблюдается на оси $y = 0$, $z = 0$ и рассчитывается по формуле

$$c^{\text{e}}_{i\,\max}(x,0,0)=\begin{cases}\dfrac{2\operatorname{sign}\left(t^{\text{e}}_i\right)q^{\text{e}}_i}{2q^{\text{e}}_i/\rho^{\text{e}}_i+2\pi\sigma_y\sigma_z U}G_0(x),\ x\le\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{e}}_i;\\ \dfrac{2q^{\text{e}}_i t^{\text{e}}_i}{2q^{\text{e}}_i t^{\text{e}}_i/\rho^{\text{e}}_i+(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z}G_0(x),\ x>\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{e}}_i.\end{cases} \tag{91}$$

3.3. Определяется максимально возможная концентрация на расстоянии x от места аварии при i-м сценарии:

$$c^{\max}_i = \max\left(c_{i\,\max}\ \ c^{\text{ж}}_{i\,\max}\ \ c^{\text{г}}_{i\,\max}\ \ c^{\text{гн}}_{i\,\max}\ \ c^{\text{и}}_{i\,\max}\ \ c^{\text{e}}_{i\,\max}\right) \tag{92}$$

3.4. Определение поля токсодозы.

3.4.1. Токсодоза при прохождении первичного облака рассчитывается по формуле

$$D_i(x,\ y,\ z)\ =\ \frac{(2\pi)^{1/2}\,Q_i\sigma_x}{U\left(\dfrac{8}{3}\pi R_i^3\ +\ (2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z\right)}\,G_{\text{н}}(x\ \ y\ \ z) \tag{93}$$

Максимальная токсодоза на поверхности земли при прохождении первичного облака наблюдается на оси $y = 0$, $z = 0$ и определяется по формуле

$$D_{i\,\max}(x,\,0,\,0) = \frac{2\cdot(2\pi)^{1/2} Q_i \sigma_x}{U\left(\frac{8}{3}\pi R_i^3 + (2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z\right)} G_0(x) \qquad (94)$$

3.4.2. Токсодоза при прохождении вторичного облака, образующегося при истечении жидкого аммиака из разрушенного оборудования, рассчитывается по формуле

$$D^*_{i\,\max}(x,y,z) = \begin{cases} \dfrac{q_i^* \min\left\{t_i^*,\ t_{\text{эксп}}\right\}}{U\left(2\pi R_i^{*2} + 2\pi\sigma_y\sigma_z\right)} G_{\text{н}}(x,y,z),\ x \le \dfrac{1}{C_3\sqrt{2\pi}} U t_i^*; \\ \dfrac{(2\pi)^{1/2} q_i^* t_i^* \sigma_x}{U\left(2\pi R_i^{*2} t_i^* U + (2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z\right)} G_{\text{н}}(x,y,z),\ x > \dfrac{1}{C_3\sqrt{2\pi}} U t_i^*. \end{cases} \qquad (95)$$

Максимальная токсодоза на поверхности земли при прохождении этого облака наблюдается на оси $y = 0$, $z = 0$ и определяется по формуле

© Оформление: ЗАО НТЦ ПБ, 2010

$$D^{ж}_{i\,\max}(x,0,0) = \begin{cases} \dfrac{2q_i^{ж}\ \min\left\{t_i^{ж},\ t_{эксп}\right\}}{U\left(2\pi R_i^{ж^2}+2\pi\sigma_y\sigma_z\right)}G_0(x),\ x\le\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut_i^{ж}; \\ \dfrac{2\cdot(2\pi)^{1/2}\,q_i^{ж}t_i^{ж}\sigma_x}{U\left(2\pi R_i^{ж^2}t_i^{ж}U+(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z\right)}G_0(x),\ x>\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut_i^{ж}. \end{cases} \quad (96)$$

3.4.3. Токсодоза при прохождении вторичного облака, образующегося при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования до испарения пролива, рассчитывается по формуле

$$D_i^{г}(x,\ y,\ z) = \begin{cases} \dfrac{q_i^{г}\ \min\left\{t_i^{г},\dfrac{t_{эксп}-t_i^{ж}+\left|t_{эксп}-t_i^{ж}\right|}{2}\right\}}{U\left(2\pi R_i^{г^2}+2\pi\sigma_y\sigma_z\right)}G_н(x,y,z),\ x\le\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut_i^{г}; \\ \dfrac{(2\pi)^{1/2}\,q_i^{г}t_i^{г}\sigma_x}{U\left(2\pi R_i^{г^2}t_i^{г}U+(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z\right)}G_н(x,y,z),\ x>\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut_i^{г}. \end{cases} \quad (97)$$

Максимальная токсодоза на поверхности земли при прохождении этого облака наблюдается на оси $y = 0$, $z = 0$ и определяется по формуле

$$D^{\text{г}}_{i\,\max}(x,0,0)=\begin{cases}\dfrac{2q^{\text{г}}_i \min\left\{t^{\text{г}}_i,\dfrac{t_{\text{эксп}}-t^{*}_i+\left|t_{\text{эксп}}-t^{*}_i\right|}{2}\right\}}{U\left(2\pi R^{\text{г}^2}_i+2\pi\sigma_y\sigma_z\right)}G_0(x),\ x\le\dfrac{1}{C_3\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{г}}_i;\\[2ex]\dfrac{2\cdot(2\pi)^{1/2}q^{\text{г}}_i t^{\text{г}}_i\sigma_x}{U\left(2\pi R^{\text{г}^2}_i t^{\text{г}}_i U+(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z\right)}G_0(x),\ x>\dfrac{1}{C_3\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{г}}_i.\end{cases}\qquad(98)$$

3.4.4. Токсодоза при прохождении вторичного облака, образующегося при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования после испарения пролива, рассчитывается по формуле

$$D^{\text{ги}}_i(x,y,z)=\begin{cases}\dfrac{q^{\text{ги}}_i \min\left\{t^{\text{ги}}_i,\dfrac{t_{\text{эксп}}-t^{*}_i-t^{\text{г}}_i+\left|t_{\text{эксп}}-t^{*}_i-t^{\text{г}}_i\right|}{2}\right\}}{U\left(2\pi R^{\text{ги}^2}_i+2\pi\sigma_y\sigma_z\right)}G_{\text{н}}(x,y,z),\ x\le\dfrac{1}{C_3\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{ги}}_i;\\[2ex]\dfrac{(2\pi)^{1/2}q^{\text{ги}}_i t^{\text{ги}}_i\sigma_x}{U\left(2\pi R^{\text{ги}^2}_i t^{\text{ги}}_i U+(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z\right)}G_{\text{н}}(x,y,z),\ x>\dfrac{1}{C_3\sqrt{2\pi}}Ut^{\text{ги}}_i.\end{cases}\qquad(99)$$

© Оформление: ЗАО НТЦ ПБ, 2010

Максимальная токсодоза на поверхности земли при прохождении этого облака наблюдается на оси $y = 0$, $z = 0$ и определяется по формуле

$$D_{i\,\max}^{\text{ги}}(x,0,0) = \begin{cases} \dfrac{2q_i^{\text{ги}}\ \min\left\{t_i^{\text{ги}}, \dfrac{t_{\text{эксп}} - t_i^{\text{ж}} - t_i^{\text{г}} + \left|t_{\text{эксп}} - t_i^{\text{ж}} - t_i^{\text{г}}\right|}{2}\right\}}{U\left(2\pi R_i^{\text{ги}^2} + 2\pi\sigma_y\sigma_z\right)} G_0(x), \\ \qquad\qquad x \le \dfrac{1}{C_3\sqrt{2\pi}} U t_i^{\text{ги}} \\ \dfrac{2\cdot(2\pi)^{1/2} q_i^{\text{ги}} t_i^{\text{ги}} \sigma_x}{U\left(2\pi R_i^{\text{ги}^2} t_i^{\text{ги}} U + (2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z\right)} G_0(x),\ x > \dfrac{1}{C_3\sqrt{2\pi}} U t_i^{\text{ги}}. \end{cases} \qquad (100)$$

3.4.5. Токсодоза при прохождении вторичного облака, образующегося при испарении аммиака из пролива, рассчитывается по формуле

$$D_i^{\text{и}}(x,y,z)=\begin{cases}\dfrac{q_i^{\text{и}}\min\left\{t_i^{\text{и}},\dfrac{t_{\text{эксп}}-t_i^{\text{ж}}-t_i^{\text{г}}-t_i^{\text{ги}}+\left|t_{\text{эксп}}-t_i^{\text{ж}}-t_i^{\text{г}}-t_i^{\text{ги}}\right|}{2}\right\}}{2q_i^{\text{и}}/\rho_i^{\text{и}}+2\pi\sigma_y\sigma_z U}G_{\text{н}}(x,y,z), & x\le\dfrac{1}{C_3\sqrt{2\pi}}Ut_i^{\text{и}}\\ \dfrac{(2\pi)^{1/2}q_i^{\text{и}}t_i^{\text{и}}\sigma_x}{U\left(2q_i^{\text{и}}t_i^{\text{и}}/\rho_i^{\text{и}}+(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z\right)}G_{\text{н}}(x,y,z), & x>\dfrac{1}{C_3\sqrt{2\pi}}Ut_i^{\text{и}}.\end{cases} \qquad (101)$$

Максимальная токсодоза на поверхности земли при прохождении этого облака наблюдается на оси $y = 0$, $z = 0$ и определяется по формуле

© Оформление: ЗАО НТЦ ПБ, 2010

$$D^{и}_{i\,\max}(x,0,0)=\begin{cases}\dfrac{2q^{и}_i\ \min\left\{t^{и}_i,\dfrac{t_{эксп}-t^{ж}_i-t^{г}_i-t^{ги}_i+\left|t_{эксп}-t^{ж}_i-t^{г}_i-t^{ги}_i\right|}{2}\right\}}{2q^{и}_i/\rho^{и}_i+2\pi\sigma_y\sigma_z U}G_0(x), & x\le\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut^{и}_i\\ \dfrac{2\cdot(2\pi)^{1/2}\,q^{и}_i t^{и}_i\sigma_x}{U\left(2q^{и}_i t^{и}_i/\rho^{и}_i+(2\pi)^{3/2}\,\sigma_x\sigma_y\sigma_z\right)}G_0(x), & x>\dfrac{1}{C_з\sqrt{2\pi}}Ut^{и}_i\end{cases} \qquad (102)$$

3.4.6. Токсодоза при прохождении вторичного облака, образующегося при испарении аммиака из емкости, рассчитывается по формуле

$$D_i^{\text{е}}(x,y,z)=\begin{cases}\dfrac{q_i^{\text{е}}\min\left\{t_i^{\text{е}},\dfrac{t_{\text{эксп}}-t_i^{\Sigma}+\left|t_{\text{эксп}}-t_i^{\Sigma}\right|}{2}\right\}}{2q_i^{\text{е}}/\rho_i^{\text{е}}+2\pi\sigma_y\sigma_z U}G_{\text{н}}(x,\,y,\,z), \\ \qquad x\le\dfrac{1}{C_{\text{з}}\sqrt{2\pi}}Ut_i^{\text{е}} \\ \qquad t_i^{\Sigma}=t_i^{\text{ж}}+t_i^{\text{г}}+t_i^{\text{ги}}+t_i^{\text{и}}; \\ \dfrac{(2\pi)^{1/2}q_i^{\text{е}}t_i^{\text{е}}\sigma_x}{U\left(2q_i^{\text{е}}t_i^{\text{е}}/\rho_i^{\text{е}}+(2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z\right)}G_{\text{н}}(x,\,y,\,z), \\ \qquad x>\dfrac{1}{C_{\text{з}}\sqrt{2\pi}}Ut_i^{\text{е}}\end{cases} \tag{103}$$

Максимальная токсодоза на поверхности земли при прохождении этого облака наблюдается на оси $y = 0$, $z = 0$ и определяется по формуле

© Оформление: ЗАО НТЦ ПБ, 2010

$$D^{e}_{i\,max}(x,0,0)=\begin{cases}\dfrac{2q^{e}_{i}\ \min\left\{t^{e}_{i},\dfrac{t_{эксп}-t^{\Sigma}_{i}+\left|t_{эксп}-t^{\Sigma}_{i}\right|}{2}\right\}}{2q^{e}_{i}/\rho^{e}_{i}+2\pi\sigma_{y}\sigma_{z}U}G_{0}(x), & x\le\dfrac{1}{C_{э}\sqrt{2\pi}}Ut^{e}_{i} \\ & t^{\Sigma}_{i};\quad t^{ж}_{i}+t^{г}_{i}+t^{ги}_{i}+t^{и}_{i} \\ \dfrac{2\cdot(2\pi)^{1/2}\,q^{e}_{i}t^{e}_{i}\sigma_{x}}{U\left(2q^{e}_{i}t^{e}_{i}/\rho^{e}_{i}+(2\pi)^{3/2}\sigma_{x}\sigma_{y}\sigma_{z}\right)}G_{н}(x), & x>\dfrac{1}{C_{э}\sqrt{2\pi}}Ut^{e}_{i}.\end{cases} \qquad (104)$$

3.5. Определяется максимальная токсодоза на расстоянии x от места аварии при i-м сценарии:

$$D^{max}_{i}=D_{i\,max}+D^{ж}_{i\,max}+D^{г}_{i\,max}+D^{ги}_{i\,max}+D^{и}_{i\,max}+D^{e}_{i\,max}. \qquad (105)$$

3.6. Сравнением с пороговыми, смертельными концентрациями и токсодозами определяются расстояния, соответствующие смертельному поражению и пороговому воздействию.

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ И РАЗМЕРНОСТЕЙ
(в алфавитном порядке латинские прописные, латинские строчные, греческие строчные)

A_1 — коэффициент в расчете дисперсии

A_2 — коэффициент в расчете дисперсии

B_1 — коэффициент в расчете дисперсии

B_2 — коэффициент в расчете дисперсии

C_1 — коэффициент в расчете дисперсии

C_2 — коэффициент в расчете дисперсии

C_3 — коэффициент в расчете дисперсии

C_p — теплоемкость жидкого аммиака, Дж/(кг·К)

D_1 — коэффициент в расчете дисперсии

D_2 — коэффициент в расчете дисперсии

D_i — токсодоза в точке от прохождения первичного облака, кг·с/м^3

$D_{i\,max}$ — токсодоза в точке на оси $y = 0$, $z = 0$ от прохождения первичного облака, кг·с/м^3

$D_{тр}$ — диаметр трубопровода, м

D_i^{max} — токсодоза в точке на оси $y = 0$, $z = 0$ за все время аварии(наблюдения), кг·с/м^3

$D_i^{'}$ — токсодоза в точке от прохождения вторичного облака, образующегося при истечении газообразного аммиака из оборудования в i-м сценарии, кг·с/м^3

$D^{г}_{i\,max}$ — токсодоза в точке на оси $y = 0$, $z = 0$ от прохождения вторичного облака, образующегося при истечении газообразного аммиака из оборудования в i-м сценарии, кг·с/м^3

$D^{с}_{i}$ — токсодоза в точке от прохождения вторичного облака, образующегося при испарении аммиака, оставшегося в оборудовании в i-м сценарии, кг·с/м^3

$D^{с}_{i\,max}$ — токсодоза в точке на оси $y = 0$, $z = 0$ от прохождения вторичного облака, образующегося при испарении аммиака, оставшегося в оборудовании в i-м сценарии, кг·с/м^3

$D^{ж}_{i}$ — токсодоза в точке от прохождения вторичного облака, образующегося при истечении жидкого аммиака из оборудования в i-м сценарии, кг·с/м^3

$D^{ж}_{i\,max}$ — токсодоза в точке на оси $y = 0$, $z = 0$ от прохождения вторичного облака, образующегося при истечении жидкого аммиака из оборудования в i-м сценарии, кг·с/м^3

$D^{и}_{i}$ — токсодоза в точке от прохождения вторичного облака, образующегося при испарении аммиака из пролива в i-м сценарии, кг·с/м^3

$D^{и}_{i\,max}$ — токсодоза в точке на оси $y = 0$, $z = 0$ от прохождения вторичного облака, образующегося при испарении аммиака из пролива в i-м сценарии, кг·с/м^3

$D^{ги}_{i}$ — токсодоза в точке от прохождения вторичного облака, образующегося при истечении аммиака из оборудования после испарения пролива в i-м сценарии, кг·с/м^3

$D^{ги}_{i\,max}$ — токсодоза в точке на оси $y = 0$, $z = 0$ от прохождения вторичного облака, образующегося при истечении аммиака из оборудования после испарения пролива в i-м сценарии, кг·с/м^3

F — площадь поверхности пролива жидкого аммиака, м^2

F' — площадь поверхности пролива жидкого аммиака при образовании первичного облака в сценарии 4, м^2

$F_{конт}$ — площадь контакта жидкого аммиака с подстилающей поверхностью при проливе, м^2

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

G_0 — вспомогательная величина при расчете значений концентрации и токсодозы

$G_з$ — вспомогательная величина при расчете рассеяния залпового выброса

$G_н$ — вспомогательная величина при расчете рассеяния непрерывного выброса

$\Delta H_{кип}$ — теплота испарения жидкого аммиака, Дж/кг

H — высота жидкого аммиака в оборудовании над уровнем отверстия, через которое происходит истечение, м

K — функция, зависящая от L длины участка трубопровода от входа до места разгерметизации

L — длина участка трубопровода от входа до места разгерметизации, м

P_i — давление в оборудовании в i-м сценарии, Па

P_0 — давление в окружающей среде, при нормальных условиях принимается равным 10^5 Па

Q — общая масса аммиака в оборудовании, включает массу жидкости и массу газа, кг

Q_i (от Q_1 до Q_4) — масса аммиака, образующего первичное облако в i-м сценарии, кг

Q^* — масса жидкого аммиака в оборудовании (при истечении из трубопровода с насосом на входе равна $Q_н^*$), кг

$Q^г$ — масса газообразного аммиака в оборудовании, кг

Q_3^* — масса жидкого аммиака, переходящая в первичное облако в сценарии 3 в виде аэрозоля, кг

$Q_н^*$ — масса жидкого аммиака в оборудовании выше уровня отверстия, через которое происходит истечение (при истечении из трубопровода с

насосом на входе предполагается равной бесконечной величине; если отверстие разгерметизации выше уровня жидкости, то величина полагается равной 0), кг

$Q_3^г$ — масса газообразного аммиака, переходящего в первичное облако при сценарии 3 в виде газа при мгновенном вскипании перегретого аммиака, кг

$Q_3^и$ — масса газообразного аммиака, переходящая в первичное облако при сценарии 3 при кипении пролива, кг

R — универсальная газовая постоянная, равна 8,31 Дж/(кг·моль)

R_i — размер первичного облака аммиака в начальный момент времени в i-м сценарии, м

$R_i^ж$ — начальный размер вторичного облака аммиака, образующегося при истечении жидкого аммиака из разрушенного оборудования в i-м сценарии, м

$R_i^г$ — начальный размер вторичного облака аммиака, образующегося при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования в i-м сценарии до испарения пролива, м

$R_i^{ги}$ — начальный размер вторичного облака аммиака, образующегося при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования в i-м сценарии после испарения пролива, м

$R_i^и$ — начальный размер вторичного облака аммиака, образующегося при испарении аммиака из пролива в i-м сценарии, м

$R_i^е$ — начальный размер вторичного облака аммиака, образующегося при испарении аммиака из емкости в i-м сценарии, м

$R_{раст}$ — радиус гравитационного растекания облака аммиака, м

S — площадь отверстий разгерметизации, м^2

$S_{обор}$ — максимальная площадь горизонтального сечения оборудования, м^2

S_{max} — площадь эмиссии при испарении аммиака из разгерметизированной емкости, м^2

$S_{тр}$ — площадь поперечного сечения трубопровода, м^2

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

T_i — температура в оборудовании в i-м сценарии, °С

$T_{\text{возд}}$ — температура воздуха, °С

$T_{\text{кип}}$ — температура кипения жидкого аммиака при давлении P_0, °С

$T_{\text{п}}$ — температура подстилающей поверхности, °С

U — скорость ветра на высоте 10 м, м/с

V_i — объем оборудования в i-м сценарии, при выбросе с трубопровода, на входе которого стоит компрессор (насос), предполагается равным бесконечной величине, м^3

$c_{\text{п}}$ — теплоемкость подстилающей поверхности, Дж/(кг·К)

c_i — концентрация аммиака при прохождении первичного облака, кг/м^3

$c_{i\,\max}$ — максимальная концентрация аммиака при прохождении первичного облака на оси $y = 0$, $z = 0$ в центре облака, кг/м^3

c_i^* — концентрация аммиака при прохождении вторичного облака, образующегося при истечении жидкого аммиака из разрушенного оборудования, кг/м^3

$c_{i\,\max}^*$ — максимальная концентрация аммиака на поверхности земли при прохождении вторичного облака (на оси $y = 0$, $z = 0$), кг/м^3

c_i^{I} — концентрация аммиака при прохождении вторичного облака, образующегося при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования при наличии пролива, кг/м^3

$c_{i\,\max}^{\text{I}}$ — максимальная концентрация аммиака на поверхности земли при прохождении вторичного облака, образующегося при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования при наличии пролива (на оси $y = 0$, $z = 0$), кг/м^3

c_i^{III} — концентрация аммиака при прохождении вторичного облака, образующегося при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования в отсутствии пролива, кг/м^3

$c_{i\,\max}^{\text{III}}$ — максимальная концентрация аммиака на поверхности земли при прохождении вторичного облака, образующегося при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования в отсутствии пролива (на оси $y = 0$, $z = 0$), кг/м^3

$c_i^{и}$ — концентрация аммиака при прохождении вторичного облака, образующегося при испарении жидкого аммиака из пролива, кг/м^3

$c_{i\,max}^{и}$ — максимальная концентрация аммиака на поверхности земли при прохождении вторичного облака, образующегося при испарении жидкого аммиака из пролива (на оси $y = 0$, $z = 0$), кг/м^3

$c_i^{е}$ — концентрация аммиака при прохождении вторичного облака, образующегося при испарении жидкого аммиака из емкости, кг/м^3

$c_{i\,max}^{е}$ — максимальная концентрация аммиака на поверхности земли при прохождении вторичного облака, образующегося при испарении жидкого аммиака из емкости (на оси $y = 0$, $z = 0$), кг/м^3

c_i^{max} — максимально возможная концентрация в точке на оси $y = 0$, $z = 0$ при i-м сценарии

$f(z_0, x)$ — вспомогательная функция при расчете дисперсии

g — ускорение свободного падения (равно 9,81 м/с^2)

$g(x)$ — вспомогательная функция при расчете дисперсии

h — высота источника выброса, м

$p_н$ — давление насыщенного пара аммиака в окружающей среде при температуре воздуха $T_{возд}$, мм рт. ст.

$p_н(T_4)$ — давление насыщенных паров аммиака при температуре T_4, Па

q_4' — расход газообразного аммиака, образующегося при мгновенном вскипании жидкой фазы в случае истечения жидкого аммиака из разрушенного оборудования в сценарии 4, кг/с

q_4'' — расход аммиака в виде аэрозольных включений, образующихся при мгновенном вскипании жидкой фазы, в случае истечения жидкого аммиака из разрушенного оборудования в сценарии 4, кг/с

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

$q^{выб}$ — расход аммиака в случае истечения жидкого аммиака из разрушенного оборудования

$q_i^г$ — расход аммиака во вторичном облаке, образующемся при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования в i-м сценарии до испарения пролива, кг/с

$q_i^{ги}$ — расход аммиака во вторичном облаке, образующемся при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования в i-м сценарии после испарения пролива, кг/с

$q_i^с$ — расход аммиака во вторичном облаке, образующемся при испарении жидкого аммиака из емкости в i-м сценарии, кг/с

$q_i^ж$ — расход аммиака во вторичном облаке, образующемся при истечении жидкого аммиака из разрушенного оборудования в i-м сценарии, кг/с

$q_i^и$ — расход аммиака во вторичном облаке, образующемся при испарении жидкого аммиака из пролива в i-м сценарии, кг/с

$\dot{q}^и$ — удельная скорость испарения аммиака с единицы площади, кг/(с·м^2)

$\dot{q}^с$ — удельная скорость испарения аммиака с единицы площади при скорости ветра U, равной нулю, кг/(с·м^2)

t — время, с

$t_{исп}$ — длительность испарения пролива после окончания истечения жидкого аммиака, с

$t_{кип}$ — длительность интенсивного кипения жидкого аммиака за счет теплопритока от подстилающей поверхности, с

$t_{отс}$ — время ликвидации отверстий разгерметизации, с

$t_{экс}$ — длительность экспозиции, с

t' — длительность формирования первичного облака в сценарии 4, с

$t_i^г$ — длительность истечения газообразного аммиака из разрушенного оборудования в i-м сценарии до испарения пролива, с

$t_i^{\text{ги}}$	—	длительность истечения газообразного аммиака из разрушенного оборудования в i-м сценарии после испарения пролива, с
$t_i^{\text{е}}$	—	длительность испарения аммиака из емкости в i-м сценарии, с
t_i^{*}	—	длительность истечения жидкого аммиака из разрушенного оборудования в i-м сценарии, с
$t_i^{\text{и}}$	—	длительность испарения аммиака из пролива в i-м сценарии, с
x	—	пространственная переменная (координата вдоль ветра), м
y	—	пространственная переменная (координата высоты), м
z	—	пространственная переменная (координата, перпендикулярная направлению ветра), м
α	—	объемная доля газовой фазы в оборудовании
γ	—	показатель адиабаты газообразного аммиака
$\eta\ (T_i)$	—	вспомогательная величина, используемая для определения доли перегретой жидкости, перешедшей в пар
$\lambda_{\text{п}}$	—	коэффициент теплопроводности подстилающей поверхности, Вт/(м·К)
μ	—	молярная масса аммиака, кг/моль
π	—	число, равное 3,1459
$\rho\ [T_4,\ p_{\text{н}}(T_4)]$	—	плотность газообразного аммиака при температуре T_4 и давлении $p_{\text{н}}(T_4)$, кг/м^3
ρ_i	—	плотность газовой фазы аммиака в оборудовании в i-м сценарии, кг/м^3
$\rho_{\text{возд}}$	—	плотность воздуха при температуре $T_{\text{возд}}$ и давлении P_0, кг/м^3
$\rho_{\text{ж}}$	—	плотность жидкого аммиака, кг/м^3

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

$\rho_{кип}$ — плотность газообразного аммиака при температуре кипения и давлении P_0, кг/м^3

$\rho_{п}$ — плотность материала подстилающей поверхности, кг/м^3

$\rho_i^{выб}$ — плотность аммиака в первичном облаке в начальный момент времени в i-м сценарии, кг/м^3

$\rho_i^{г}$ — плотность аммиака в начальный момент времени во вторичном облаке, образующемся при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования в i-м сценарии до испарения пролива, кг/м^3

$\rho_i^{ги}$ — плотность аммиака в начальный момент времени во вторичном облаке, образующемся при истечении газообразного аммиака из разрушенного оборудования в i-м сценарии после испарения пролива, кг/м^3

$\rho_i^{е}$ — плотность аммиака в начальный момент времени во вторичном облаке, образующемся при испарении аммиака из емкости в i-м сценарии, кг/м^3

$\rho_i^{ж}$ — плотность аммиака в начальный момент времени во вторичном облаке, образующемся при истечении жидкого аммиака из разрушенного оборудования в i-м сценарии, кг/м^3

$\rho_i^{и}$ — плотность аммиака в начальный момент времени во вторичном облаке, образующемся при испарении аммиака из пролива в i-м сценарии, кг/м^3

σ_x — дисперсия вдоль оси x, м

σ_y — дисперсия вдоль оси y, м

σ_z — дисперсия вдоль оси z, м

Обозначение функций

| | — модуль величины, равен самой величине, если величинабольше нуля, и величине со знаком «минус», если величина меньше нуля; используется для автоматичсского занулсния выражений

sign — знак величины, равен 1, если величина больше нуля, −1, если величина меньше нуля, и 0, если величина равна нулю

© Оформление. ЗАО НТЦ ПБ, 2010

Таблица 1

Шероховатость поверхности z_0 в зависимости от типа местности, где происходит рассеяние выброса

Тип местности	z_0, м
Ровная местность, покрытая снегом	0,001
Ровная местность с высотой травы до 1 см	0,001
Ровная местность с высотой травы до 15 см	0,01
Ровная местность с высотой травы до 60 см	0,05
Местность, покрытая кустарником	0,12
Лес высотой до 10 м	0,4
Городская застройка	1,0

Таблица 2

Класс стабильности атмосферы

Скорость ветра на высоте 10 м, м/с	День			Ночь	
	Интенсивная инсоляция	Умеренная инсоляция	Слабая инсоляция	Тонкая сплошная облачность или более $^5/_8$ облачного покрова	Менее $^3/_8$ облачного покрова
$U \leq 2$	A	B	B	F	F
$2 < U \leq 3$	B	B	C	E	F
$3 < U \leq 5$	B	C	C	D	E
$5 < U \leq 6$	C	D	D	D	D
$U > 6$	D	D	D	D	D

Таблица 3

Коэффициенты A_1, A_2, B_1, B_2, C_3 в зависимости от класса стабильности атмосферы

Класс стабильности	A_1	A_2	B_1	B_2	C_3
A	0,112	0,000538	1,060	0,815	0,22
B	0,130	0,000652	0,950	0,750	0,16
C	0,112	0,000920	0,920	0,718	0,11
D	0,098	0,00135	0,889	0,688	0,08
E	0,0609	0,00196	0,895	0,684	0,06
F	0,0638	0,00136	0,783	0,672	0,04

Таблица 4

Коэффициенты C_1, C_2, D_1, D_2 в зависимости от размера шероховатости

z_0, м	C_1	C_2	D_1	D_2
0,01	1,56	0,000625	0,048	0,45
0,04	2,02	0,000776	0,027	0,37
0,1	2,73	0	0	0
0,4	5,16	0,0538	–0,098	0,225
1,0	7,37	0,000233	–0,0096	0,6

Таблица 5

Максимальное значение σ_z

Класс стабильности атмосферы	σ_z, м	Класс стабильности атмосферы	σ_z, м
A	1600	D	400
B	920	E	220
C	640	F	100

© Оформление ЗАО НТЦ ПБ, 2010

Таблица 6

Характеристики подстилающих поверхностей

Тип поверхности	$\rho_п$, кг/м^3	$\lambda_п$, Вт/(м·К)	$c_п$, Дж/(кг·К)
Бетон	2220	1,42	770
Песок	1380	0,35	840
Лед	920	2,23	2080

Свойства аммиака

Молярная масса	0,01703 кг/моль
Плотность жидкости	681 кг/м^3
Температура кипения	−33,41 °С
Показатель адиабаты	1,32
Теплоемкость жидкости	4700 Дж/(кг·К)
Теплота испарения	$1{,}37 \cdot 10^6$ Дж/кг
Смертельная токсодоза	150 мг·мин/л
Пороговая токсодоза	15 мг·мин/л

По вопросам приобретения
нормативно-технической документации
обращаться по тел./факсам:
(495) 620-47-53, 984-23-56, 984-23-57, 984-23-58, 984-23-59
E-mail: gost.e-ecolog.ru

Подписано в печать 27.09.2010. Формат 60×84 1/16.
Гарнитура Times. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Объем 13,0 печ. л.
Заказ № 464.
Тираж 40 экз.

Закрытое акционерное общество
«Научно-технический центр исследований
проблем промышленной безопасности»
105082, г. Москва, Переведеновский пер., д. 13, стр. 21

Отпечатано в ООО «Полимедиа»
105082, г. Москва, Переведеновский пер., д. 18, стр. 1

gost.e-ecolog.ru