



**Методическое обеспечение анализа риска для
опасных производственных объектов
газотранспортных предприятий ОАО «Газпром»**

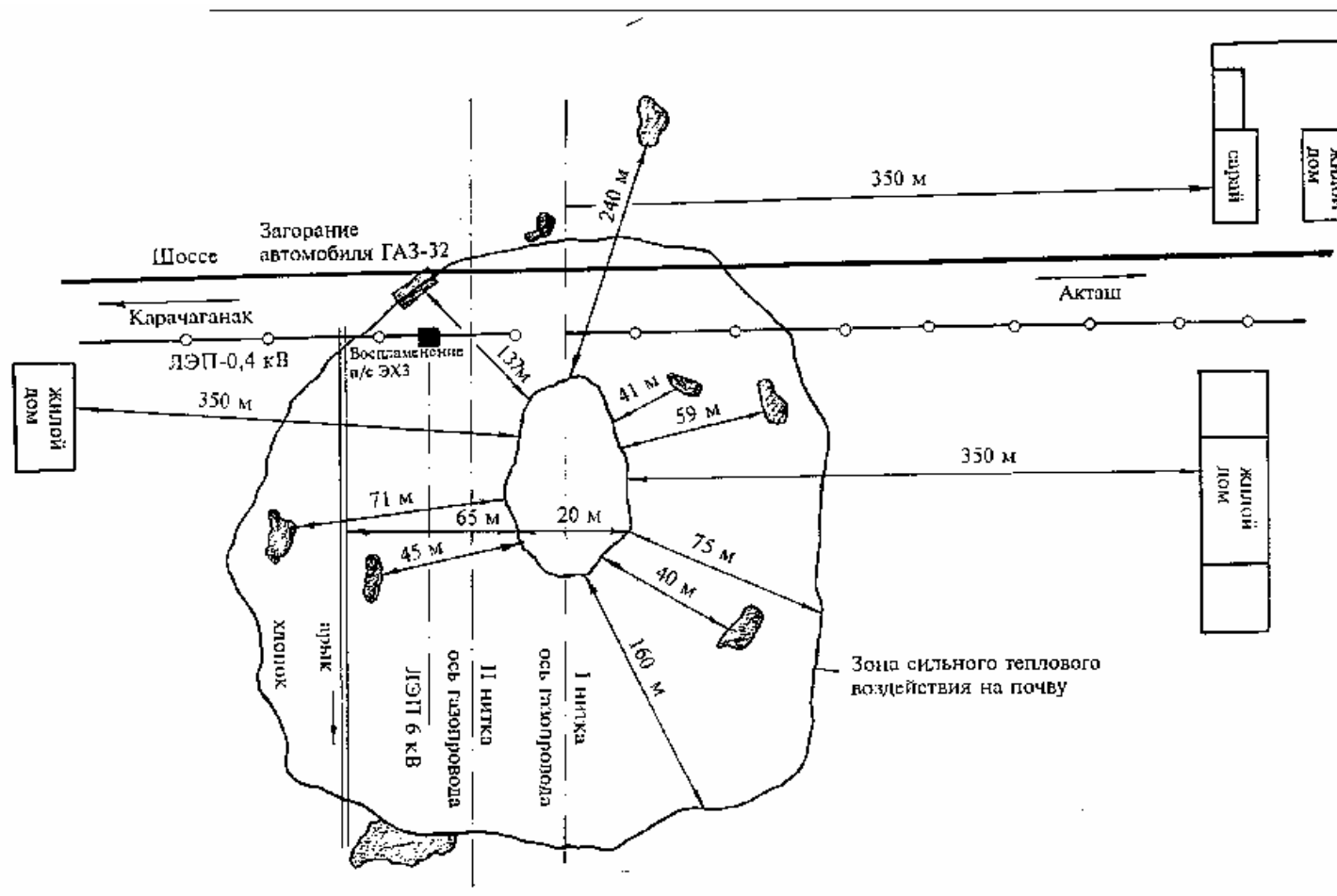
Сафонов В.С., Ковалев С.А., Ганага С.В.
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Москва, 20 октября 2009 г.

Поражающие факторы аварий на магистральных газопроводах

1. Осколки (фрагменты) разрушенного трубопровода
2. Воздушная волна сжатия
3. Загазованность некоторой области пространства
(пожароопасные и удушающие концентрации газа)
4. Прямое воздействие пламени и тепловая радиация от пожара

Схема разлета осколков на местности при квазихрупком разрушении

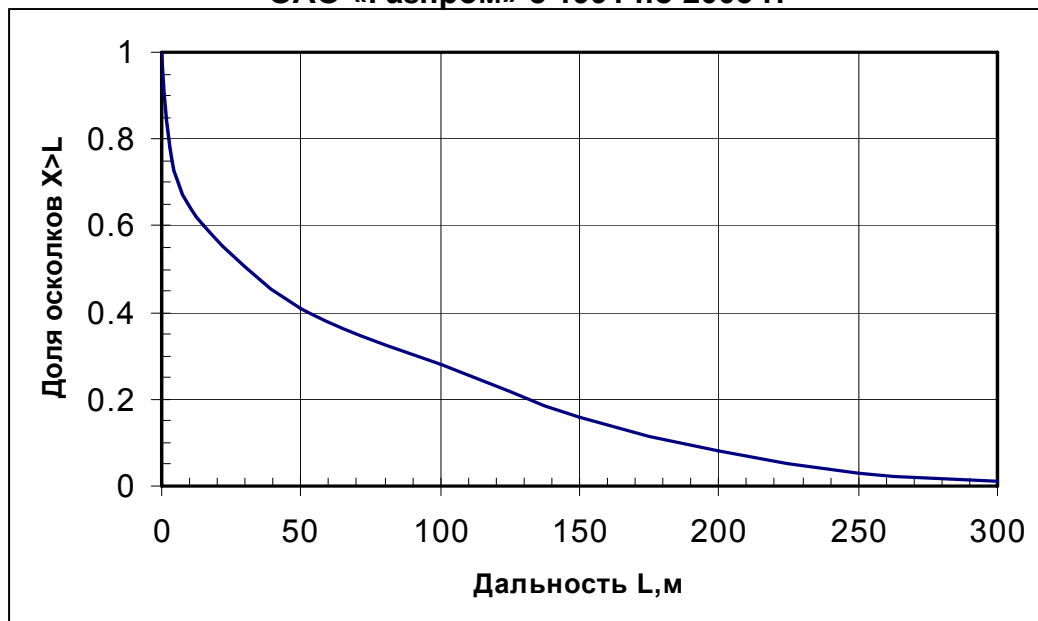


Фрагменты разрушенного участка газопровода



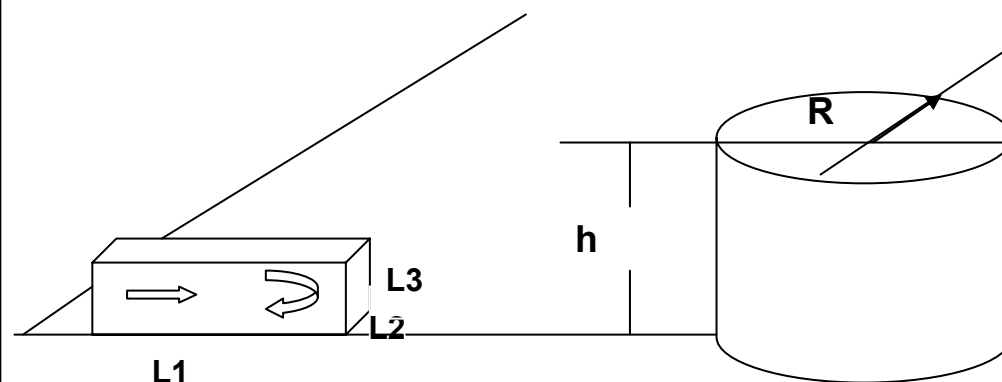
Поражение осколками при аварии на газопроводе

Статистические данные по разлету осколков на газопроводах
ОАО «Газпром» с 1991 по 2003 г.



Вид разрушение трубы	Количество аварий	Средний радиус разлета, м	Максимальное удаление, м
Вязкое разрушение	6	106.5	180
Хрупкое разрушение	33	171	400 (700)
Нет данных	40	99.5	400

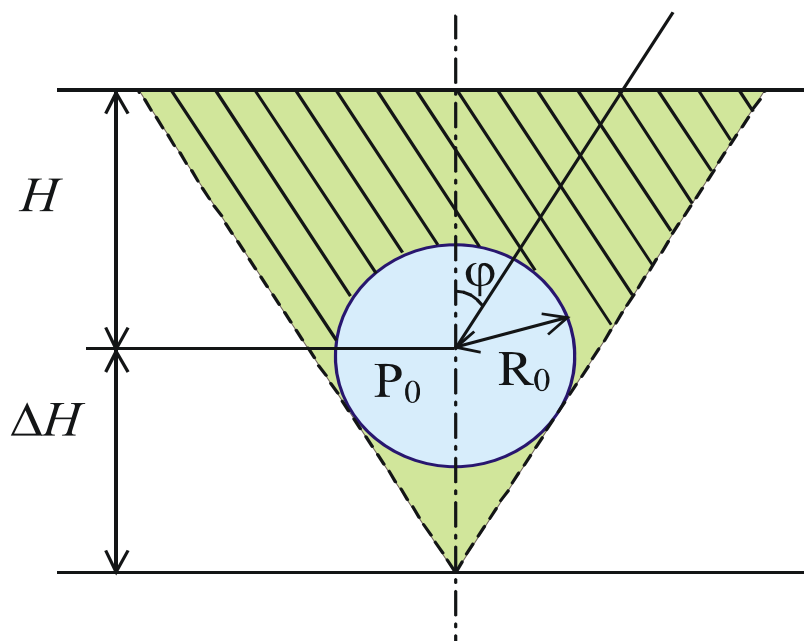
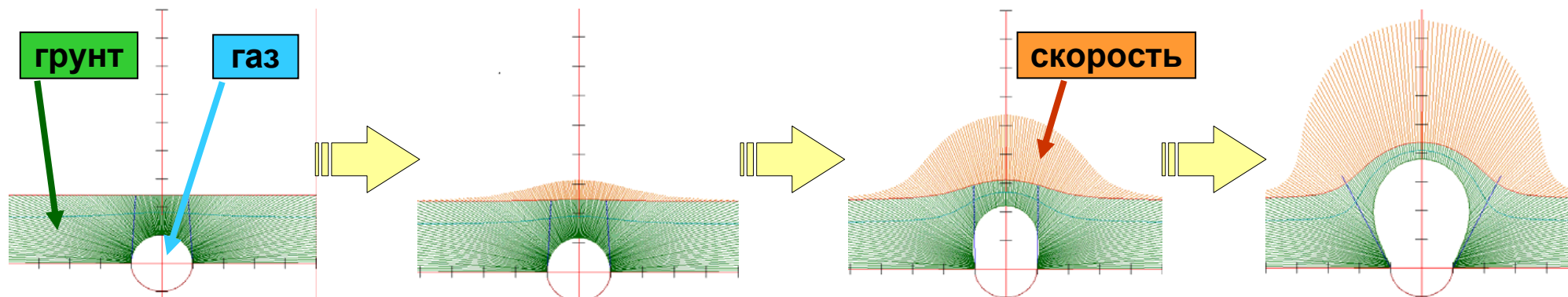
Схема расчета вероятности поражения реципиента осколком



$$L_{фрагм} = \frac{1}{3} \cdot (L_1 + L_2 + L_3)$$

$$P_{оскл}(R) = \frac{L_{фрагм} + R}{\pi \cdot R} \cdot \sin \left[\arctg \left(\frac{h + L_{фрагм} / 2}{R} \right) \right] \cdot \left[1 - \frac{2 \cdot \arcsin(1 - h / (L_{фрагм} / 2))}{\pi} \right]$$

Динамика поведения грунта при разрушении газопровода



$$\frac{M_{\text{грунта}} \times V_0^2}{2} = \eta \times A_{\text{г}} \times M_{\text{г}}$$

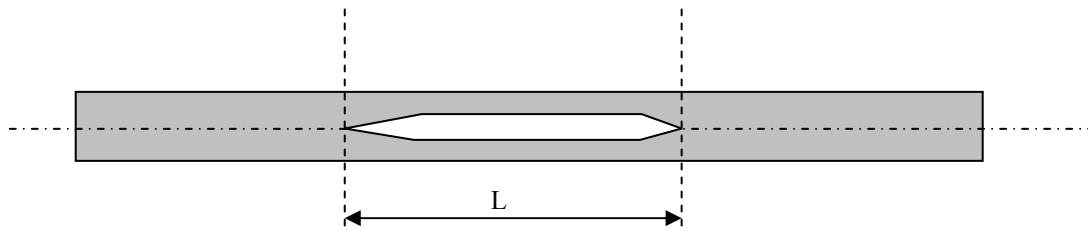
$$\eta \in [0, 2 \dots 0, 35]$$

$$\varphi \in [30^{\circ} \dots 60^{\circ}]$$

Разрушение участка газопровода



Разрушение газопровода и воздушная волна сжатия



$$E = m_g \cdot A$$

$$m_g = \frac{\pi}{4} \cdot d_{tube}^2 \cdot \rho \cdot L$$

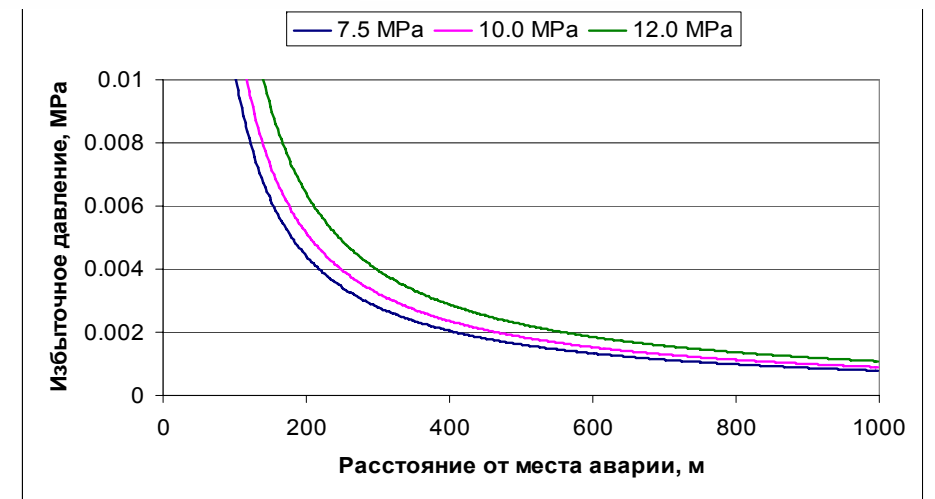
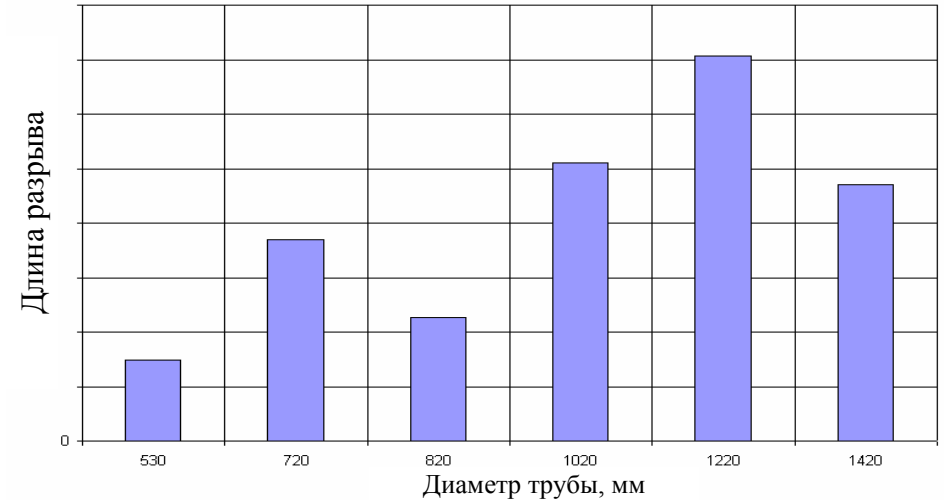
$$A_2 = \frac{\Delta P}{\rho_2(\chi - 1)} \left[1 - \Delta P^{-\frac{\chi-1}{\chi}} \right]$$

$$\frac{n(> L)}{n_0} = \exp \left[-\frac{L}{\langle L \rangle} \right]$$

Условие разрушения трубы магистральной трещиной

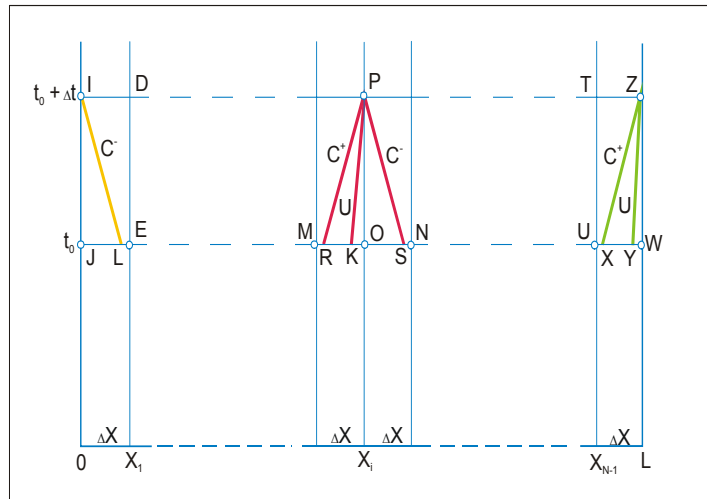
$$\frac{E_{elastic}}{E_{unloading}} = \frac{\pi \cdot (1 + \nu)^2 \cdot p^2 \cdot D^3}{8 \cdot E \cdot \delta^2 \cdot kcv} \geq 1$$

Средние длины разрыва для МГ



Интенсивность истечения газа из газопровода при аварии

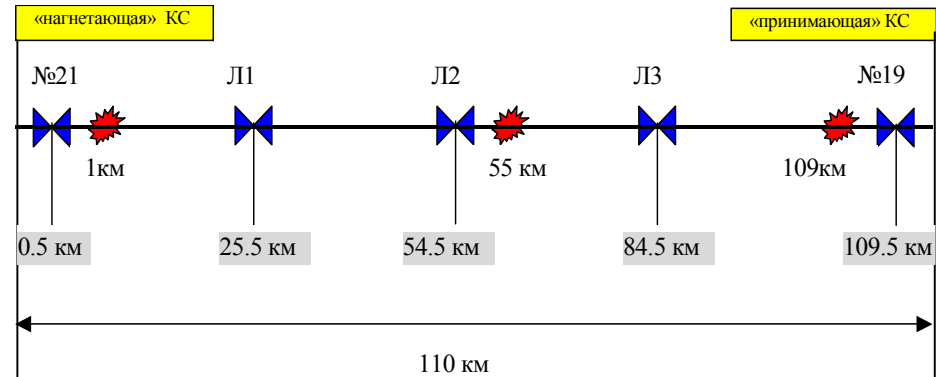
Схема вычислений
X-t диаграмма



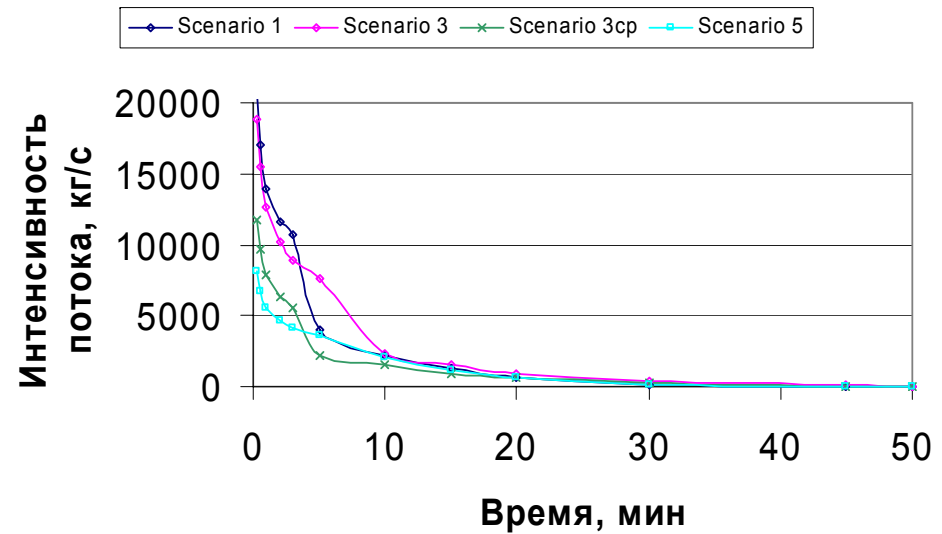
$$\frac{\bar{P}_{i,n+1}^+ - \bar{P}_n(l_i^+)}{\Delta t} + \left(\frac{f \cdot C}{C_0^2}\right)_{n+1/2}^+ \cdot \frac{W_{i,n+1}^+ - W_n(l_i^+)}{\Delta t} = -\left(\frac{F \cdot C}{C_0^2}\right)_{n+1/2}^+$$

$$\frac{\bar{P}_{i,n+1}^- - \bar{P}_n(l_i^-)}{\Delta t} - \left(\frac{f \cdot C}{C_0^2}\right)_{n+1/2}^- \cdot \frac{W_{i,n+1}^- - W_n(l_i^-)}{\Delta t} = \left(\frac{F \cdot C}{C_0^2}\right)_{n+1/2}^-$$

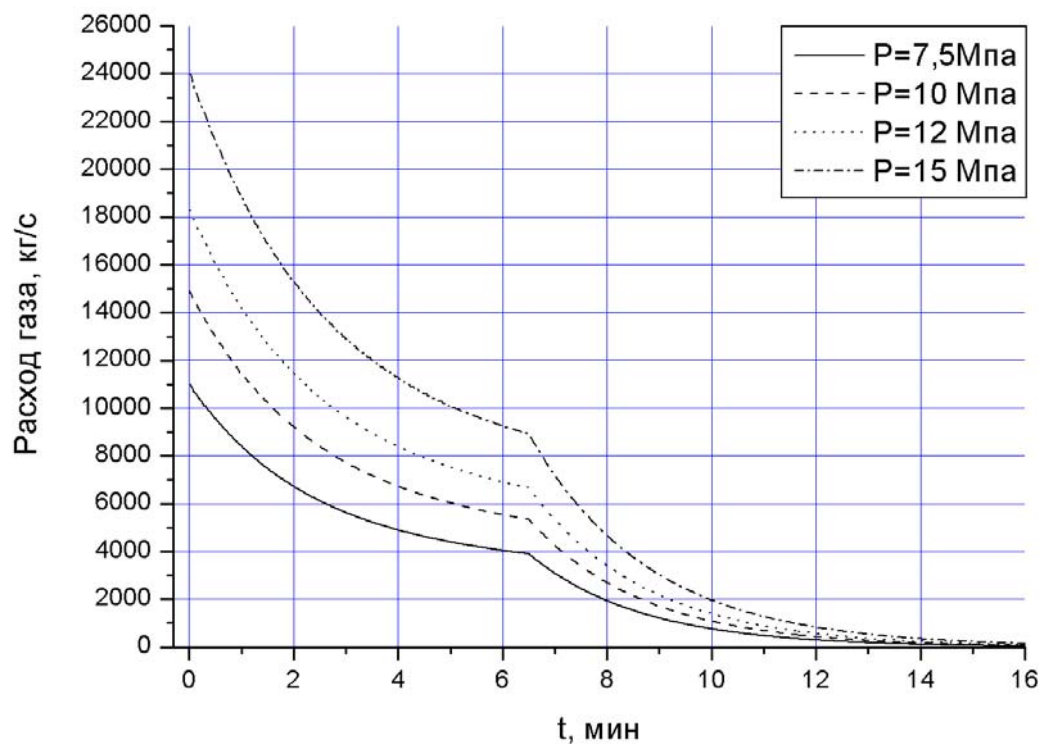
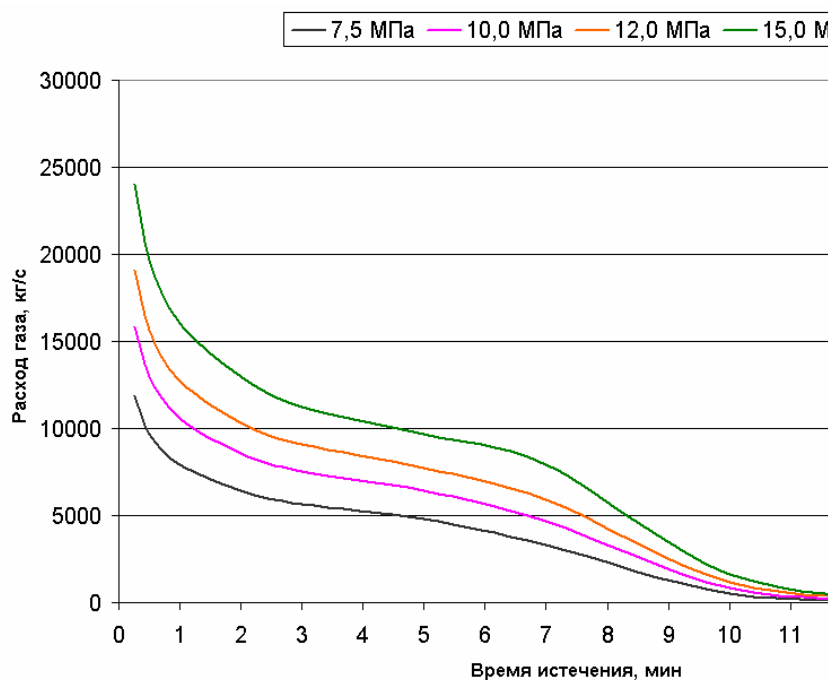
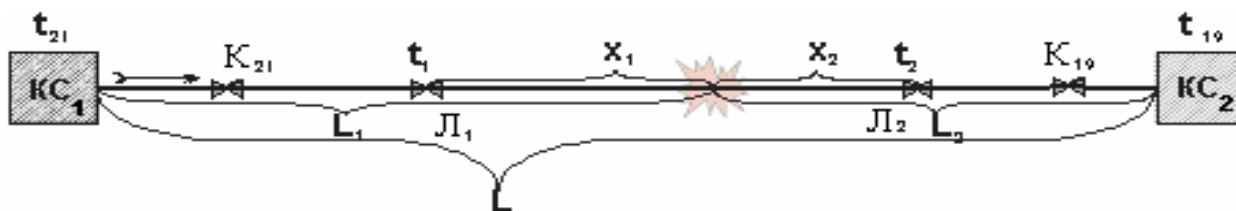
$$\Delta t \leq f_{\Delta t} \cdot \frac{\Delta l}{2 \cdot C_{\max}}$$



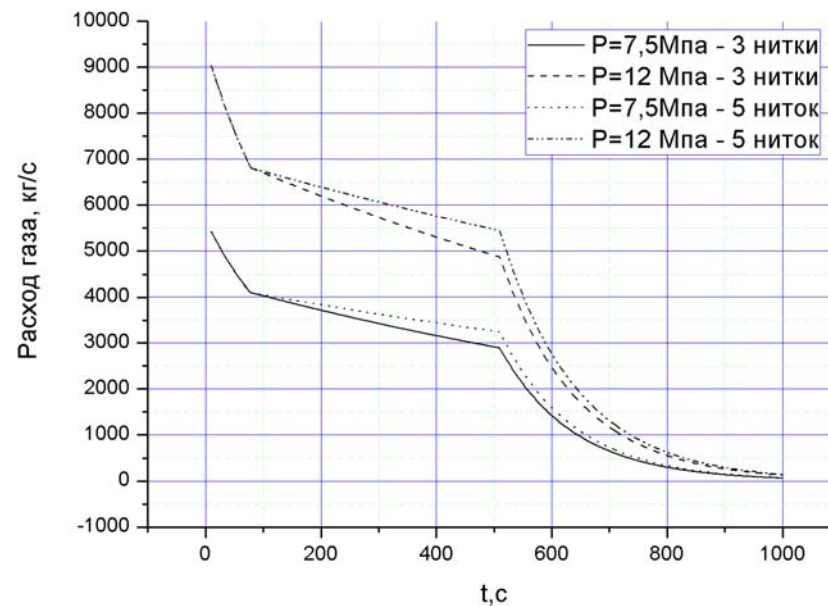
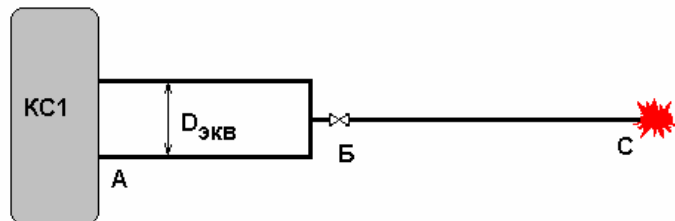
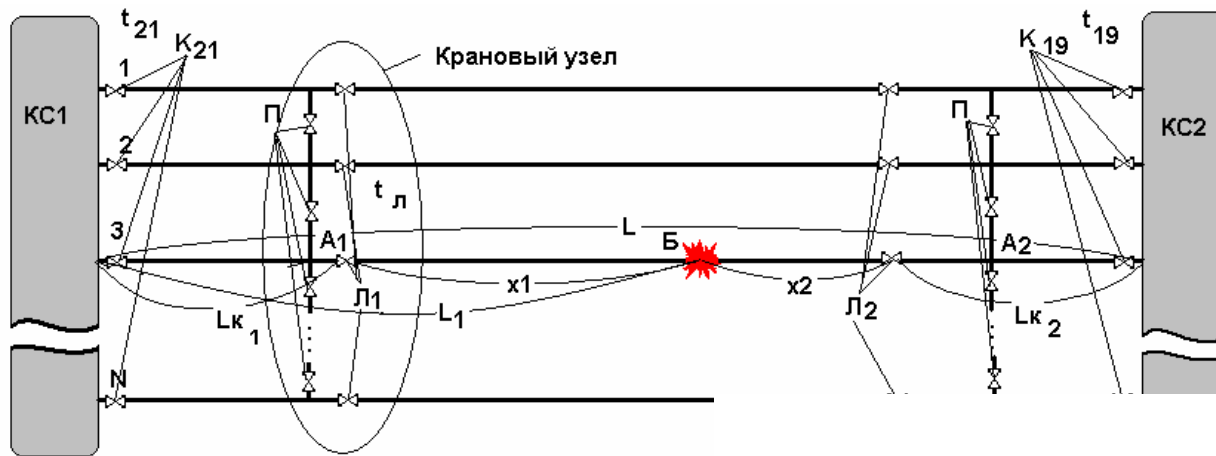
Интенсивность истечения газа при разрыве трубы



Последствия аварии на газопроводе (20.08.80 г Ду=1020мм)

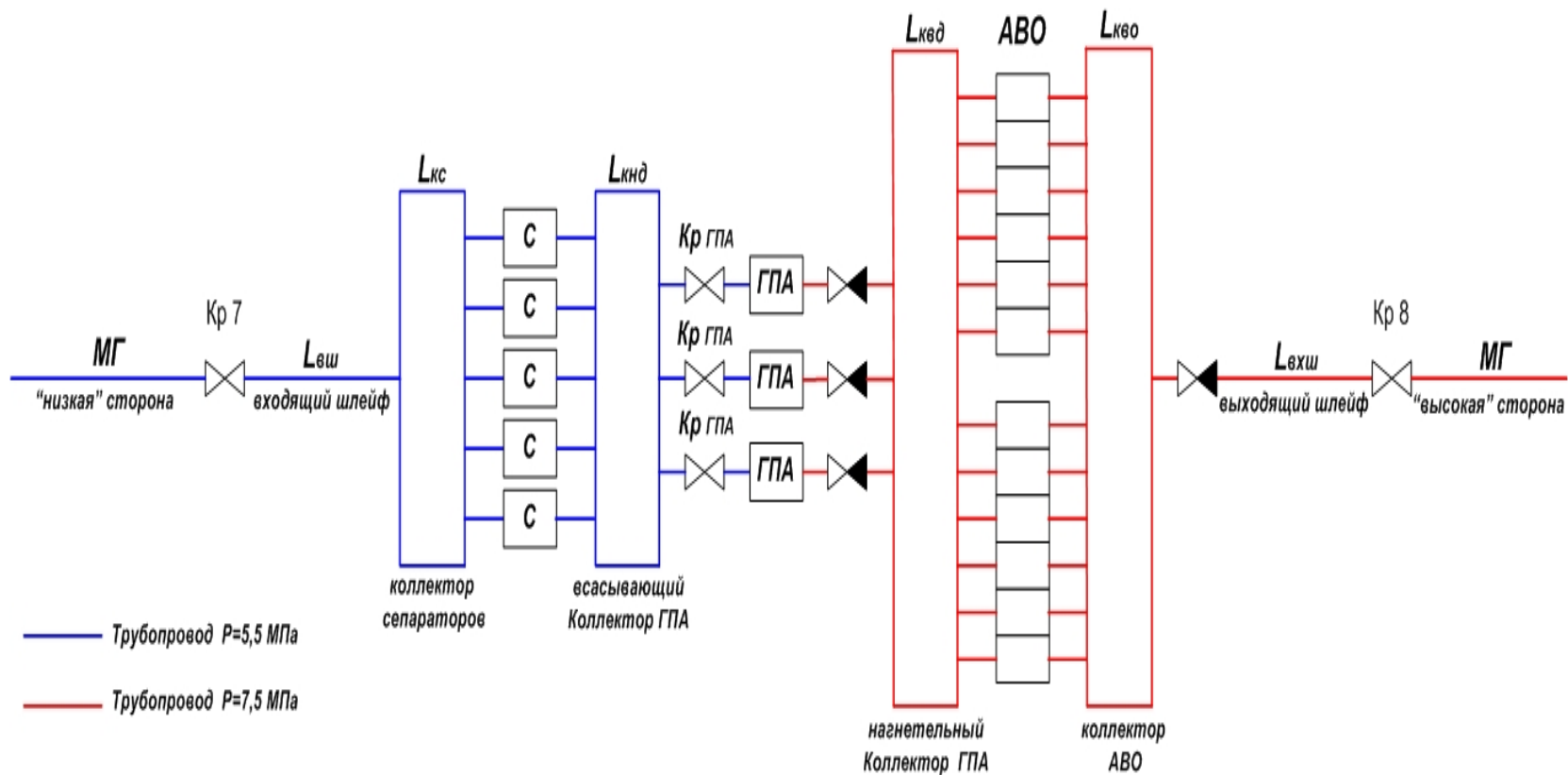


Эквивалентная схема многониточного газопровода для расчета аварийного истечения

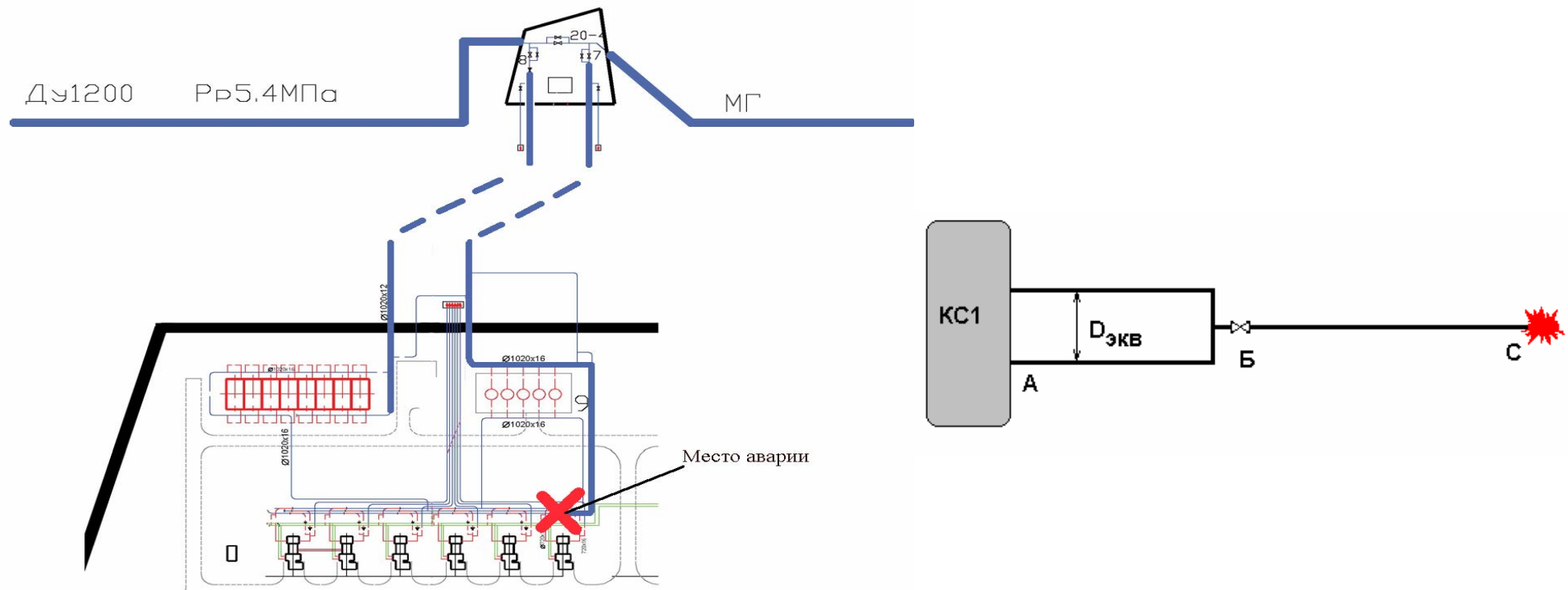


Эквивалентная схема основного потока газа на КС для расчета аварийного истечения

Эквивалентная схема основного потока газа на типовой КС

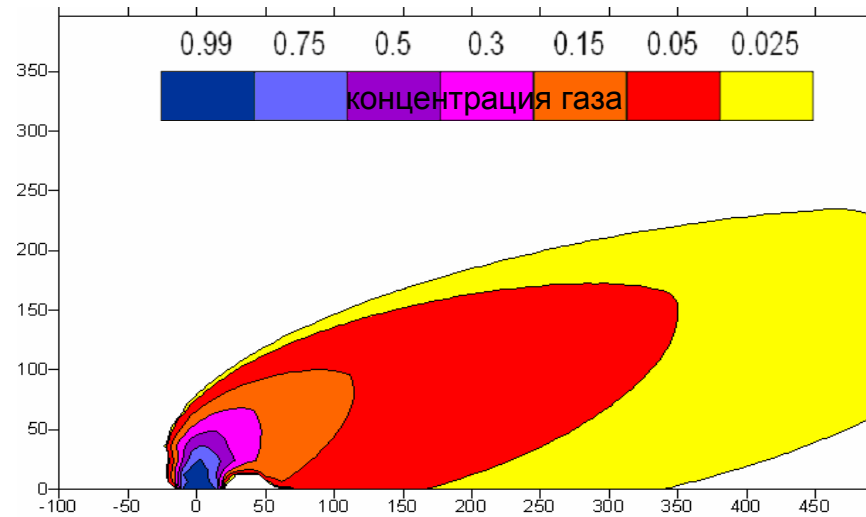
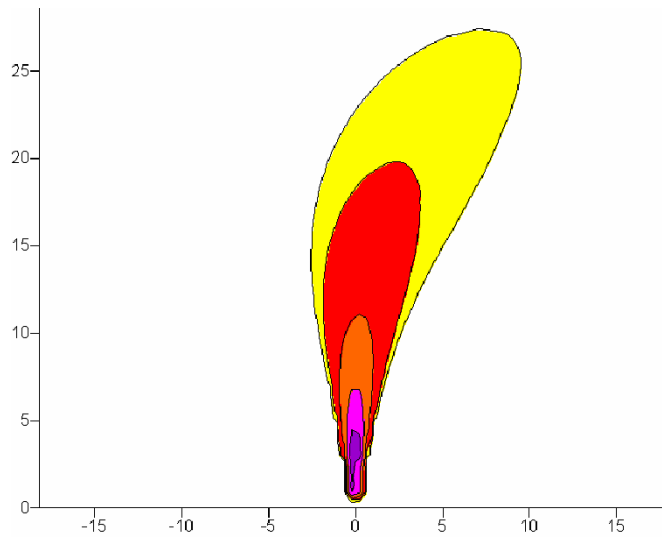
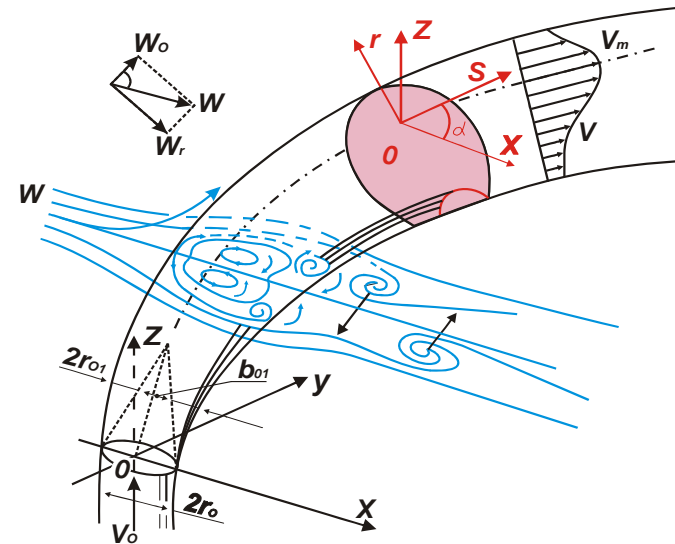
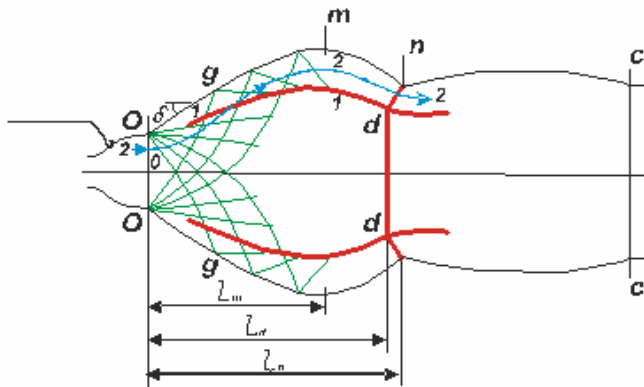


Эквивалентная схема основного потока газа на КС для расчета аварийного истечения



Распределение газа в атмосфере

СОПЛО

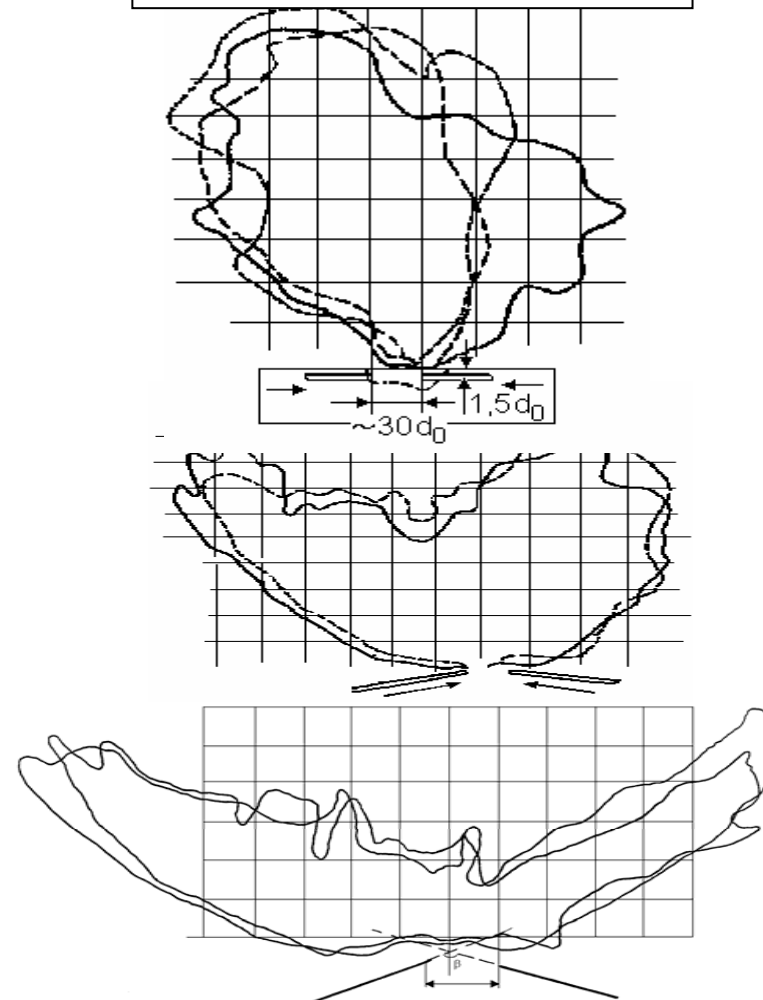


Аварии и их моделирование

Последствия аварии

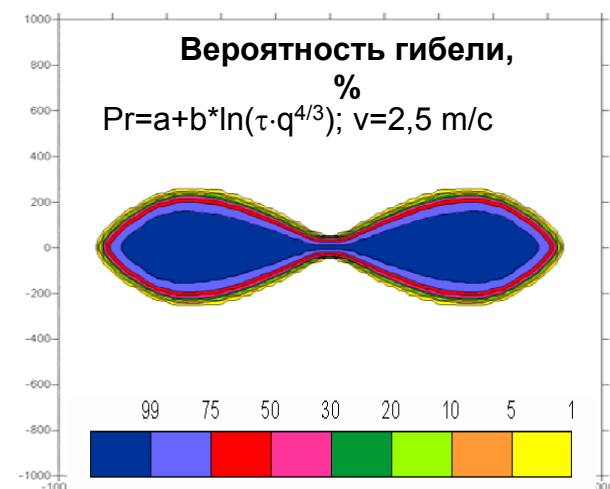
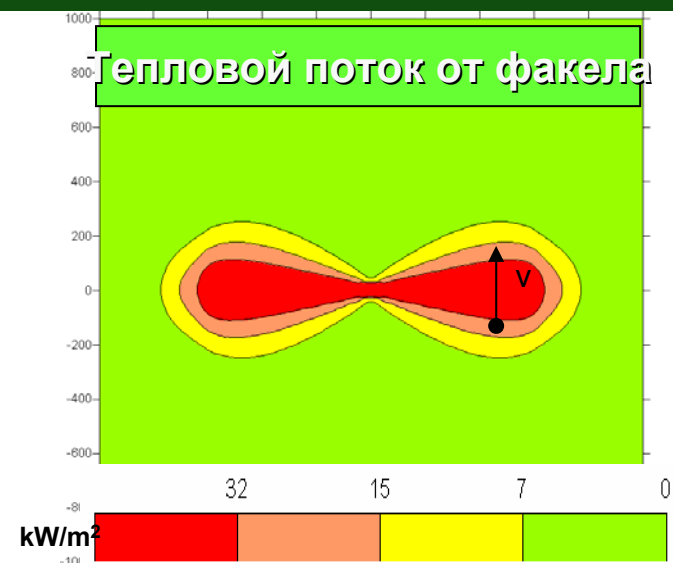


эксперименты



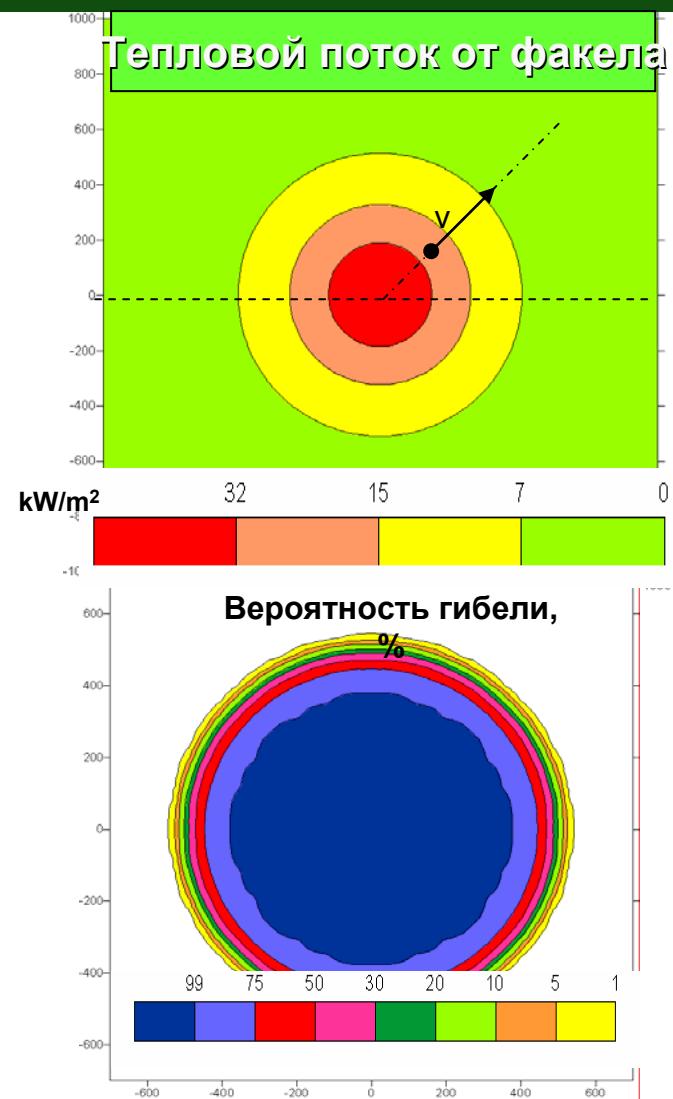
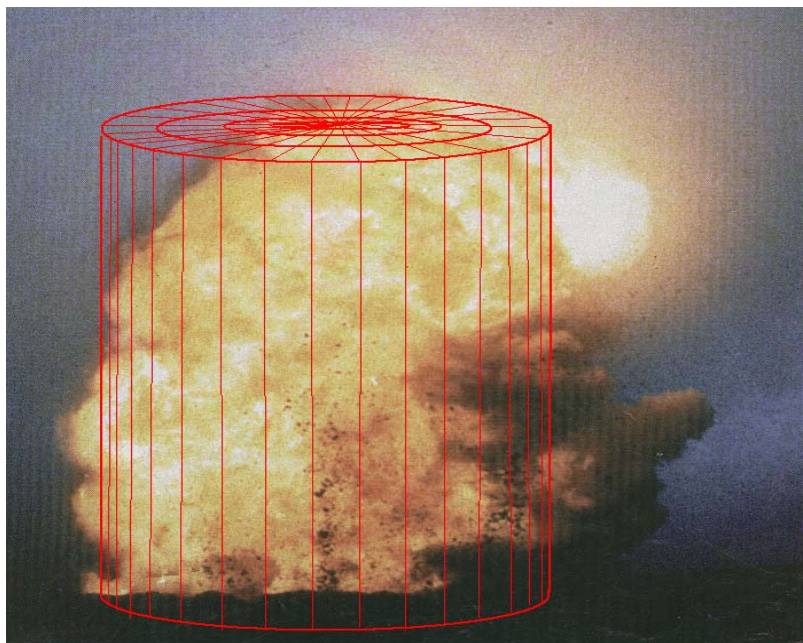
Тепловое воздействие от настильных струй

Сценарий “Струевое пламя”

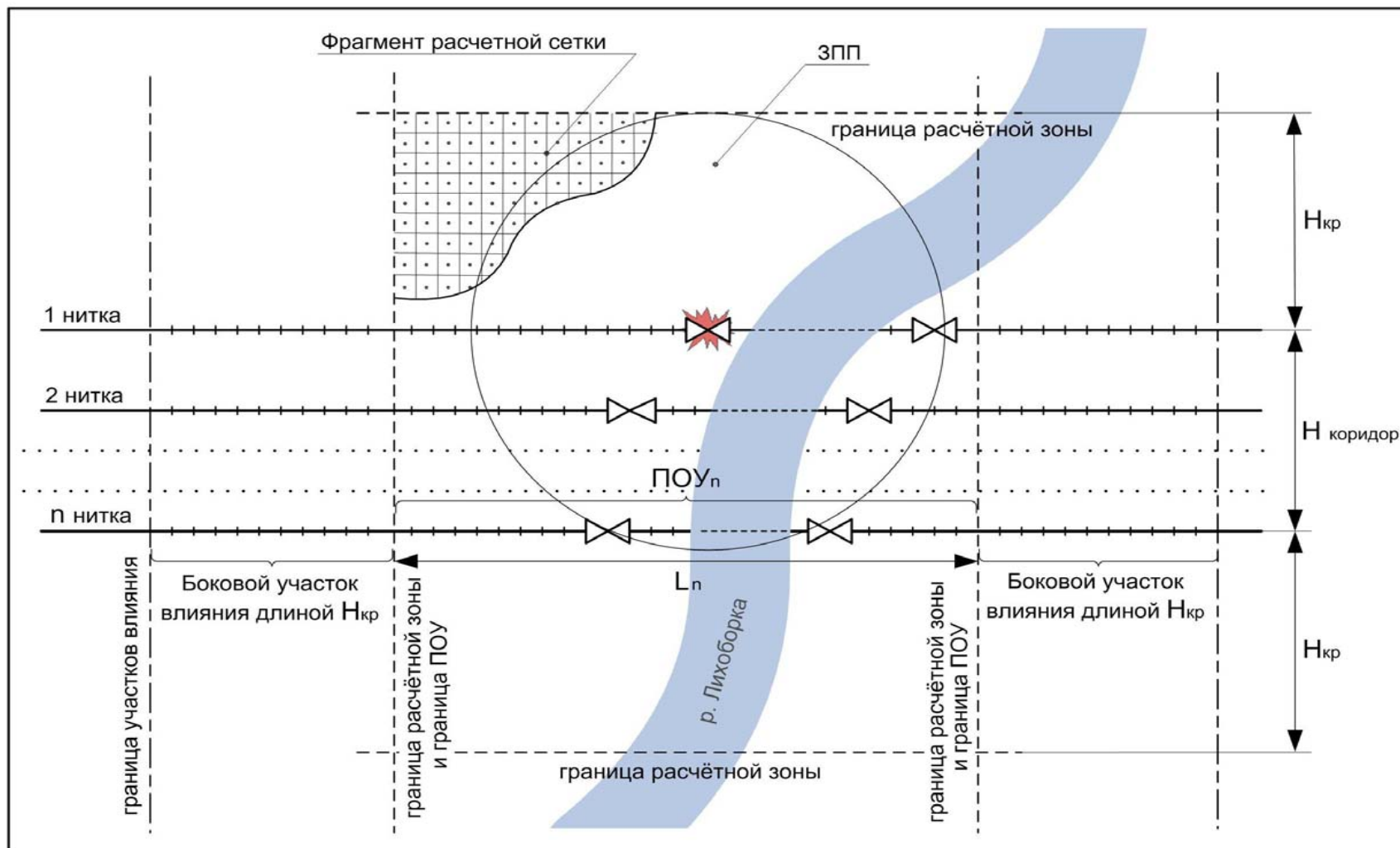


Тепловое воздействия от «пожара в котловане»

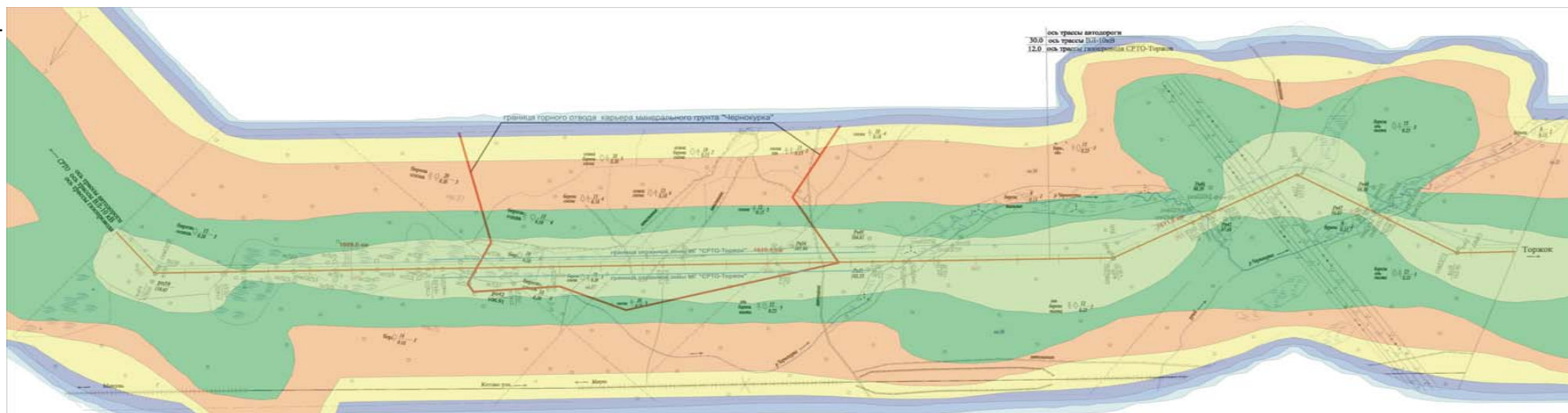
Сценарий «Пожар в котловане»



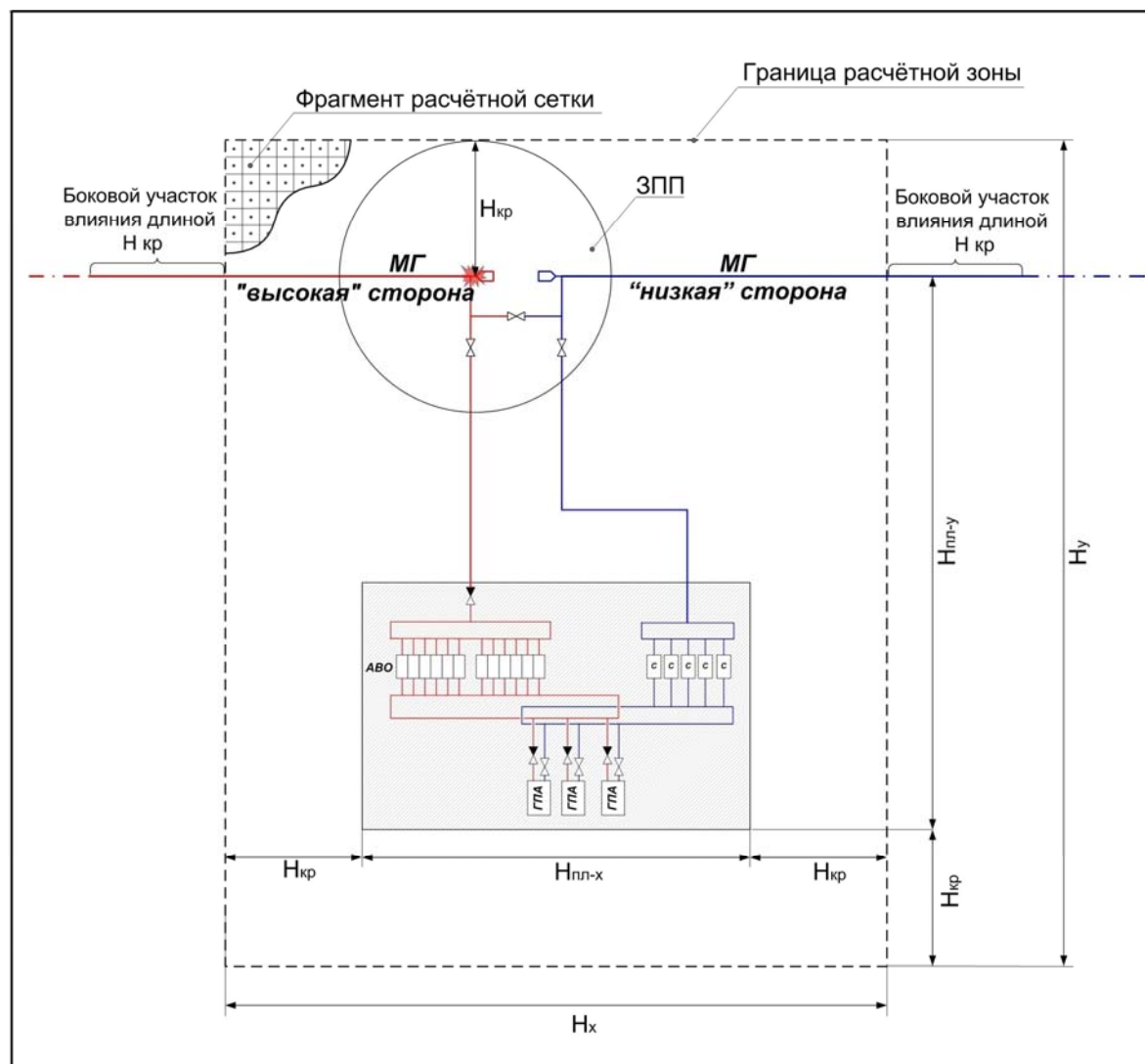
Типовой план территории ПОУ при анализе риска



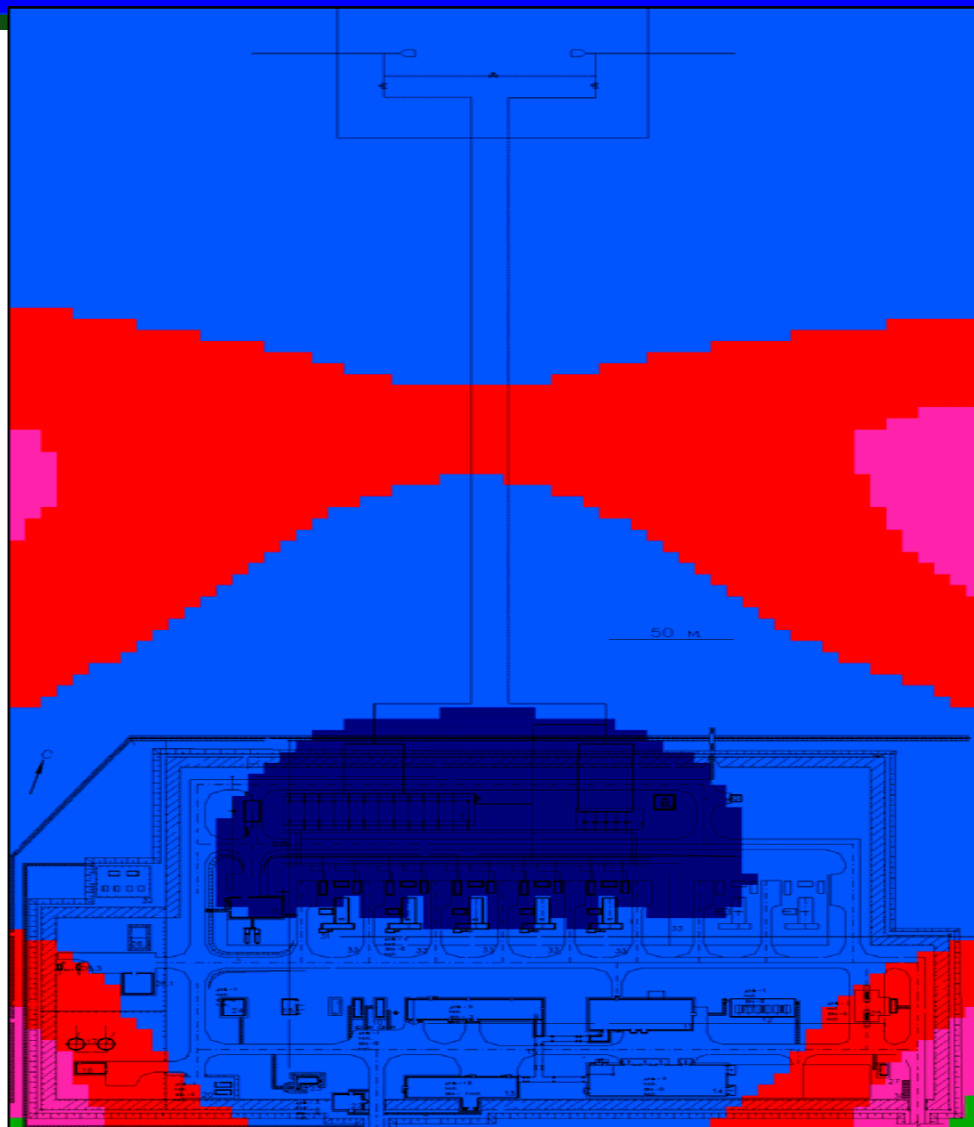
Поле потенциального риска для линейной части газопровода



Типовой план территории КС при расчетах риска



Поле потенциального риска на КС



$3 \cdot 10^{-3}$ $10 \cdot 3 \cdot 10^{-4}$ $3 \cdot 1 \cdot 10^{-4}$ $10 \cdot 3 \cdot 10^{-5}$ $3 \cdot 1 \cdot 10^{-5}$ $10 \cdot 3 \cdot 10^{-6}$
 $3 \cdot 1 \cdot 10^{-6}$ $10 \cdot 3 \cdot 10^{-7}$ $3 \cdot 1 \cdot 10^{-7}$ $10 \cdot 3 \cdot 10^{-8}$ 1/год



Центральный офис ООО «ВНИИГАЗ»
п. Развилка, Московская область
internet: www.vniigaz.ru
intranet: www.vniigaz.gazprom.ru
e-mail: vniigaz@vniigaz.gazprom.ru
телефон: (+7 495) 355-92-06
факс: (+7 495) 399-32-63



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Филиал ООО "ВНИИГАЗ" - Севернипигаз
ул. Севастопольская, 1"а", г. Ухта, Респ. Коми, РФ
Тел/факс (+7 2147) 3-01-42
Газсвязь: 787-748-70, 787-723-11
e-mail: sng@sng.vniigaz.gazprom.ru



Отдел по научному
и техническому сопровождению
комплексного освоения месторождений
полуострова Ямал и прилегающих акваторий
ЯНОО г. Салехард, ул. Ленина, 27
Тел/факс (8 34922) 46-210; 46-264; 46-256

