

**МИНИСТЕРСТВО ВНУТРЕННИХ ДЕЛ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОТИВОПОЖАРНАЯ СЛУЖБА
НОРМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИЙ
НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК
ПО ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
НПБ 107-97

МОСКВА 1997

Разработаны Главным управлением Государственной противопожарной службы (ГУГПС) и Всероссийским научно-исследовательским институтом противопожарной обороны (ВНИИПО) МВД России.

Внесены и подготовлены к утверждению нормативно-техническим отделом ГУГПС МВД России.

Утверждены главным государственным инспектором Российской Федерации по пожарному надзору.

Введены в действие приказом ГУГПС МВД России от 17.02.1997 г. № 8.

Дата введения в действие 1.05.1997 г.

Вводятся впервые.

Настоящие нормы устанавливают методику определения категорий наружных установок производственного и складского назначения* по пожарной опасности.

Наружная установка - комплекс аппаратов и технологического оборудования, расположенных вне зданий, с несущими и обслуживающими конструкциями.

Настоящие нормы не распространяются на наружные установки для производства и хранения взрывчатых веществ, средств инициирования взрывчатых веществ, наружные установки, проектируемые по специальным нормам и правилам, утвержденным в установленном порядке, а также на оценку уровня взрывоопасности наружных установок.

Требования норм должны учитываться в проектах на строительство, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение, при изменениях технологических процессов и при эксплуатации наружных установок. Наряду с настоящими нормами следует также руководствоваться положениями Ведомственных норм технологического проектирования и специальных перечней, касающихся категорирования наружных установок, согласованных и утвержденных в установленном порядке.

Термины и их определения приняты в соответствии с ГОСТ 12.1.033-81 и ГОСТ 12.1.044-89.

*Далее по тексту - наружные установки.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , B_{n1} , Γ_n и D_n .

1.2. Категории пожарной опасности наружных установок определяются, исходя из вида находящихся в наружных установках горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, особенностей технологических процессов.

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

Допускается использование справочных данных, опубликованных головными научно-исследовательскими организациями в области пожарной безопасности или выданных Государственной службой стандартных справочных данных.

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

2. КАТЕГОРИИ НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК ПО ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

2.1. Категории наружных установок по пожарной опасности принимаются в соответствии с табл. 1.

2.2. Определение категорий наружных установок следует осуществлять путем последовательной проверки их принадлежности к категориям, приведенным в табл. 1, от высшей (A_n) к низшей (D_n).

2.3. В случае если из-за отсутствия данных представляется невозможным оценить величину индивидуального риска, допускается использование вместо нее следующих критериев.

Таблица 1

Категория наружной установки	Категории отнесения наружной установки к той или иной категории по пожарной опасности
A_n	Установка относится к категории A_n , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие газы; легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°C; вещества и/или материалы, способные гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и /или друг с другом, при условии, что величина индивидуального риска при возможном сгорании указанных веществ с образованием волн давления превышает 10^{-6} в год на расстоянии 30 м от наружной установки
B_n	Установка относится к категории B_n , если в ней присутствуют (хранятся, транспортируются) горючие пыли и/или волокна; легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°C; горючие жидкости, при условии, что величина индивидуального риска при возможном сгорании пыле- и/или паровоздушных смесей с образованием волн давления превышает 10^{-6} в год на расстоянии 30 м от наружной установки
B_n	Установка относится к категории B_n , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие и/или трудногорючие жидкости; твердые горючие и/или трудногорючие вещества и/или материалы (в том числе пыли и/или волокна); вещества и/или материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и/или друг с другом гореть; не реализуются критерии, позволяющие отнести установку к категориям A_n или B_n , при условии, что величина индивидуального риска при возможном сгорании указанных веществ и/или материалов превышает 10^{-6} в год на расстоянии 30 м от наружной установки.
G_n	Установка относится к категории G_n , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) негорючие вещества и/или материалы в горячем, раскаленном и/или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и/или пламени, а также горючие газы, жидкости и/или твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
D_n	Установка относится к категории D_n , если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) в основном негорючие вещества и/или материалы в холодном состоянии и по перечисленным выше критериям она не относится к категориям A_n, B_n, B_n, G_n

Для категорий A_n и B_n :

- горизонтальный размер зоны, ограничивающей газопаровоздушные смеси с концентрацией горючего выше нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР), превышает 30 м (данный критерий применяется только для горючих газов и паров) и/или

- расчетное избыточное давление при сгорании газо-, паро- или пылевоздушной смеси на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа.

Для категории B_n :

- интенсивность теплового излучения от очага пожара веществ и/или материалов, указанных для категории B_n , на расстоянии 30 м от наружной установки превышает $4 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$.

3. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЗНАЧЕНИЙ КРИТЕРИЕВ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

3.1. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЗНАЧЕНИЙ КРИТЕРИЕВ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ГОРЮЧИХ ГАЗОВ И ПАРОВ

Выбор и обоснование расчетного варианта

3.1.1. Выбор расчетного варианта следует осуществлять с учетом вероятности реализации и последствий тех или иных аварийных ситуаций. В качестве расчетного для вычисления критериев пожарной опасности для горючих газов и паров следует принимать вариант аварии, для которого произведение вероятности реализации этого варианта Q_w и расчетного избыточного давления ΔP при сгорании газопаровоздушных смесей в случае реализации указанного варианта максимально, то есть:

$$G=Q_w \cdot \Delta P = \max. \quad (3.1.1)$$

Расчет величины G производится следующим образом:

а) рассматриваются различные варианты аварии и определяются из статистических данных или на основе ГОСТ 12.1.004-91 вероятности аварий со сгоранием газопаровоздушных смесей Q_{wi} для этих вариантов;

б) для каждого из рассматриваемых вариантов определяются по изложенной ниже методике значения расчетного избыточного давления ΔP_i ;

в) вычисляются величины $G_i = Q_{wi} \cdot \Delta P_i$ для каждого из рассматриваемых вариантов аварии, среди которых выбирается вариант с наибольшим значением G_i ;

г) в качестве расчетного для определения критериев пожарной опасности принимается вариант, в котором величина G_i максимальна. При этом количество горючих газов и паров, вышедших в атмосферу, рассчитывается, исходя из рассматриваемого сценария аварии с учетом пп. 3.1.3-3.1.8.

3.1.2. При невозможности реализации описанного выше метода в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором в образовании горючих газопаровоздушных смесей участвует наибольшее количество газов и паров, наиболее опасных в отношении последствий сгорания этих смесей. В этом случае количество газов и паров, вышедших в атмосферу, рассчитывается в соответствии с пп. 3.1.3-3.1.8.

3.1.3. Количество поступивших веществ, которые могут обрабатывать горючие газовоздушные или паровоздушные смеси, определяется, исходя из следующих предпосылок:

а) происходит расчетная авария одного из аппаратов согласно п. 3.1.1. или п. 3.1.2. (в зависимости от того, какой из подходов к определению расчетного варианта аварии принят за основу);

б) все содержимое аппарата поступает в окружающее пространство;

в) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потоку 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 систем автоматики отключения трубопроводов согласно паспортными данным установки, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование ее элементов (но не более 120 с);

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

- 300 с при ручном отключении.

Не допускается использование технических средств для отключения трубопроводов, для которых время отключения превышает приведенные выше значения.

Под “временем срабатывания” и “временем отключения” следует понимать промежуток времени от начала возможного поступления горючего вещества из трубопровода (перфорация, разрыв, изменение номинального давления и т.п.) до полного прекращения поступления газа или жидкости в окружающее пространство. Быстродействующие клапаны-отсекатели должны автоматически перекрывать подачу газа или жидкости при нарушении электроснабжения.

В исключительных случаях в установленном порядке допускается превышение приведенных выше значений времени отключения трубопроводов специальным решением соответствующих министерств или ведомств по согласованию с Госгортехнадзором РФ на подконтрольных ему производствах и предприятиях и ГУГПС МВД России;

г) происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости; площадь испарения при разливе на горизонтальную поверхность определяется (при отсутствии справочных или иных экспериментальных данных), исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70% и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,10 м², а остальных жидкостей - на 0,15 м²;

д) происходит также испарение жидкостей 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.

3.1.4. Масса газа m , кг, поступившего в окружающее пространство при расчетной аварии, определяется по формуле

$$m = (V_a + V_r) \cdot \rho_r, \quad (3.1.2)$$

где V_a - объем газа, вышедшего из аппарата, м³; V_r - объем газа вышедшего из трубопровода, м³; ρ_r - плотность газа, кг/м³.

При этом

$$V_a = 0,01 \cdot P_1 \cdot V, \quad (3.1.3)$$

где P_1 - давление в аппарате, кПа; V - объем аппарата, м³;

$$V_r = V_{1r} + V_{2r}, \quad (3.1.4)$$

где V_{1r} - объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м³;

V_{2r} - объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м³;

$$V_{1r} = q \cdot T, \quad (3.1.5)$$

где q - расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и т.д., м³ × с⁻¹; T - время, определяемое по п. 3.1.3, с;

$$V_{2r} = 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot (r_1^2 \cdot L_2 + r_2^2 \cdot L_2 + \dots + r_n^2 \cdot L_n), \quad (3.1.6)$$

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.

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

$$m = m_p + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр}} + m_{\text{пер}}, \quad (3.1.7)$$

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; $m_{\text{пер}}$ - масса жидкости, испарившейся в окружающее пространство в случае ее перегрева, кг.

При этом каждое из слагаемых (m_p , $m_{\text{емк}}$, $m_{\text{св.окр}}$) в формуле (3.1.7) определяют из выражения

$$m = W \cdot F_n \cdot T, \quad (3.1.8)$$

где W - интенсивность испарения, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$; F_n - площадь испарения, м^2 , определяемая в соответствии с п. 3.1.3 в зависимости от массы жидкости m_n , вышедшей в окружающее пространство; T - продолжительность поступления паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей в окружающее пространство согласно п.3.1.3, с.

Величину $m_{\text{пер}}$ определяют по формуле (при $T_a > T_{\text{кип}}$)

$$m_{\text{пер}} = \min \left\{ 0,8 m_n; \frac{2 C_p (T_a - T_{\text{кип}})}{L_{\text{исп}}} m_n \right\}, \quad (3.1.9)$$

где m_n - масса вышедшей перегретой жидкости, кг; C_p - удельная теплоемкость жидкости при температуре перегрева жидкости T_a , $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$; T_a - температура перегретой жидкости в соответствии с технологическим регламентом в технологическом аппарате или оборудовании, К; $T_{\text{кип}}$ - нормальная температура кипения жидкости, К; $L_{\text{исп}}$ - удельная теплота испарения жидкости при температуре перегрева жидкости T_a , $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Если аварийная ситуация связана с возможным поступлением жидкости в распыленном состоянии, то она должна быть учтена в формуле (3.1.7) введением дополнительного слагаемого, учитывающего общую массу поступившей жидкости от распыляющих устройств, исходя из продолжительности их работы.

3.1.6. Масса m_n жидкости, кг, определяется в соответствии с п. 3.1.3.

3.1.7. Интенсивность испарения W определяется по справочным и экспериментальным данным. Для ненагретых ЛВЖ при отсутствии данных допускается рассчитывать W по формуле

$$W = 10^{-6} \cdot \sqrt{M} \cdot P_n, \quad (3.1.10)$$

где M - молярная масса, $\text{г} \cdot \text{моль}^{-1}$; P_n - давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, определяемое по справочным данным в соответствии с требованиями п. 1.3, кПа.

3.1.8. Для сжиженных углеводородных газов (СУГ) при отсутствии данных допускается рассчитывать удельную массу испарившегося СУГ $m_{\text{СУГ}}$ из пролива, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2}$, по формуле

$$m_{\text{СУГ}} = \frac{M}{L_{\text{исп}}} \cdot (T_0 - T_{\text{ж}}) \cdot \left(2 \cdot \lambda_{\text{ТВ}} \cdot \sqrt{\frac{t}{\pi \cdot a}} + \frac{5,1 \cdot \sqrt{\text{Re}} \cdot \lambda_{\text{в}} \cdot t}{d} \right), \quad (3.1.11)$$

где M - молярная масса СУГ, $\text{кг} \cdot \text{моль}^{-1}$; $L_{\text{исп}}$ - молярная теплота испарения СУГ при начальной температуре СУГ $T_{\text{ж}}$, $\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1}$; T_0 - начальная температура материала, на поверхность которого разливается СУГ, К; $T_{\text{ж}}$ - начальная температура СУГ, К; $\lambda_{\text{ТВ}}$ - коэффициент теплопроводности материала, на поверхность которого разливается СУГ,

$\text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$; $a = \frac{\lambda_{\text{ТВ}}}{C_{\text{ТВ}} \cdot \rho_{\text{ТВ}}}$ - коэффициент температуропроводности

материала, на поверхность которого разливается СУГ, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$; $C_{\text{ТВ}}$ - теплоемкость материала, на поверхность которого разливается СУГ, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$; $\rho_{\text{ТВ}}$ - плотность материала, на поверхность которого разливается СУГ, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; t - текущее время, с, принимаемое равным времени полного испарения СУГ, но не более 3600 с; $\text{Re} = \frac{U \cdot d}{\nu_{\text{в}}}$ - число

Рейнольдса; U - скорость воздушного потока, $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$; $d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{II}}{\pi}}$ -

характерный размер пролива СУГ, м; ν_v - кинематическая вязкость воздуха, $\text{м}^2\cdot\text{с}^{-1}$; λ_v - коэффициент теплопроводности воздуха, $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$.

Формула (3.1.11) справедлива для СУГ с температурой $T_{\text{ж}} \leq T_{\text{кип}}$. При температуре СУГ $T_{\text{ж}} > T_{\text{кип}}$ дополнительно рассчитывается масса перегретых СУГ $m_{\text{пер}}$ по формуле (3.1.9).

Расчет горизонтальных размеров зон, ограничивающих газо- и паровоздушные смеси с концентрацией горючего выше НКПР, при аварийном поступлении горючих газов и паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей в открытое пространство

3.1.9 Горизонтальные размеры зоны, м, ограничивающие область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени ($C_{\text{нкпр}}$), вычисляются по формулам:

- для горючих газов (ГГ):

$$R_{\text{НКПР}} = 14,5632 \cdot \left(\frac{m_r}{p_r \cdot C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,333}, \quad (3.1.12)$$

- для паров ненагретых легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ):

$$R_{\text{НКПР}} = 3,1501 \cdot \sqrt{K} \cdot \left(\frac{P_n}{C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,813} \cdot \left(\frac{m_{II}}{p_{II} \cdot P_n} \right)^{0,333}, \quad 3.1.13$$

$$p_{r,II} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)},$$

где m_r - масса поступивших в открытое пространство ГГ при аварийной ситуации, кг; p_r - плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$; m_{II} - масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время полного испарения, но не более 3600 с, кг; p_{II} - плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре и атмосферном давлении, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$; P_n - давление насыщенных паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа; K - коэффициент, принимаемый равным $K=T/3600$ для ЛВЖ; T - продолжительность поступления паров ЛВЖ в открытое пространство, с; $C_{\text{нкпр}}$ - нижний концентрационный предел распространения пламени ГГ или паров ЛВЖ, % (об.); M - молярная масса, $\text{кг}\cdot\text{жмоль}^{-1}$; V_0 - мольный объем, равный $22,413 \text{ м}^3\cdot\text{жмоль}^{-1}$; t_p - расчетная температура, $^{\circ}\text{C}$. В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в соответствующей климатической зоне или максимальную 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°C .

3.1.10. За начало отсчета горизонтального размера зоны принимают внешние габаритные размеры аппаратов, установок, трубопроводов и т.п. Во всех случаях значение $R_{\text{нкпр}}$ должно быть не менее 0,3 м для ГГ и ЛВЖ.

Расчет избыточного давления и импульса волны давления при сгорании смесей горючих газов и паров с воздухом в открытом пространстве

3.1.11. Исходя из рассматриваемого сценария аварии, определяется масса m , кг, горючих газов и (или) паров, вышедших в атмосферу из технологического аппарата в соответствии с пп. 3.1.3-3.1.8.

3.1.12. Величину избыточного давления ΔP , кПа, развиваемого при сгорании газопаровоздушных смесей, определяют по формуле

$$\Delta P = P_0 \times (0,8 m_{\text{пр}}^{0,33} / r + 3 m_{\text{пр}}^{0,66} / r^2 + 5 m_{\text{пр}} / r^3), \quad (3.1.14)$$

где P_0 - атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа); r - расстояние от геометрического центра газопаровоздушного облака, м; $m_{пр}$ - приведенная масса газа или пара, кг, вычисляется по формуле

$$m_{пр} = (Q_{сг}/Q_0) \times m \times Z, \quad (3.1.15)$$

где $Q_{сг}$ - удельная теплота сгорания газа или пара, Дж/кг⁻¹; Z - коэффициент участия горючих газов и паров в горении, который допускается принимать равным 0,1; Q_0 - константа, равная $4,52 \times 10^6$ Дж/кг⁻¹; m - масса горючих газов и (или) паров, поступивших в результате аварии в окружающее пространство, кг.

3.1.13. Величину импульса волны давления i , Па × с, вычисляют по формуле

$$i = 123 \times m_{пр}^{0,66} / r \quad (3.1.16)$$

3.2. МЕТОД РАСЧЕТА ЗНАЧЕНИЙ КРИТЕРИЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ГОРЮЧИХ ПЫЛЕЙ

3.2.1. В качестве расчетного варианта аварии для определения критериев пожарной опасности для горючих пылей следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором в горении пылевоздушной смеси участвует наибольшее количество веществ или материалов, наиболее опасных в отношении последствий такого горения.

3.2.2. Количество поступивших веществ, которые могут образовывать горючие пылевоздушные смеси, определяется, исходя из предпосылки о том, что в момент расчетной аварии произошла плановая (ремонтные работы) или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за которой последовал аварийный выброс в окружающее пространство находившейся в аппарате пыли.

3.2.3. Расчетная масса пыли, поступившей в окружающее пространство при расчетной аварии, определяется по формуле

$$M = M_{вз} + M_{ав}, \quad (3.2.1)$$

где M - расчетная масса поступившей в окружающее пространство горючей пыли, кг; $M_{вз}$ - расчетная масса взвихрившейся пыли, кг; $M_{ав}$ - расчетная масса пыли, поступившей в результате аварийной ситуации, кг.

3.2.4. Величина $M_{вз}$ определяется по формуле

$$M_{вз} = K_r \times K_{вз} \times M_n, \quad (3.2.2)$$

где K_r - доля горючей пыли в общей массе отложений пыли; $K_{вз}$ - доля отложенной вблизи аппарата пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. В отсутствие экспериментальных данных о величине $K_{вз}$ допускается принимать $K_{вз} = 0,9$; M_n - масса отложившейся вблизи аппарата пыли к моменту аварии, кг.

3.2.5. Величина $M_{ав}$ определяется по формуле

$$M_{ав} = (M_{ап} + q \times T) \times K_n, \quad (3.2.3)$$

где $M_{ап}$ - масса горючей пыли, выбрасываемой в окружающее пространство при разгерметизации технологического аппарата, кг; при отсутствии ограничивающих выброс пыли инженерных устройств следует полагать, что в момент расчетной аварии происходит аварийный выброс в окружающее пространство всей находившейся в аппарате пыли; q - производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, кг/с⁻¹; T - расчетное время отключения, с, определяемое в каждом конкретном случае, исходя из реальной обстановки. Следует принимать равным времени срабатывания системы автоматики, если вероятность ее отказа не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование ее элементов (но не более 120 с); 120 с, если

вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование ее элементов; 300 с при ручном отключении; $K_{\text{п}}$ - коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. В отсутствие экспериментальных данных о величине $K_{\text{п}}$ - допускается принимать: 0,5 - для пылей с дисперсностью не менее 350 мкм; 1,0 - для пылей с дисперсностью менее 350 мкм.

3.2.6. Избыточное давление ΔP для горючих пылей рассчитывается следующим образом:

а) определяют приведенную массу горючей пыли $m_{\text{пр}}$, кг, по формуле

$$m_{\text{пр}} = M \cdot Z \cdot H_{\text{т}} / H_{\text{то}}, \quad (3.2.4)$$

где M - масса горючей пыли, поступившей в результате аварии в окружающее пространство, кг; Z - коэффициент участия пыли в горении, значение которого допускается принимать равным 0,1. В отдельных обоснованных случаях величина Z может быть снижена, но не менее чем до 0,02; $H_{\text{т}}$ - теплота сгорания пыли, Дж/кг; $H_{\text{то}}$ - константа, принимаемая равной $4,6 \times 10^6$ Дж/кг;

б) вычисляют расчетное избыточное давление ΔP , кПа, по формуле

$$\Delta P = P_0 \cdot (0,8 m_{\text{пр}}^{0,33} / r + 3 m_{\text{пр}}^{0,66} / r^2 + 5 m_{\text{пр}} / r^3), \quad (3.2.5)$$

где r - расстояние от центра пылевоздушного облака, м. Допускается отсчитывать величину r от геометрического центра технологической установки; P_0 - атмосферное давление, кПа.

3.2.7. Величину импульса волны давления i , Па·с, вычисляют по формуле

$$i = 123 m_{\text{пр}}^{0,66} / r. \quad (3.2.6)$$

3.3. МЕТОД РАСЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

3.3.1. Интенсивность теплового излучения рассчитывают для двух случаев пожара (или для того из них, который может быть реализован в данной технологической установке):

- пожар проливов ЛВЖ, ГЖ или горение твердых горючих материалов (включая горение пыли);
- “огненный шар” - крупномасштабное диффузионное горение, реализуемое при разрыве резервуара с горючей жидкостью или газом под давлением с воспламенением содержимого резервуара.

Если возможна реализация обоих случаев, то при оценке значений критерия пожарной опасности учитывается наибольшая из двух величин интенсивности теплового излучения.

3.3.2. Интенсивность теплового излучения q , кВт/м², для пожара пролива жидкости или при горении твердых материалов вычисляют по формуле

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau \quad (3.3.1)$$

где E_f - среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м²; F_q - угловой коэффициент облученности; τ - коэффициент пропускания атмосферы.

Значение E_f принимается на основе имеющихся экспериментальных данных. Для некоторых жидких углеводородных топлив указанные данные приведены в табл. 2.

При отсутствии данных допускается применять величину E_f равной: 100 кВт/м² для СУГ, 40 кВт/м² для нефтепродуктов, 40 кВт/м² для твердых материалов.

Таблица 2

Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени в зависимости от диаметра очага и удельная массовая скорость выгорания для некоторых жидких углеводородных топлив

Топливо	$E_f = \text{Вт} \times \text{м}^2$					m , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \times \text{с}}$
	$d=10 \text{ м}$	$d=20 \text{ м}$	$d=30 \text{ м}$	$d=40 \text{ м}$	$d=50 \text{ м}$	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \times \text{с}}$
СПГ (Метан)	220	180	150	130	120	0,08
СУГ (Пропан-бутан)	80	63	50	43	40	0,10
Бензин	60	47	35	28	25	0,06
Дизельное топливо	40	32	25	21	18	0,04
Нефть	25	19	15	12	10	0,04

Примечание. Для диаметров очагов менее 10 м или более 50 м следует принимать величину E_f такой же, как и для очагов диаметром 10 м и 50 м соответственно

Рассчитывают эффективный диаметр пролива d , м, по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \quad (3.3.2)$$

где F площадь пролива, м^2 .

Вычисляют высоту пламени H , м, по формуле

$$H = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m}{\rho_{\text{в}} \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61}, \quad (3.3.3)$$

где m - удельная массовая скорость выгорания топлива, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \times \text{с}}$; $\rho_{\text{в}}$ - плотность окружающего воздуха, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ - ускорение свободного падения.

Определяют угловой коэффициент облученности F_q по формулам:

$$F_q = \sqrt{F_v^2 + F_h^2}, \quad (3.3.4)$$

где F_v , F_h - факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок соответственно, определяемые с помощью выражений:

$$F_v = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{S} \cdot \arctan\left(\frac{h}{S}\right) + \frac{h}{S} \cdot \left\{ \arctan\left(\sqrt{\frac{S-1}{S+1}}\right) - \frac{A}{\sqrt{A^2-1}} \cdot \arccos\left(\sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}}\right) \right\} \right]; \quad (3.3.5)$$

$$F_h = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{(B-1/S)}{\sqrt{B^2-1}} \cdot \arctan\left(\sqrt{\frac{(B+1) \cdot (S-1)}{(B-1) \cdot (S+1)}}\right) - \frac{(A-1/S)}{A^2-1} \cdot \arccos\left(\sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}}\right) \right]. \quad (3.3.6)$$

$$A = (h^2 + S^2 + 1) / (2 \times S); \quad (3.3.7)$$

$$B = (1 + S^2) / (2 \times S); \quad (3.3.8)$$

$$S = 2r/d; \quad (3.3.9)$$

$$h = 2H/d, \quad (3.3.10)$$

где r - расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта, м.

Определяют коэффициент пропускания атмосферы по формуле

$$\tau = \exp[-7,0 \times 10^{-4} \times (r - 0,5d)]. \quad (3.3.11)$$

3.3.3. Интенсивность теплового излучения q , $\text{кВт}/\text{м}^2$, для “огненного шара” вычисляют по формуле (3.3.1).

Величину E_f определяют на основе имеющихся экспериментальных данных. Допускается принимать E_f равным $450 \text{ кВт}/\text{м}^2$.

Значение F_q вычисляют по формуле

$$F_q = \frac{H/D_s + 0,5}{4 \cdot [(H/D_s + 0,5)^2 + (r/D_s)^2]^{1,5}}, \quad (3.3.12)$$

где H - высота центра “огненного шара”, м; D_s - эффективный диаметр “огненного шара”, м; r - расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром “огненного шара”, м.

Эффективный диаметр “огненного шара” D_s определяют по формуле

$$D_s = 5,33m^{0,327}, \quad (3.3.13)$$

где m - масса горючего вещества, кг.

Величину H определяют в ходе специальных исследований. Допускается принимать величину H равной $D_s/2$.

Время существования “огненного шара” t_s , с, определяют по формуле

$$t_s = 0,92m^{0,303}. \quad (3.3.14)$$

Коэффициент пропускания атмосферы τ рассчитывают по формуле:

$$\tau = \exp\left[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (\sqrt{r^2 + H^2} - D_s/2)\right]. \quad (3.3.15)$$

4. МЕТОД ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА

4.1. Настоящий метод применим для расчета величины индивидуального риска (далее по тексту - риска) на наружных установках при возникновении таких поражающих факторов, как избыточное давление, развиваемое при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей, и тепловое излучение при сгорании веществ и материалов.

4.2. Величину индивидуального риска R_B при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей рассчитывают по формуле

$$R_B = \sum_{i=1}^n Q_{Bi} \cdot Q_{Bii}, \quad (4.1)$$

где Q_{Bi} - вероятность возникновения i -й аварии с горением газо-, паро- или пылевоздушной смеси на рассматриваемой наружной установке, 1/год; Q_{Bii} - условная вероятность поражения человека, находящегося на заданном расстоянии от наружной установки, избыточным давлением при реализации указанной аварии i -го типа; n - количество типов рассматриваемых аварий.

Значения Q_{Bi} определяют из статистических данных или на основе ГОСТ 12.1.004-91. В формуле (4.1) допускается учитывать только одну наиболее неблагоприятную аварию, величина Q_B для которой принимается равной вероятности возникновения пожара с горением газо-, паро- или пылевоздушных смесей на наружной установке по ГОСТ 12.1.004-91, а значение Q_{Bii} вычислять, исходя из массы горючих веществ, вышедших в атмосферу, в соответствии с пп. 3.1.2-3.1.8.

4.3. Величину индивидуального риска R_n при возможном сгорании веществ и материалов, указанных в табл.1 для категории B_n рассчитывают по формуле

$$R_n = \sum_{i=1}^n Q_n \cdot Q_{fii}, \quad (4.2)$$

где Q_n - вероятность возникновения пожара на рассматриваемой наружной установке в случае аварии i -го типа, 1/год; Q_{fii} - условная вероятность поражения человека, находящегося на заданном расстоянии от наружной установки, тепловым излучением при реализации аварии i -го типа; n - количество типов рассматриваемых аварий.

Значение Q_n определяют из статистических данных или на основе ГОСТ 12.1.004-91.

В формуле (4.2) допускается учитывать только одну наиболее неблагоприятную аварию, величина Q_r для которой принимается равной вероятности возникновения пожара на наружной установке по ГОСТ 12.1.004-91, а значение $Q_{\text{вп}}$ вычислять, исходя из массы горючих веществ, вышедших в атмосферу, в соответствии с пп.3.1.2-3.1.8.

4.4. Условную вероятность $Q_{\text{вп}}$ поражения человека избыточным давлением при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей на расстоянии r от эпицентра определяют следующим образом:

- вычисляют избыточное давление ΔP и импульс i по методам, описанным в разделах 3.1. или 3.2;

- исходя из значений ΔP и i , вычисляют величину “пробит” - функции P_r по формуле

$$P_r = 5 - 0,26 \ln(V), \quad (4.3)$$

$$\text{где } V = \left(\frac{17500}{\Delta P} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{i} \right)^{9,3}, \quad (4.4)$$

где ΔP - избыточное давление, Па; i - импульс волны давления, Пах;

- с помощью табл. 3 определяют условную вероятность поражения человека. Например, при значении $P_r = 2,95$ значение $Q_{\text{вп}}=2\%=0,02$, а при $P_r=8,09$ значение $Q_{\text{вп}}=99,9\%=0,999$.

4.5. Условную вероятность поражения человека тепловым излучением $Q_{\text{тл}}$ определяют следующим образом:

а) рассчитывают величину P_r по формуле

$$P_r = -14,9 + 2,56 \ln(tq^{1,33}), \quad (4.5)$$

где t - эффективное время экспозиции, с; q - интенсивность теплового излучения, кВт/м², определяемая в соответствии с разделом 3.3.

Величину t находят:

1) для пожаров проливов ЛВЖ, ГЖ и твердых материалов

$$t = t_0 + x/u, \quad (4.6)$$

где t_0 - характерное время обнаружения пожара, с, (допускается принимать $t=5$ с); x - расстояние от места расположения человека до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает 4 кВт/м², м; u - скорость движения человека, м/с (допускается принимать $u = 5$ м/с);

2) для воздействия “огненного шара” - в соответствии с разделом 3.3;

б) с помощью табл. 3 определяют условную вероятность $Q_{\text{тл}}$ поражения человека тепловым излучением.

4.6. Если для рассматриваемой технологической установки возможен как пожар пролива, так и “огненный шар”, в формуле (4.2) должны быть учтены оба указанных выше типа аварии.

Таблица 3

Значения условной вероятности поражения человека в зависимости от величины P_r

Условная вероятность поражения %,	Величина P_r									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,90	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,74	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33

-	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения
2. Категории наружных установок по пожарной опасности
3. Методы расчета значений критериев пожарной опасности.
 - 3.1. Методы расчета значений критериев пожарной опасности для горючих газов и паров
 - 3.2. Метод расчета значений критериев пожарной опасности для горючих пылей
 - 3.3. Метод расчета интенсивности теплового излучения
4. Метод оценки индивидуального риска