



ФГБОУ ВО СИБИРСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ ГПС МЧС РОССИИ

ЛЕКЦИЯ

ТЕМА № 5

«ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ВЫХОДА
ГОРЮЧИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ
ПОВРЕЖДЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ»

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1. Виды повреждений технологического оборудования и их характеристика.**
 - 2. Образование горючей среды в помещениях при повреждении технологического оборудования.**
 - 3. Образование горючей среды на открытых технологических площадках при повреждении технологического оборудования.**
-
-

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

Пожарная безопасность: учебник/В.А. Пучков, Ш.Ш. Дагиров, А.В. Агафонов и др, 2014 г., 877 с. (электронная библиотека Академии глава 5).

Дополнительная:

Федеральный закон РФ от 21.12.1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности» (действующая редакция).

Федеральный закон РФ от 22.07.2008.№123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (действующая редакция).

ВИДЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

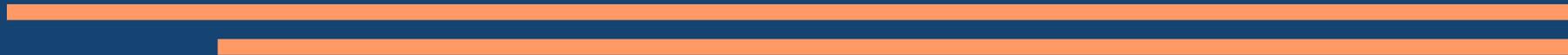


Локальное

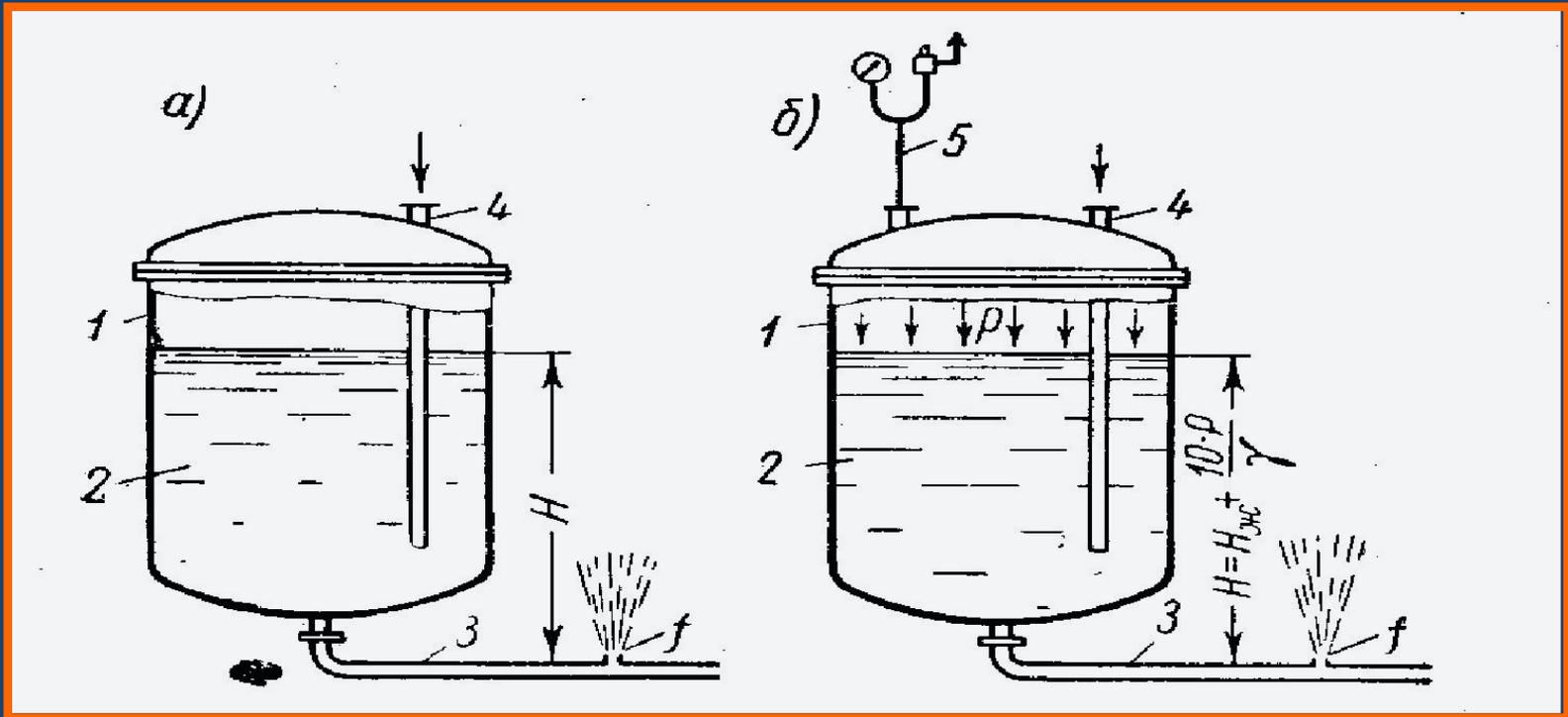
**образование трещин,
свищей, сквозных
отверстий от коррозии,
прогары
теплообменной
поверхности,
выжимание прокладок
фланцевых соединений
и т.д.**



Полное



ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ПОВРЕЖДЕНИИ АППАРАТА



а)-при отсутствии избыточного давления в аппарате;
б)-при наличии избыточного давления в аппарате ;

1-корпус ; 2- ГЖ; 3- трубопровод расходный; 4-питающая линия; 5- контрольно-предохранительное устройство.

Определение количества горючих жидкостей, выходящих из технологических аппаратов при их локальном повреждении

Скорость истечения вещества через отверстие определяется по законам гидродинамики.

Количество вещества, выходящего наружу из повреждённого аппарата, можно определить по формуле

$$m = \phi F \omega \tau \rho ,$$

где m - масса вещества ; ϕ - к-т расхода; ω - скорость истечения; F – площадь поперечного сечения выходного отверстия; τ - время истечения ; ρ - плотность жидкости .

Скорость истечения жидкости (ω) через отверстие в корпусе аппарата или трубопровода при постоянном давлении рассчитывается по формуле :

$$\omega = \sqrt{2gH_{\text{пр}}} \quad \text{где } g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$H_{\text{пр}} = H$ - высоте столба жидкости в аппарате, при истечении самотёком

$H_{\text{пр}}$ - приведённая высота уровня жидкости при избыточном давлении

$$H_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{Ризб}}}{\rho_{\text{ж}} \cdot g} + H$$

где $P_{\text{Ризб}} = P_{\text{р}} - P_0$
 $P_{\text{р}}$ - рабочее давление в аппарате;
 P_0 - давление окружающей среды.

Размер взрывоопасной зоны при выходе веществ из технологического аппарата при неподвижной воздушной среде

Для горючих газов:

$$X_{\text{нкпр}} = Y_{\text{нкпр}} = 14,6 (m_{\Gamma} / \rho * C_{\text{нкпр}})^{0,33}$$

$$Z_{\text{нкпр}} = 0,33 (m_{\Gamma} / \rho * C_{\text{нкпр}})^{0,33}$$

Для паров легковоспламеняющихся жидкостей:

$$X_{\text{нкпр}} = Y_{\text{нкпр}} = 3,2 \cdot K^{0,5} * (P_{\text{н}} / C_{\text{нкпр}})^{0,8} (m_{\text{п}} / \rho_{\text{п}} P_{\text{н}})^{0,33}$$

$$Z_{\text{нкпр}} = 0,12 * K^{0,5} * (P_{\text{н}} / C_{\text{нкпр}})^{0,8} (m_{\text{п}} / \rho_{\text{п}} P_{\text{н}})^{0,33}$$

где m - масса поступившего ГГ (паров ЛВЖ), кг;

ρ - плотность пара (газа), кг/м^{0,3}

P_n - давление насыщенного пара, кПа

T – продолжительность поступления паров

ЛВЖ, но не более 3600 с.

$$K = T / 3600$$

Размер взрывоопасной зоны при аварийном поступлении горючих газов и паров ненагретых ЛВЖ в помещение

$$X_{\text{нкпр}} = K_1 * l * (K_2 * \ln \delta C_0 / C_{\text{нкпр}})^{0,5}$$

$$Y_{\text{нкпр}} = K_1 * b * (K_2 * \ln \delta C_0 / C_{\text{нкпр}})^{0,5}$$

$$Z_{\text{нкпр}} = K_3 * h * (K_2 * \ln \delta C_0 / C_{\text{нкпр}})^{0,5}$$

где K_1 – коэффициент, равный 1,1314 для ГГ и 1,1958 для паров ЛВЖ ,

K_2 – коэффициент, равный 1 для ГГ и $K_2 = T / 3600$ для паров ЛВЖ,

K_3 – коэффициент, принимаемый равным 0,0253 для ГГ при отсутствии , подвижности воздушной среды;

0,02828 для ГГ при подвижности воздушной среды;

0,02828 для ГГ при подвижности воздушной среды;
0,04714 для ЛВЖ при отсутствии подвижности воздушной
среды и 0,3536 для ЛВЖ при подвижности воздушной
среды;

C_0 - предэкспоненциальный множитель, % (об.),

l, b, h – длина, ширина и высота помещения,

δ - допустимое отклонение концентраций

(по прил. А ГОСТ Р 12.3.047-98)

Скорость истечения газов или паров через отверстия определяется по законам газовой динамики.

$P_{кр}$,
определяемое
соотношением:

$$\frac{P_{кр}}{P_p} = v = \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$$

κ – показатель адиабаты.

Критическое отношение v для одноатомных газов равно 0,489, для 2-х атомных 0,528, для многоатомных $v=0,548$.

Если $P_0 < P_{кр}$, истечение газа будет с дозвуковой (докритической) скоростью:

$$\omega = \sqrt{2 \left[\frac{\kappa}{\kappa - 1} \right] P_p V \left[1 - \left(P_0 / P_p \right)^{(\kappa - 1 / \kappa)} \right]}$$

где V - удельный объём газа при условиях истечения, $\text{м}^3/\text{кг}$

Если $P_0 > P_{кр}$, истечение будет происходить с критической скоростью :

$$\omega_{KP} = \sqrt{2P_p V \kappa / (\kappa + 1)}$$

Заменяя PV на RT (по уравнению Клайперона) :

$$\omega_{KP} = \sqrt{2RT\kappa / (\kappa + 1)}$$

где R - газовая постоянная;

T - температура газа в аппарате.

Для 2-х атомных газов :

$$\omega_{KP} = 3,38\sqrt{RT}$$

Для многоатомных газов :

$$\omega_{KP} = 3,34\sqrt{RT}$$

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

а) происходит расчетная авария одного из аппаратов;

б) все содержимое аппарата поступает в помещение;

в) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат по прямому и обратному потоку в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов.

Расчетное время отключения трубопроводов следует принимать равным:

- времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы не превышает $0,000001$ в год или обеспечено резервирование ее элементов (но не более 120 с);
 - 150 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.

Для жидкостей необходимо учитывать следующие особенности: площадь испарения при разливе на пол определяют (при отсутствии справочных данных), исходя из расчета, что 1 л смесей и растворов, содержащих 70% и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,5 м, а остальных жидкостей - на 1 м² пола помещения.

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

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

ОБРАЗОВАНИЕ ГОРЮЧЕЙ СРЕДЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При аварийном поступлении горючих газов и жидкостей в объём производственных помещений размеры зон, ограниченных НКПР, определяются по формулам.

Данные расчетные формулы применяют для случая

$$100 \text{ м} / (\rho_{\text{гд}} V_{\text{св}}) < 0,5 C_{\text{НКПР}}$$

[$C_{\text{НКПР}}$ - нижний концентрационный предел распространения пламени горючего газа или пара, % (об.)]
и помещений в форме прямоугольного параллелепипеда с отношением длины к ширине не более 5.

Расстояния

$X_{\text{НКПР}}, Y_{\text{НКПР}}$

и

$Z_{\text{НКПР}}$

рассчитывают по формулам

$$X_{\text{НКПР}} = K_1 l \left(K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,5},$$

$$Y_{\text{НКПР}} = K_1 b \left(K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,5},$$

$$Z_{\text{НКПР}} = K_3 h \left(K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,5},$$

где K_1 - коэффициент, принимаемый равным 1,1314 для горючих газов и 1,1958 для легковоспламеняющихся жидкостей;

K_2 - коэффициент, равный 1 для горючих газов;

$K_2 = \frac{T}{3600}$ для легковоспламеняющихся жидкостей;

K_3 - коэффициент, принимаемый равным 0,0253 для горючих газов при отсутствии подвижности воздушной среды; 0,02828 для горючих газов при подвижности воздушной среды; 0,04714 для легковоспламеняющихся жидкостей при отсутствии подвижности воздушной среды и 0,3536 для легковоспламеняющихся жидкостей при подвижности воздушной среды;

При отрицательных значениях логарифмов расстояния $X_{\text{НКПР}}$, $Y_{\text{НКПР}}$ и $Z_{\text{НКПР}}$ принимают равными 0.

C_0 - предэкспоненциальный множитель, % (об.), равный:

при отсутствии подвижности воздушной среды для горючих газов

$$C_0 = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{m}{\rho_{\Gamma} V_{\text{СВ}}}, \quad (13)$$

при подвижности воздушной среды для горючих газов

$$C_0 = 3 \cdot 10^2 \cdot \frac{m}{\rho_{\Gamma} V_{\text{СВ}} U}, \quad (14)$$

где U - подвижность воздушной среды, м/с;

при отсутствии подвижности воздушной среды для паров легко воспламеняющихся жидкостей

$$C_0 = C_n \left(\frac{m100}{C_n \rho_n V_{св}} \right)^{0,41}, \quad (15)$$

где C_n - концентрация насыщенных паров при расчетной температуре t_p , °C, воздуха в помещении, % (об.).

Концентрация C_n может быть найдена по формуле

$$C_n = \frac{100 p_n}{p_0}, \quad (16)$$

где p_n - давление насыщенных паров при расчетной температуре (находится по справочной литературе, уравнению Антуана или по номограмме), кПа;

p_0 - атмосферное давление, равное 101 кПа.

ρ_n - плотность паров, кг/м³ ;

при подвижности воздушной среды для паров легко воспламеняющихся жидкостей

$$C_0 = C_{\text{н}} \left(\frac{m100}{C_{\text{н}} \rho_{\text{п}} V_{\text{св}}} \right)^{0,46} \quad (17)$$

Радиус $R_{\text{з}}$ и высоту $z_{\text{з}}$, м, зоны, ограниченной НКПР газов и паров, вычисляют исходя из значений $X_{\text{НКПР}}$, $Y_{\text{НКПР}}$ и $z_{\text{НКПР}}$ для заданного уровня значимости Q .

При этом $R_{\text{з}} > X_{\text{НКПР}}$, $R_{\text{з}} > Y_{\text{НКПР}}$ и $z_{\text{з}} > h + R_{\text{з}}$ для ГГ и $z_{\text{з}} > z_{\text{НКПР}}$ для ЛВЖ (h - высота источника поступления газа от пола помещения для ГГ тяжелее воздуха и от потолка помещения для ГГ легче воздуха, м).

Для ГГ геометрически зона, ограниченная НКПР газов, будет представлять цилиндр с основанием радиусом $R_{\text{г}}$ и высотой $h_{\text{г}} = 2R_{\text{г}}$ при $R_{\text{г}} \leq h$ и $h_{\text{г}} = h + R_{\text{г}}$ при $R_{\text{г}} > h$, внутри которого расположен источник возможного выделения ГГ. Для ЛВЖ геометрически зона, ограниченная НКПР паров, будет представлять цилиндр с основанием радиусом $R_{\text{ж}}$ и высотой $Z_{\text{ж}} = Z_{\text{НКПР}}$ при высоте источника паров ЛВЖ $h < Z_{\text{НКПР}}$ и $Z_{\text{ж}} = h + Z_{\text{НКПР}}$ при $h \geq Z_{\text{НКПР}}$. За начало отсчета принимают внешние габаритные размеры аппаратов, установок, трубопроводов и т.п.

Во всех случаях значения расстояний $X_{\text{НКПР}}$, $Y_{\text{НКПР}}$ и $Z_{\text{НКПР}}$ должны быть не менее 0,3 м для ГГ и ЛВЖ.

- l , b , h – длина , ширина , высота помещения ;

δ – допустимые отклонения концентрации (по Табл. А2 ГОСТ Р 12.3.047-98)

$V_{\text{св}}$ - свободный объем помещения, м^3 ;

$\rho_{\text{г,л}}$ - плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , $\text{кг}/\text{м}^3$,
вычисляемая по формуле

$$\rho_{\text{г,л}} = \frac{M}{V_0 (1 + 0,00367 t_p)} \quad (18)$$

Вопрос 3. Образование горючей среды на открытых технологических площадках при полном повреждении технологического оборудования

По методикам ГОСТ Р 12.3.047-98 и НПБ 105-03 можно рассчитать размеры горизонтальных зон облака ограничивающие область превышающие НКПР, для любого временного интервала испарения ,например, для $T=15$, 30 , 45 , 60 мин.и т.д. при полном повреждении технологического оборудования.

Для этого необходимо определить давление насыщенного пара ЛВЖ при температуре окружающей среды по уравнению Антуана:

$$P_s = 10^{\frac{A - B}{C + t_x}} \text{ , г} \quad (20)$$

A , B и C – к-ты Антуана , (справочные данные)

t_x - температура окружающей среды , т.е. равна температуре воздуха

Затем определяем интенсивность испарения W по формуле :

$$W = 10^{-6} \eta \sqrt{\mu} P_s \text{ , где} \quad (21)$$

$\eta = f(t_B, v_B)$ v_B - скорость воздушных потоков в момент

аварии, t_B - температура окружающей среды

μ - молекулярная масса разлившейся горючей жидкости (ЛВЖ или ГЖ)

Находим массу паров ЛВЖ в воздухе по формуле:

$$\underline{m_{\text{д}} = W \cdot F \cdot \tau}, \text{ где} \quad (22)$$

F – площадь разлитого ЛВЖ, м^2

τ - продолжительность испарения ЛВЖ, с.

Далее рассчитываем горизонтальные размеры зон, ограничивающие область превышающих НКПР по формулам :

Расстояния $X_{\text{НКПР}}$, $Y_{\text{НКПР}}$ и $Z_{\text{НКПР}}$, м, для ГГ и ЛВЖ, ограничивающие область концентраций, превышающих НКПР, рассчитывают по формулам для ГГ

$$X_{\text{НКПР}} = Y_{\text{НКПР}} = 14,6 \left(\frac{M_{\text{Г}}}{\rho_{\text{Г}} C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33}, \quad (23)$$

$$Z_{\text{НКПР}} = 0,33 \left(\frac{M_{\text{Г}}}{\rho_{\text{Г}} C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33}, \quad (24)$$

для паров ЛВЖ

$$X_{\text{НКПР}} = Y_{\text{НКПР}} = 3,2 \sqrt{K} \left(\frac{P_{\text{н}}}{C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,8} \left(\frac{m_{\text{н}}}{\rho_{\text{п}} \cdot P_{\text{н}}} \right)^{0,33}, \quad (25)$$

$$Z_{\text{НКПР}} = 0,12 \sqrt{K} \left(\frac{P_{\text{н}}}{C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,8} \left(\frac{m_{\text{н}}}{\rho_{\text{п}} \cdot P_{\text{н}}} \right)^{0,33}, \quad (26)$$

где m_r - масса поступившего в открытое пространство ГГ при аварийной ситуации, кг;

ρ_r - плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м³ ;

m_n - масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время полного испарения, но не более 3600 с, кг;

ρ_n - плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м³ ;

p_n - давление насыщенных паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа;

K - коэффициент ($K = \frac{T}{3600}$ для ЛВЖ);

T - продолжительность поступления паров ЛВЖ в открытое пространство, с;

$C_{нкпр}$ - нижний концентрационный предел распространения пламени ГГ или паров ЛВЖ, % (об.).

Масса газа, поступившего в окружающее пространство при расчетной аварии, рассчитывают по формуле

$$m = (V_a + V_T) \rho_T$$

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

V_T - объем газа, вышедшего из трубопроводов, м^3 .

ρ_T - плотность газа, кг м^{-3}

При этом:

$$V_a = 0,01 p_1 V, \quad (\text{A.15})$$

где p_1 - давление в аппарате, кПа;

V - объем аппарата, м^3 .

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (\text{A.16})$$

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

V_{2T} - объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м^3 .

$$V_{1T} = qT, \quad (A.17)$$

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

T - время отключения задвижек, с .

$$V_{2T} = 0,01 \sqrt{p_2} (r_1^2 l_1 + r_2^2 l_2 + \dots + r_n^2 l_n), \quad (A.18)$$

где p_2 - максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа ;

$r_{1,2,\dots,n}$ - внутренний радиус трубопровода, м ;

$l_{1,2,\dots,n}$ - длина трубопровода от аварийного аппарата до задвижек, м .

Массу паров жидкости m , поступивших в помещение при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенным составом, с которой происходит испарение легколетучих веществ, открытые емкости и т.п.), рассчитывают по формуле

$$m = m_p + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр}}, \quad (\text{А.19})$$

где m_p - масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг;

$m_{\text{емк}}$ - масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг;

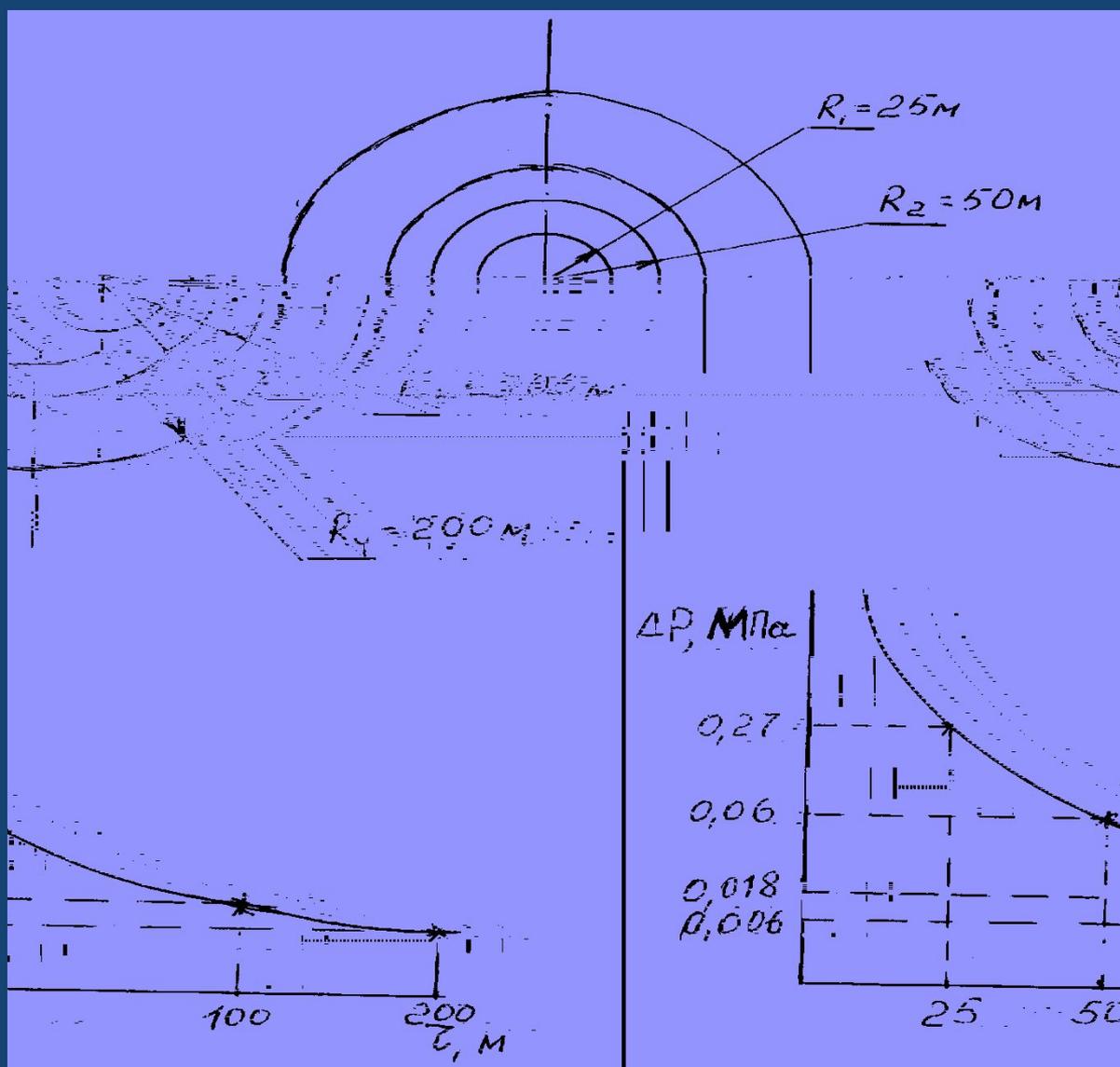
$m_{\text{св.окр}}$ - масса жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых в формуле (А.19) определяют по формуле

$$m = WS_n T, \quad (\text{А. 20})$$

где W - интенсивность испарения, $\text{кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$;

S_n - площадь испарения (м^2) определяется в зависимости от массы жидкости, поступившей в помещение.



Зависимость давления в зоне разрушения от
расстояния до эпицентра взрыва

Задание на самоподготовку

Изучить методы определения
размеров зон взрывоопасных
концентраций по ГОСТ Р
12.3.047-98 (приложения А и Б)
