



**Основные положения нового стандарта ОАО «Газпром»
по анализу риска для опасных производственных
объектов транспорта газа и конденсата**

к.т.н. С.В. Овчаров, д.т.н. В.С. Сафонов
А.В. Мельников, Е.Н. Желтиков
Центр «Анализ рисков, управление промышленной
безопасностью и гражданской защитой»

Москва 2009 г

СТРУКТУРА

СТО ГАЗПРОМ 2-2.3-351-2009 «Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром»»

1. Область применения
2. Нормативные ссылки
3. Термины и определения
4. Общие положения
5. Анализ риска линейной части магистральных газопроводов
6. Анализ риска линейной части магистральных конденсатопродуктопроводов
7. Анализ риска для площадочных объектов (в том числе для компрессорных станций, газораспределительных станций, газоизмерительных станций, насосных станций)
8. Особенности применения стандарта для анализа риска скважин и трубопроводов системы сбора газа подземных хранилищ газа
9. Рекомендации по использованию результатов анализа риска при страховании опасного производственного объекта

Приложения



СТРУКТУРА ПРИЛОЖЕНИЙ СТО ГАЗПРОМ 2-2.3-351-2009

- | | |
|--------------------------|--|
| А (справочное) | Характеристики опасных веществ, обращающихся на опасных производственных объектах транспорта и хранения газа и газового конденсата |
| Б (рекомендуемое) | Порядок расчета количеств опасных веществ на некоторых составляющих опасных производственных объектов транспорта и хранения газа и газового конденсата |
| В (рекомендуемое) | Обобщенное дерево отказов для подземного магистрального газопровода |
| Г (рекомендуемое) | Методики расчета интенсивности истечения и количества выбрасываемого газа при разрушениях газопроводов |
| Д (рекомендуемое) | Методики расчета интенсивности истечения и количества выбрасываемого продукта при разгерметизации конденсатопродуктопроводов |
| Е (рекомендуемое) | Методики расчета пространственно-временного распределения выбрасываемых продуктов с учетом их физико-химической трансформации |
| Ж (рекомендуемое) | Методики расчета физических параметров и масштабов распространения поражающих факторов аварий |
| И (рекомендуемое) | Критерии поражающего воздействия различных поражающих факторов аварии на человека, имущество, компоненты природной среды |
| К (рекомендуемое) | Методика оценки ущерба от аварий на опасных производственных объектах ОАО «Газпром» |
| Л (рекомендуемое) | Идентификация опасностей на подземном резервуаре хранилища природного газа в отложениях каменной соли |

Структура основных составляющих и показателей риска

№	Наименование показателя	Единица измерения
1	Ожидаемая частота аварий	аварий/год
2	Размеры зон негативного воздействия поражающих факторов (при реализации конкретного сценария аварии)	м; м ²
3	Количество пострадавших, в том числе погибших и раненых (при реализации конкретного сценария аварии)	человек
4	Условная вероятность поражения людей (при реализации конкретного сценария аварии)	%
5	Ущерб от аварии (при реализации конкретного сценария аварии)	руб.
6	Ожидаемый годовой ущерб	руб./год
7	Потенциальный территориальный риск	1/год
8	Коллективный риск	человек/год
9	Индивидуальный риск	1/год
10	Социальный риск (F/N-кривая)	человек/год

Этапы выполнения количественного анализа риска (КолАР)

1.1 Определение факторов и проблем, обусловивших необходимость проведения КолАР	1 Планирование и организация работ
1.2 Организация группы специалистов для выполнения КолАР	
1.3 Определение целей и задач анализа риска	
1.4 Определение глубины (детальности) анализа, уточнение алгоритма и набора методов анализа	
1.5 Описание ОПО его окружения на базе сбора и анализа исходных данных	
1.6 Обоснование критериев приемлемого риска	
2.1 Идентификация источников опасностей	2 Идентификация опасностей
2.2 Определение спектра возможных нежелательных событий на ОПО	
3.1 Оценка ожидаемой частоты аварий для выбранных основных (расчетных) источников опасности	3 Оценка риска: анализ частоты
3.2 Выбор и обоснование основных (расчетных) сценариев аварий	
3.3 Оценка условных вероятностей реализации расчетных сценариев аварий	

1

Этапы выполнения количественного анализа риска (КолАР)



Примерный состав группы специалистов для проведения анализа риска линейной части магистральных газопроводов

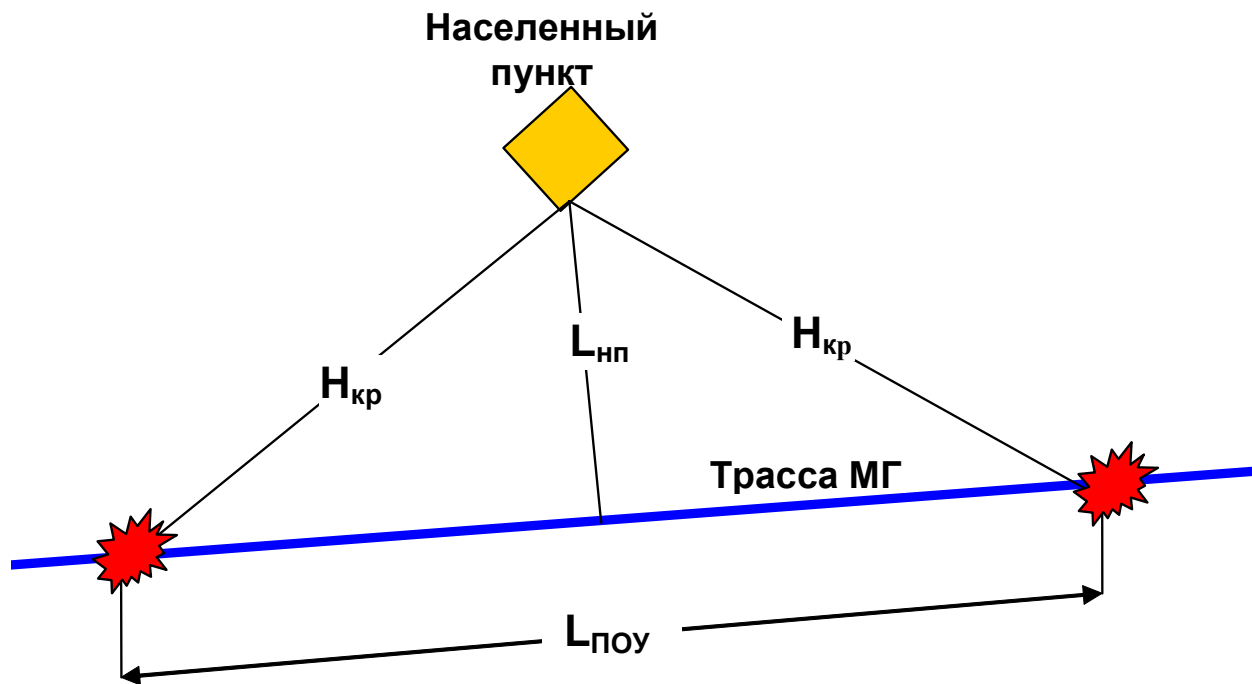
№	Наименование квалификации и статуса специалиста
1	Руководитель работ
2	Специалист(ы) по технологии трубопроводного транспорта газа
3	Специалист(ы) по автоматике и телемеханике объектов линейной части газопроводов
4	Специалист(ы) по диагностированию линейной части газопроводов
5	Специалист по анализу риска ОПО транспорта газа (рекомендуется наличие квалификации эксперта, осуществляющего экспертизу деклараций промышленной безопасности и документов в части анализа риска магистральных трубопроводов (шифры областей аккредитации в системе аккредитации по промышленной безопасности 4.1.5.2; 4.2.5.2)
6	Инженер – программист
7	Оператор(ы) ЭВМ

Состав необходимых исходных данных для проведения анализа риска линейной части магистральных газопроводов

№	Наименование исходных данных
1	Общие сведения об эксплуатирующей организации
2	Технологическая схема и план трасс(ы) участка(ов) газопровода(ов)
3	Перечень и конструктивно-технологические параметры газопровода(ов)
4	Описание природно-климатических условий и характеристики грунтов
5	Характеристики подземных, воздушных и подводных переходов газопровода(ов), сведения о параллельных авто- и железных дорогах, инженерных коммуникациях
6	Характеристики наземного оборудования ЛЧ газопровода(ов), характеристики системы линейной телемеханики
7	Расположение лесных и сельскохозяйственных угодий вдоль трасс(ы) газопровода(ов)
8	Данные о размещении и численности населения, работников близлежащих организаций
9	Данные о сторонних объектах, могущих явиться источником ЧС для газопровода(ов)
10	Численность, квалификация, режим работы и распределение обслуживающего персонала по трассе газопровода(ов)
11	Данные об имевших место авариях на газопроводе(ах)
12	Результаты диагностических обследований линейной части газопровода(ов)

Идентификация опасностей на линейной части газопровода

1. Определение опасных свойств и параметров состояния транспортируемого газа
2. Расчет количества природного газа в разных секциях газопровода
3. Краткое описание возможных физических проявлений аварий на газопроводе
4. Перечисление возможных причин аварий на разных участках газопровода
5. Предварительная идентификация потенциально опасных участков (ПОУ) на трассе



$$L_{ПОУ} = 2 \cdot \sqrt{H_{кр}^2 - L_{нп}^2}$$

$$H_{кр} = 0,5 \cdot \sqrt{\frac{P_{раб}}{10} \cdot \frac{D_y}{1400}}$$

Методика экспертной оценки ожидаемой частоты аварий на участке газопровода (МЗОЧАГаз)

Группы факторов влияния

FG₁: Возможные механические воздействия третьих лиц $p_1=14\%$

F ₁₁ : Минимальная глубина заложения подземного газопровода	q ₁₁ =18%
F ₁₂ : Уровень антропогенной активности	q ₁₂ =18%
F ₁₃ : Согласовательно-разъяснительная работа	q ₁₃ =10%
F ₁₄ : Состояние охранной зоны	q ₁₄ =10%
F ₁₅ : Частота патрулирования трассы газопровода	q ₁₅ =14%
F ₁₆ : Нарушения охранной зоны и зоны минимальных безопасных расстояний	q ₁₆ =20%
F ₁₇ : Аварии и отказы, имевшие место на газопроводе из-за воздействий 3-х лиц	q ₁₇ =10%

FG₂: Наружная коррозия (без учета КРН) $p_2=6\%$

F ₂₁ : Коррозионные свойства грунтов	q ₂₁ =9%
F ₂₂ : Температура перекачиваемого продукта	q ₂₂ =6%
F ₂₃ : Наличие зон блуждающих токов	q ₂₃ =9%
F ₂₄ : Результаты шурфований	q ₂₄ =7%
F ₂₅ : Тип и состояние изоляционного покрытия	q ₂₅ =18%
F ₂₆ : Время, прошедшее с момента последних электрометрических обследований	q ₂₆ =14%
F ₂₇ : Качество работы устройств ЭХЗ	q ₂₇ =18%
F ₂₈ : Мониторинг и контроль эффективности ЭХЗ	q ₂₈ =9%
F ₂₉ : Аварии и отказы, имевшие место по причине подземной коррозии	q ₂₉ =10%

FG₃: Коррозия под напряжением (КРН) $p_3=37\%$

F ₃₁ : Комбинированный фактор: F ₃₁₋₁ : коррозионная активность грунта F ₃₁₋₂ : тип и состояние изоляционного покрытия F ₃₁₋₃ : удаленность участка МГ от КС F ₃₁₋₄ : отношение фактического давления в МГ к проектному F ₃₁₋₅ : диаметр МГ	q ₃₁ =60%
F ₃₂ : Наличие водотоков	q ₃₂ =15%
F ₃₃ : Уровень грунтовых вод	q ₃₃ =15%
F ₃₄ : Аварии и отказы, имевшие место по причине стресс-коррозии	q ₃₄ =10%

Методика экспертной оценки ожидаемой частоты аварий на участке газопровода (МЭОЧАГаз)

Группы факторов влияния (продолжение)

FG ₄ : Качество произ-ва труб и оборудования	p ₄ = 12%
---	-------------------------

F ₄₁ : Изготовитель и год выпуска труб	q ₄₁ = 50%
F ₄₂ : Испытания газопровода	q ₄₂ = 40%
F ₄₃ : Аварии и отказы, имевшие место по причине дефектов труб и оборудования	q ₄₂ = 10%

FG ₅ : Качество строительно-монтажных работ	p ₅ = 20%
--	-------------------------

F ₅₁ : Категория участка по сложности производства СМР	q ₅₁ = 20%
F ₅₂ : Климатический район и сезон производства СМР	q ₅₂ = 20%
F ₅₃ : Контроль качества СМР	q ₅₃ = 20%
F ₅₄ : Контроль качества сварных соединений	q ₅₄ = 20%
F ₅₅ : Адекватность применяемых материалов и изделий	q ₅₅ = 5%
F ₅₆ : Качество обращения с материалами	q ₅₆ = 5%
F ₅₇ : Аварии и отказы, имевшие место по причине дефектов СМР	q ₅₇ = 10%

FG ₆ : Природные воздействия	p ₆ = 6%
---	------------------------

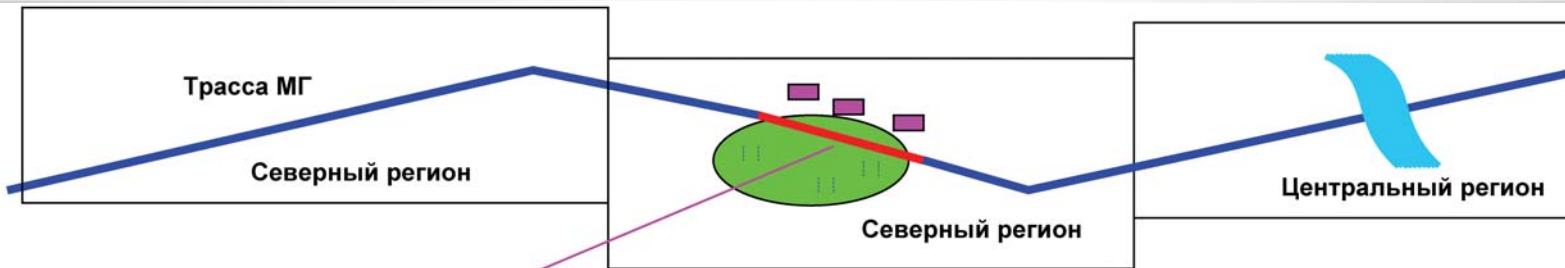
F ₆₁ : Подвижки и деформации грунта	q ₆₁ = 50%
F ₆₂ : Состав грунта с точки зрения его несущей способности	q ₆₂ = 10%
F ₆₃ : Наличие на участке линейной арматуры и наземных узлов разветвленной конфигурации	q ₆₃ = 10%
F ₆₄ : Превентивные мероприятия	q ₆₄ = 20%
F ₆₅ : Аварии и отказы, имевшие место по причине природных воздействий	q ₆₅ = 10%

FG ₇ : Уровень технической эксплуатации	p ₇₁ = 5%
--	-------------------------

F ₇₁ : Эксплуатационная документация	q ₇₁ = 10%
F ₇₂ : Техническая оснащенность ЛЭС	q ₇₂ = 20%
F ₇₃ : Укомплектованность ЛЭС	q ₇₃ = 20%
F ₇₄ : Периодичность ТО и ППР	q ₇₄ = 20%
F ₇₅ : Квалификация персонала	q ₇₅ = 20%
F ₇₆ : Аварии и отказы, имевшие место по причине нарушений ПТЭ	q ₇₆ = 10%

Методика экспертной оценки ожидаемой частоты аварий на участке газопровода (МЭОЧАГаз)

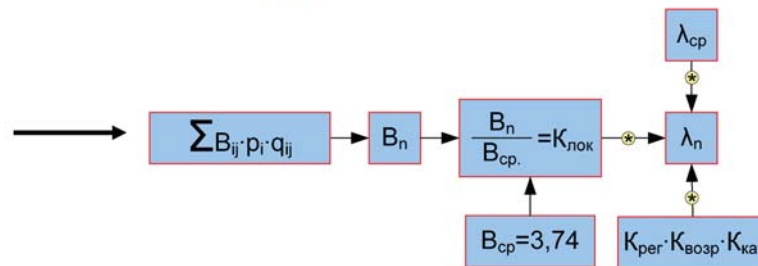
Схема определения ожидаемой частоты аварий на участке газопровода



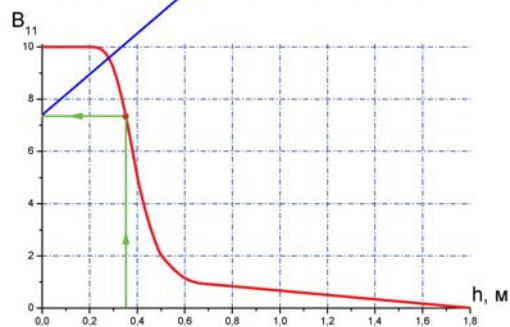
Балльная оценка наблюдаемых факторов влияния

Группа ФВ	Фактор влияния (ФВ)	Натуральное значение ФВ	Балльная оценка ФВ (B _{ij})	V _{ij} ·p _i ·q _{ij}
GF ₁ : Возможные мех. воздействия со стороны 3-х лиц	F ₁₁ : Минимальная глубина заложения МГ	0,35 м	7,25	0,18
GF ₅ : «Качество СМР»	F ₅₁ : Категория участка по сложности СМР	Категория II (болото I-го типа)	6,0	0,24
GF ₇ : Уровень технической оснащенности ЛПУМГ	F ₇₂ : Техническая оснащенность ЛПУМГ	55 %	5,6	0,06

$$\lambda_n = \lambda_{cp} \cdot K_{вл} = \lambda_{cp} \cdot K_{пер} \cdot K_{возр} \cdot K_{кат} \cdot \frac{B_n}{B_{cp.}} = \lambda_{cp} \cdot K_{пер} \cdot K_{возр} \cdot K_{кат} \cdot \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J p_i \cdot q_{ij} \cdot B_{ij}}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J p_i \cdot q_{ij} \cdot B_{ij-ср}}$$



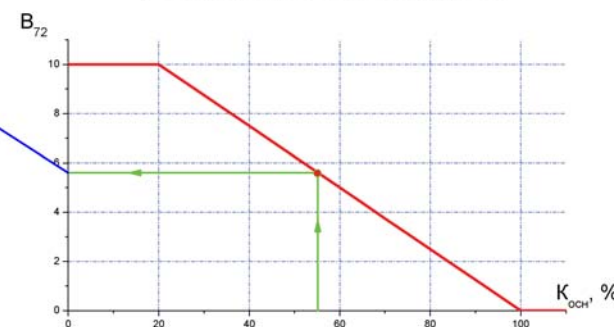
Балльно-факторная функция для фактора F₁₁ «Минимальная глубина заложения МГ»



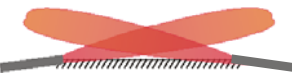
Балльно-факторная функция для фактора F₅₁ «Категория участка по сложности СМР»

Возможные значения для F ₅₁	B ₅₁
Категория I	8-10
Категория II	4-7
Категория III	1-3
Равнинные сухие участки	0

Балльно-факторная функция для фактора F₇₂ «Техническая оснащенность ЛЭС»



Группы сценариев аварий на линейной части МГ

Обозначение группы	Описание группы сценариев	Поражающие факторы
<p>С1 «Пожар в котловане»</p> 	<p>Горение относительно низкоскоростного вертикального или наклонного шлейфа («колонны») газа, образовавшегося в результате смешения двух струй газа, истекающих из концов разорвавшегося трубопровода в едином грунтовом котловане (как правило, в «твердых» грунтах с высокой связностью)</p>	<p>Разлет осколков, воздушная волна сжатия (ВВС), тепловое излучение, токсичные продукты сгорания</p>
<p>С2 «Струевые пламена»</p> 	<p>Горение двух свободных высокоскоростных струй газа (настильных или наклонных), истекающих из двух концов (плетей) разрушенного трубопровода, вырванных из грунта (как правило, из «слабонесущего» грунта с низкой связностью) на поверхность земли (для подземного МГ) или сорванных с опор (для надземного участка МГ)</p>	<p>Разлет осколков, ВВС, скоростной напор струи, прямое воздействие пламени, тепловое излучение от пламени, токсичные продукты сгорания</p>
<p>С3 «Рассеивание низкоскоростного шлейфа газа»</p>	<p>Рассеивание без воспламенения низкоскоростного шлейфа газа, истекающего из грунтового котлована</p>	<p>Разлет осколков, ВВС, попадание природного газа в атмосферу</p>
<p>С4 «Рассеивание двух струй газа»</p>	<p>Рассеивание без воспламенения двух свободных высокоскоростных струй газа (настильных или с некоторым углом наклона к горизонту).</p>	<p>Разлет осколков, ВВС, скоростной напор струи, попадание природного газа в атмосферу</p>

Факторы, определяющие сценарии аварии на ЛЧ МГ

Фактор	Характер влияния
Факторы, влияющие на «функцию источника»	
Расположение места аварии относительно КС и линейных запорных кранов	Влияет на интенсивность и продолжительность истечения газа из концов разорвавшегося МГ
Давление в МГ (в месте разрыва) до аварии	Определяет интенсивность истечения газа, величину избыточного давления при расширении сжатого газа
Время от момента разгерметизации МГ до перекрытия аварийной секции	Влияет на продолжительность аварийного истечения газа
Геометрия взаимного расположения концов разрушенного МГ в котловане или на поверхности земли	Влияет на особенности динамического взаимодействия струй истекающего из двух концов МГ газа, а следовательно, - на форму пламени при колонном пожаре или направление независимых горящих струй при струевом горении
Факторы, влияющие на распространение опасных веществ и энергии в окружающей среде	
Метеорологические факторы: скорость и направление ветра, класс стабильности атмосферы, влажность воздуха	Определяют различные варианты дисперсии газа, задают угол и направление наклона пламени; влажность воздуха определяет проницаемость атмосферы для тепловой радиации
Шероховатость поверхности	Влияет на особенности рассеивания газа
Распределение по территории, прилегающей к МГ, других опасных объектов	Влияет на вероятность реализации каскадного развития аварии
Степень оперативности и грамотности действий персонала и аварийных спецслужб по локализации аварии	Влияют на продолжительность аварии, ход ее развития и размеры зон негативных воздействий

Рекомендуемый минимальный набор расчетных сценариев

Группа сценариев	Краткая характеристика расчетного сценария в точке разрыва МГ
С ₁ «Пожар в котловане»	С ₁₁ : После разрыва МГ краны на границах аварийной секции не закрываются, ГПА не отключаются в течение $T_{откл} > 2$ мин, скорость ветра 0 м/с → Вертикальный горящий «цилиндр» с $L_{ф}/D_{эф}=2$
	С ₁₂ : После разрыва МГ краны на границах аварийной секции не закрываются, ГПА не отключаются в течение $T_{откл} > 2$ мин, скорость ветра 10 м/с, направление ветра – перпендикулярно направлению оси МГ, вправо по ходу газа → Наклонный «правый» горящий «цилиндр» с $L_{ф}/D_{эф}=2$
	С ₁₃ : После разрыва МГ краны на границах аварийной секции не закрываются, ГПА не отключаются в течение $T_{откл} > 2$ мин, скорость ветра 10 м/с, направление ветра – перпендикулярно направлению оси МГ, влево по ходу газа → Наклонный «левый» горящий «цилиндр» с $L_{ф}/D_{эф}=2$
С ₂ «Струевые пламена»:	С ₂₁ : После разрыва МГ краны на границах аварийной секции не закрываются, ГПА не отключаются в течение $T_{откл} > 2$ мин. Имеют место 2 настильные высокоскоростные свободные струи горящего газа, направленные в противоположных направлениях вдоль оси МГ с общей условной точкой истечения
С ₃ «Рассеивание низкоскорост. шлейфа газа»	С ₃₁ : После разрыва МГ краны на границах аварийной секции не закрываются, ГПА не отключаются в течение $T_{откл} > 2$ мин, скорость ветра 15 м/с, класс устойчивости – D → Рассеивающийся шлейф газа.
С ₄ «Рассеивание двух струй газа»	С ₄₁ : После разрыва МГ краны на границах аварийной секции не закрываются, ГПА не отключаются в течение $T_{откл} > 2$ мин. Имеют место 2 настильные струи газа, направленные в противоположных направлениях вдоль оси МГ с общей условной точкой истечения с дальнейшим рассеиванием в атмосфере.

Расчет условных вероятностей реализации сценариев аварий

- для сценариев из групп C_1, C_2 (с возгоранием газа)

$$P(C_{ij}|A) = P(B|A) \cdot P(C_i|AB) \cdot P(C_{ij}|ABC_i)$$

- для сценариев из групп C_3, C_4 (без возгорания газа)

$$P(C_{ij}|A) = P(\bar{B}|A) \cdot P(C_i|A\bar{B}) \cdot P(C_{ij}|A\bar{B}C_i)$$

где A - событие, состоящее в возникновении аварии (разрыва МГ);

B - событие, состоящее в возгорании истекающего газа сразу после разрыва МГ;

C_i - событие, состоящее в реализации хотя бы одного из сценариев группы C_i ;

C_{ij} - событие, состоящее в реализации конкретного j -го сценария группы C_i ;

$$P(B|A), P(\bar{B}|A)$$

- условные вероятности, соответственно, возгорания и отсутствия возгорания газа;

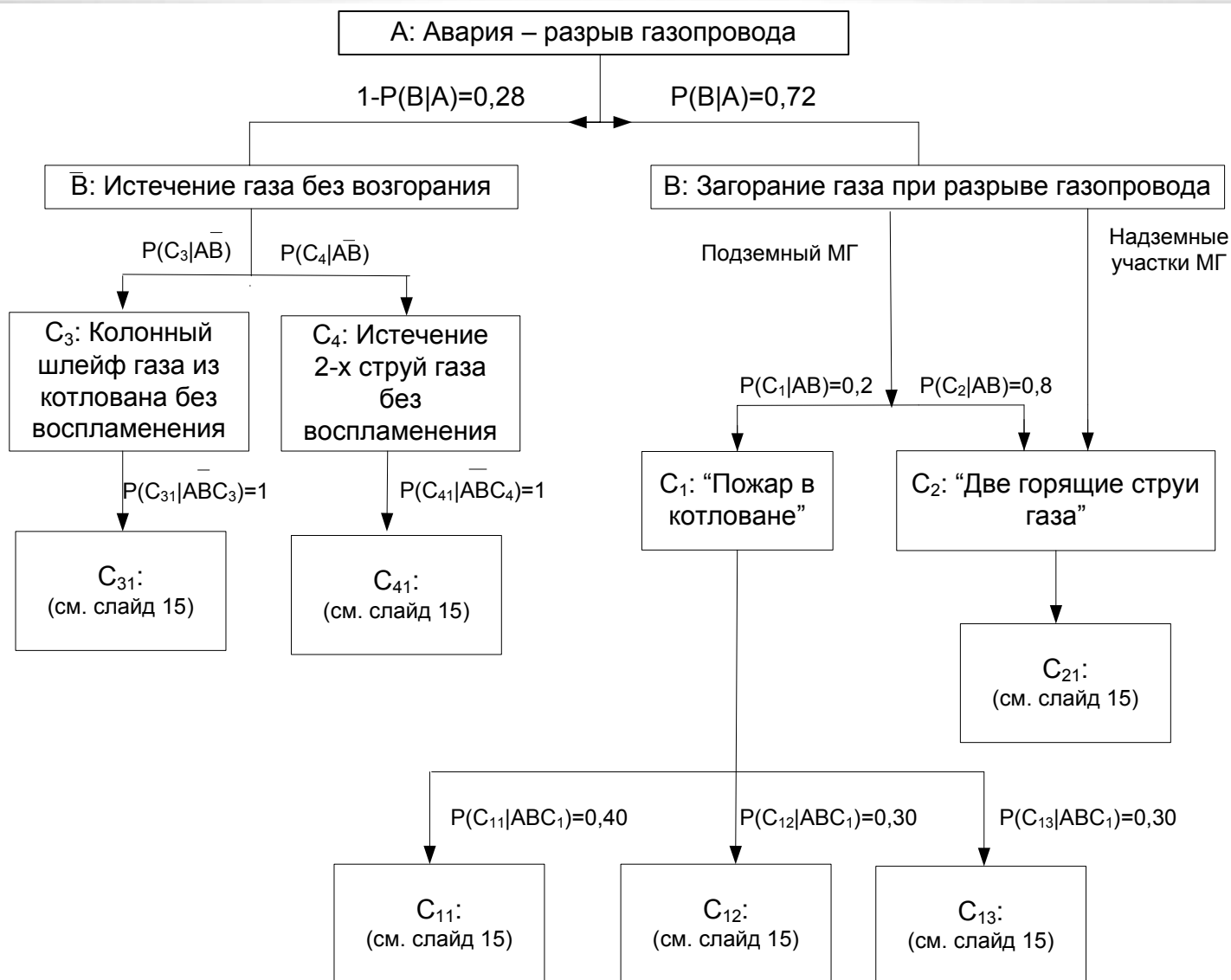
$$P(C_i|AB), P(C_i|A\bar{B})$$

- условные вероятности реализации хотя бы одного из сценариев группы C_i при условии, что произошло (не произошло) возгорание истекающего из разрыва МГ газа;

$$P(C_{ij}|ABC_i), P(C_{ij}|A\bar{B}C_i)$$

условные вероятности реализации конкретного сценария C_{ij} при условии реализации группы C_i при аварии с возгоранием и при аварии без возгорания, соответственно.

Упрощенное дерево событий применительно к аварии на ЛЧ МГ



Вероятностные характеристики аварий на МГ

D _y , мм	Условная вероятность $P(B A)$ загорания газа	Условная вероятность $P(\bar{B} A)$ незагорания газа	Условные вероятности реализации групп C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ сценариев аварий			
			C ₁ - «Пожар в котловане»	C ₂ - «Струевые пламена»	C ₃ - «Рассеивание низкоскоростного шлейфа газа»	C ₄ - «Рассеивание 2-х струй газа»
1400	0,72	0,28	0,2	0,8	0,2	0,8
1200	0,74	0,26	0,3	0,7	0,3	0,7
1000	0,6	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6
700	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
500	0,3	0,7	0,7	0,3	0,7	0,3
300 и менее	0,1	0,9	0,95	0,05	0,95	0,05

Учет влияния типа грунта на вероятность загорания газа и вероятности реализации групп сценариев С₁, С₂, С₃, С₄

Загорание газа $P'(B|A) = k_{заг} \cdot P(B|A)$, $k_{заг} = 1,3$ - для грунтов с каменистыми включениями;
 $k_{заг} = 1,2$ - для глин;
Незагорание газа $P'(\bar{B}|A) = 1 - k_{заг} \cdot P(B|A)$. $k_{заг} = 1,0$ - для суглинков;
 $k_{заг} = 0,7$ - для торфяников, песков, льдистых структур

С₁ Пожар в котловане $P'(C_2|AB) = 1 - k_{зп} \cdot P(C_1|AB)$,

С₂ Струевые пламена $P'(C_1|AB) = k_{зп} \cdot P(C_1|AB)$,

С₃ Рассеивание низкоскоростного шлейфа газа $P'(C_3|A\bar{B}) = k_{зп} \cdot P(C_3|A\bar{B})$,

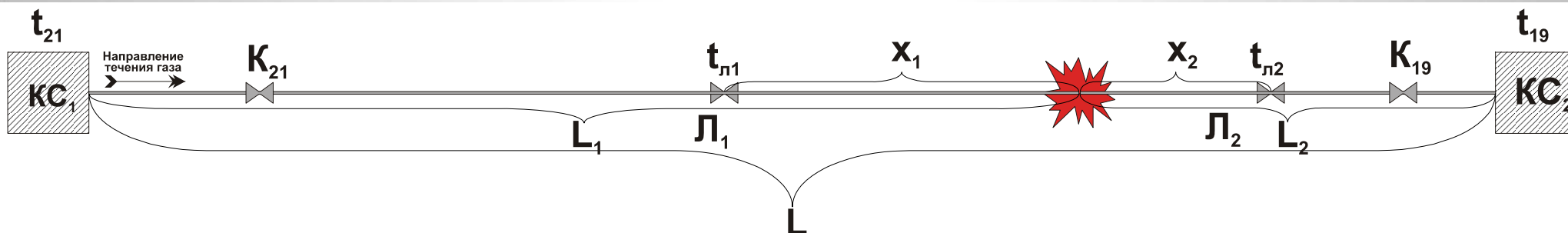
С₄ Рассеивание 2-х струй газа $P'(C_4|A\bar{B}) = 1 - k_{зп} \cdot P(C_3|A\bar{B})$.

где $k_{гр} = 1,3$ – для грунтов с высокой связностью (глины, скальные грунты);

$k_{гр} = 1,0$ – для грунтов со средней связностью (суглинки);

$k_{гр} = 0,7$ – для грунтов с низкой связностью (торфяники).

Расчет интенсивности, общих количеств и продолжительности выбросов газа при разрыве газопровода

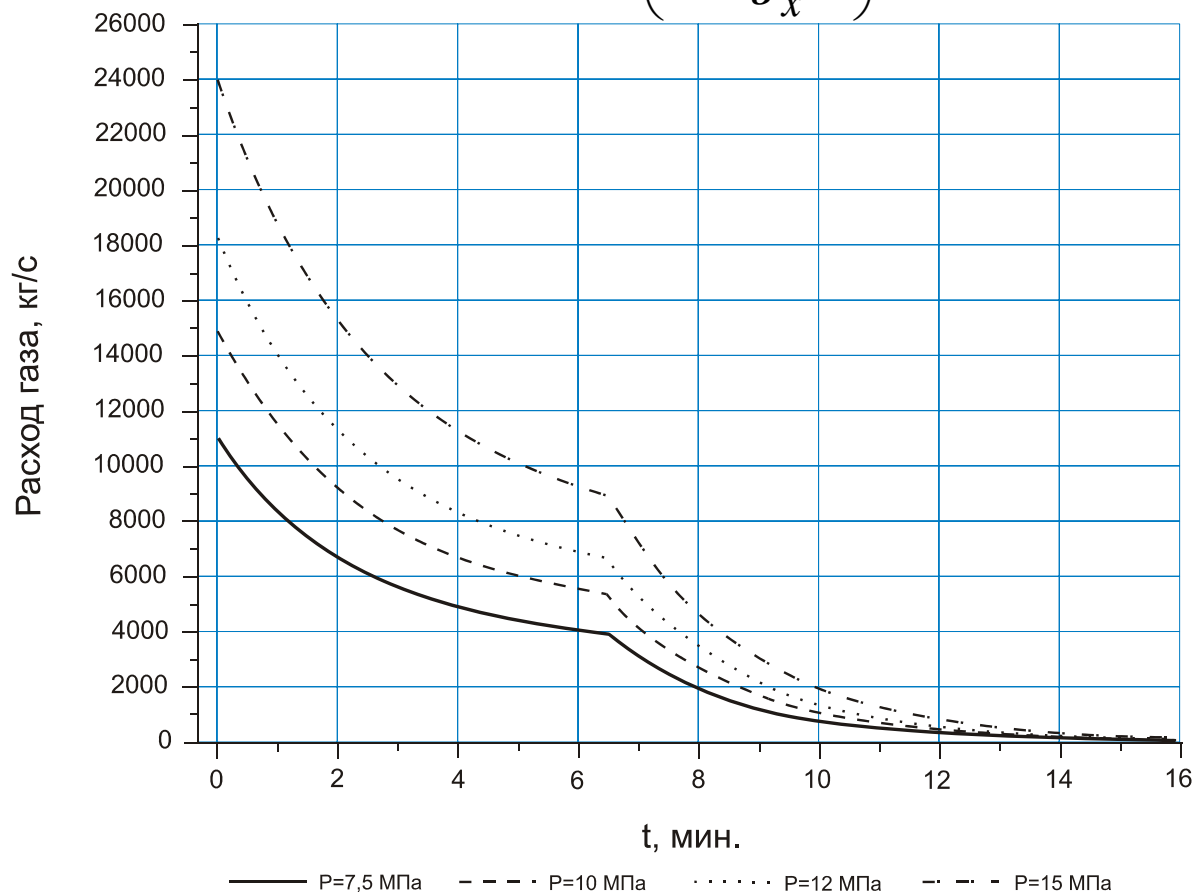


Исходные данные	$x_n^{(m)}$	Искомые параметры
(для каждой точки		(m=1,2...M) в пределах n-го ПОУ)
d_0 – внутренний диаметр трубы		$G_1(t), G_2(t)$ – интенсивности истечения из обоих концов разрушенного трубопровода;
Q – производительность МГ в нормальном режиме;		$G(t)$ – суммарный расход,
P_n, P_k – давления в начале и конце перегона до разрыва;		$M_{газ}$ – масса выброшенного газа;
L_1, L_2 – расстояние от места разрыва до КС ₁ и КС ₂ ;		$t_{ист}$ – продолжительность истечения
x_1 и x_2 – расстояния до ближайших линейн.кранов L_1 и L_2 ;		$M_{ав}$ – количество газа, участвующее в аварии на МГ;
λ – коэффициент гидравлического сопротивления,		$M_{пф-ввс}$ и $M_{пф-оск}$ – количества газа, участвующие в создании барического и осколочного поражающих факторов аварии с учетом длины разрыва МГ
P_I^{cp} (Па), T_1^{cp} (К) – ср. давление и температура газа на L_1 ;		
$t_{21}, t_{19}, t_{л1}, t_{л2}$ – время до закрытия кранов №21, №19, L_1 и L_2		

Расчет интенсивности истечения газа при разрыве одноточного газопровода

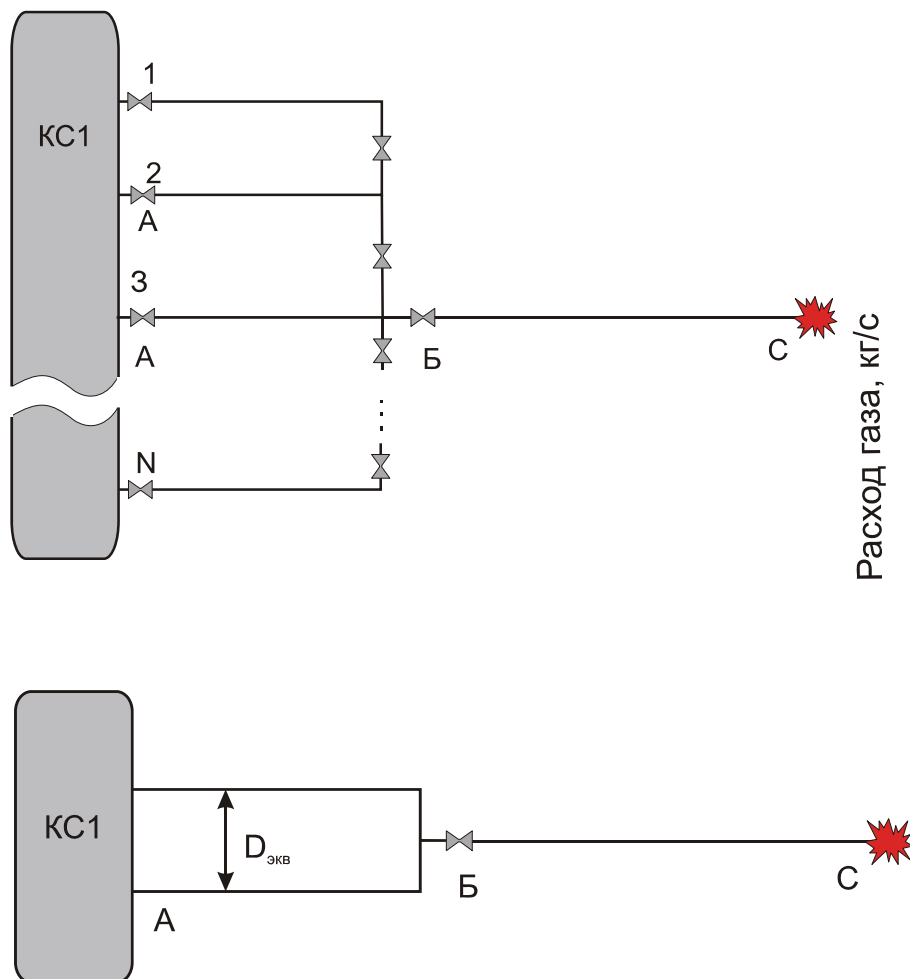
$$G_1(t \leq t_{Л}) = \frac{M_n}{\eta_L^2 \cdot \varepsilon_L} \cdot \exp\left(-\frac{t}{\eta_L^2 \cdot \varepsilon_L}\right) + \frac{(M_{Г} - M_n)}{\varepsilon_L} \cdot \exp\left(-\frac{t}{\varepsilon_L}\right)$$

$$G_2(t > t_{Л}) = G_1(t_{Л}) \cdot \exp\left(-\frac{t - t_{Л}}{\varepsilon_x}\right)$$

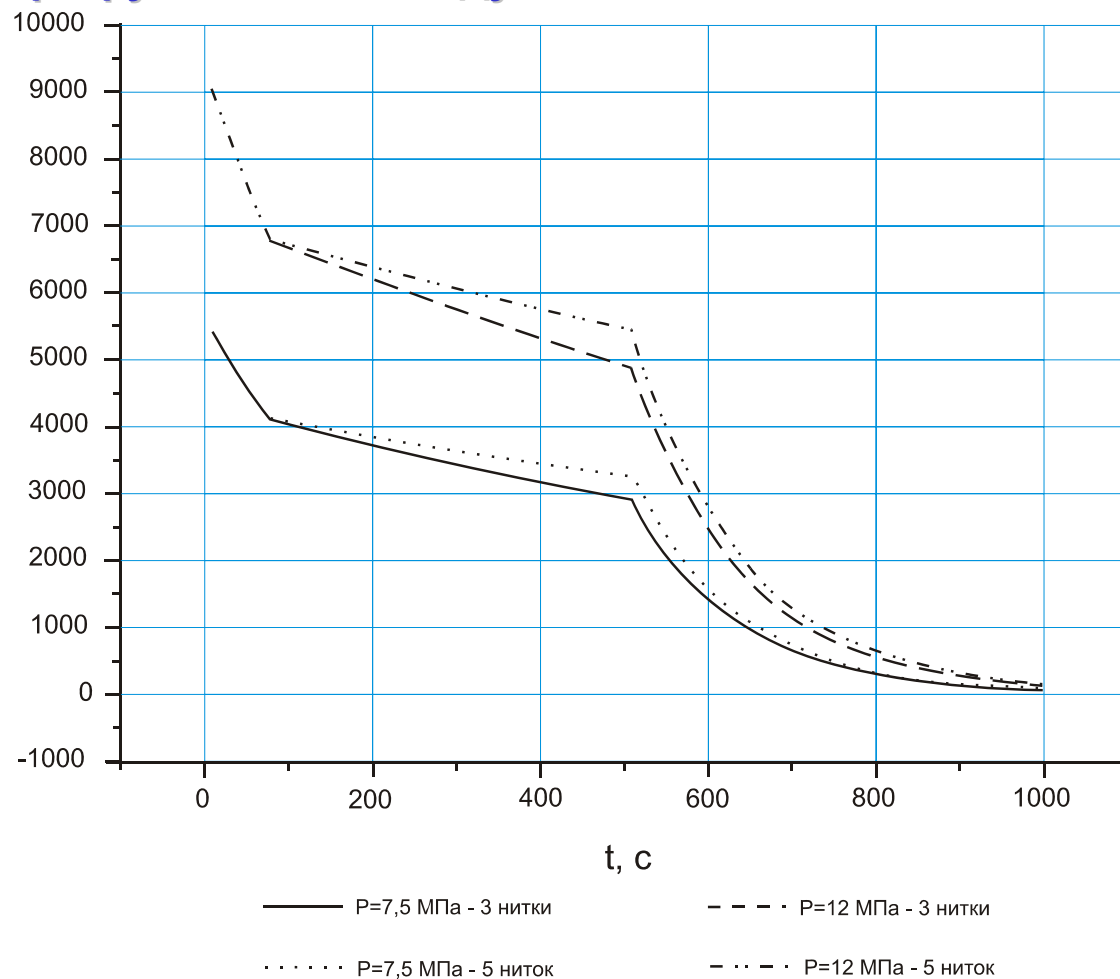


Динамика суммарного истечения газа из двух концов одноточного трубопровода (закрытие линейных кранов на расстоянии 10 км вверх и вниз по потоку газа от места аварии)

Расчет интенсивности истечения газа при разрыве многониточного газопровода



Динамика истечения газа из одного конца
разрушенной нитки Ду 1400 мм многониточного МГ

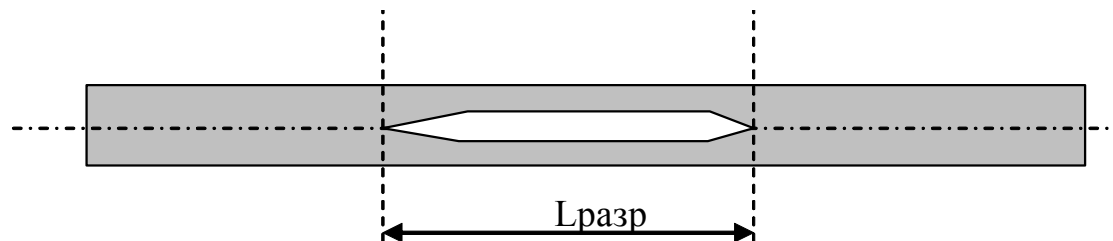


Расчет распространения поражающих факторов аварии на МГ

Для каждого расчетного сценария C_{ij} аварии определяется распределение в пространстве основных физических характеристик следующих поражающих факторов аварии на МГ:

- ❖ осколков разрушенного МГ;
- ❖ воздушной волны сжатия;
- ❖ загазованности;
- ❖ тепловой радиации от пожара - ПРЕВАЛИРУЮЩИЙ ФАКТОР !

При расчете пространственных распределений характеристик разлета осколков и воздушной волны сжатия необходимым элементом исходных данных является характерная протяженность (длина) разрыва газопровода.



Рекомендуемые для использования характерные значения длин разрывов ($L_{\text{разр}}$) для МГ разных диаметров (D_y)

D_y , мм	1400	1200	1000	800	700	500	400	300	200	150
$L_{\text{разр}}$, мм	50	70	54	25	39	16	13	10	6,6	5

Расчет зон разлета осколков



$$\frac{M_{\text{грунта}} \cdot V_0^2}{2} = \eta \cdot A_r \cdot M_r$$

Уравнения движения
воздухе оболочки трубы

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} = v \\ m_0 \frac{dv}{dt} = -\frac{1}{2} l_\phi^2 \cdot c_x \cdot \rho_\epsilon \cdot \sqrt{v^2 + w^2} - m_0 \cdot g \\ \frac{dx}{dt} = w \\ m_0 \frac{dw}{dt} = -\frac{1}{2} l_\phi^2 \cdot c_x \cdot \rho_\epsilon \cdot \sqrt{v^2 + w^2} \cdot w \end{cases}$$

Результаты расчета: массивы значений r_{max} - радиусы круговых зон разлета осколков трубы с массами $m_{\text{оск}}$ на поверхности земли в окрестностях каждой точки $x_n^{(m)}$ в пределах каждого n-го ПОУ.

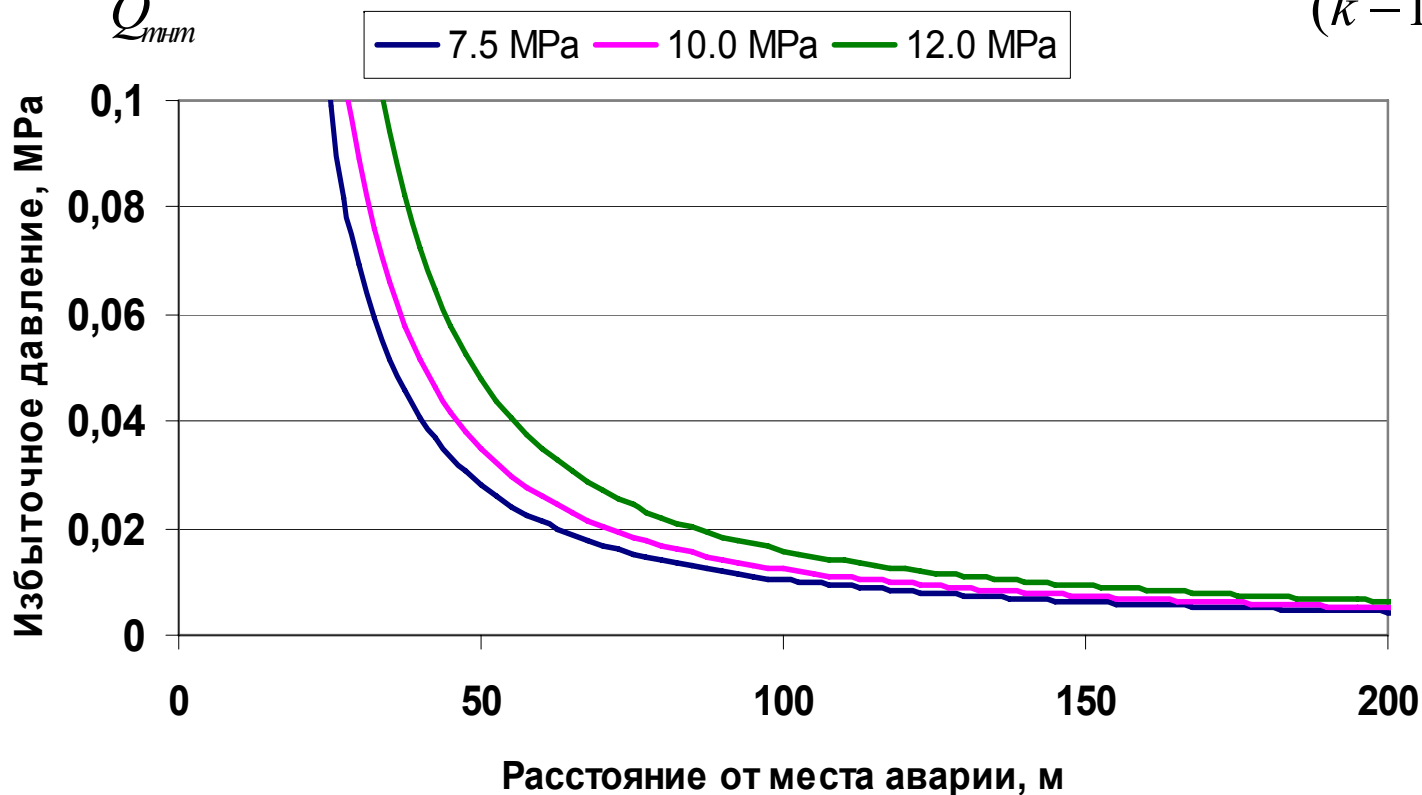
Расчет зон воздействия воздушной волны сжатия

$$\Delta P_{\phi p} = \frac{0,084}{\bar{R}} + \frac{0,27}{\bar{R}^2} + \frac{0,7}{\bar{R}^3}$$

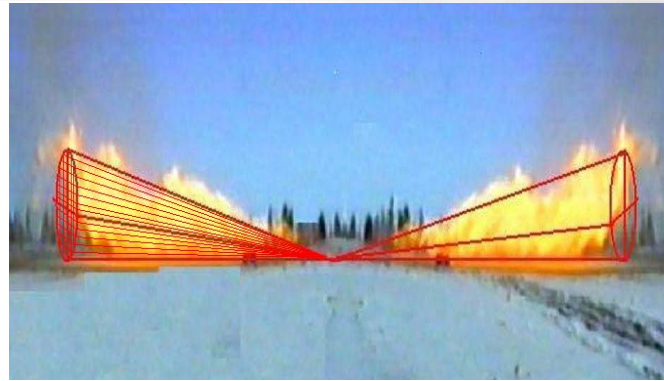
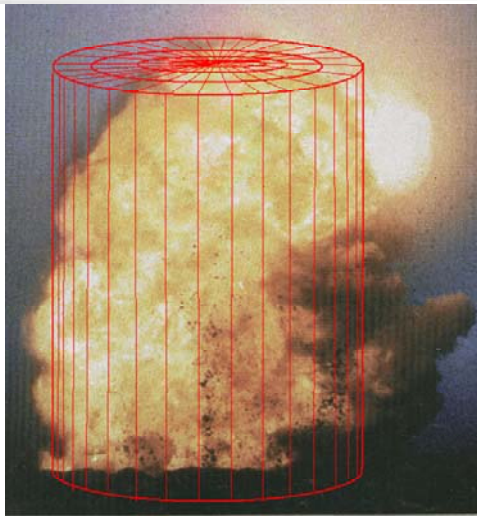
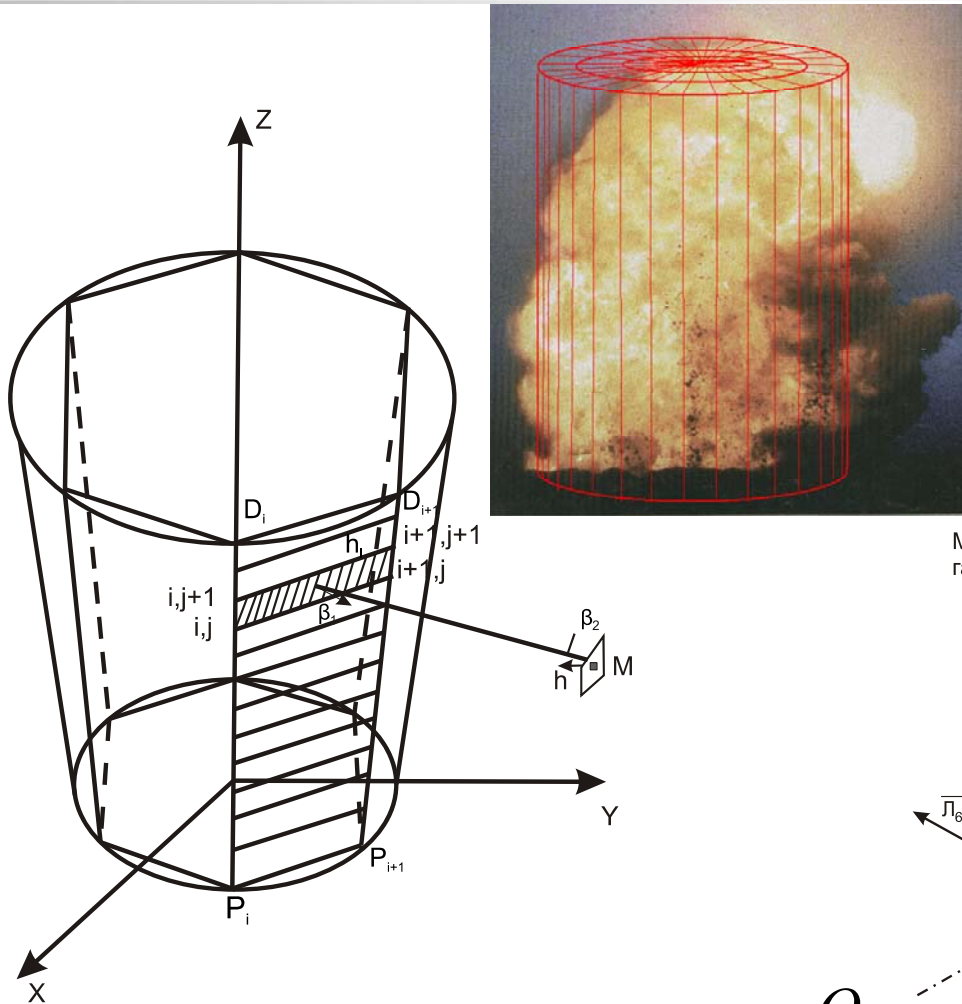
$$\bar{R} = \frac{R}{M_{THT}^{1/3}}$$

$$M_{THT} = 1,9 \cdot \eta \cdot \frac{E_r}{Q_{THT}}$$

$$E_{\tilde{a}} = \frac{\pi R_0^2 (P_0 - P_{\tilde{a}})}{(k-1)} L_{\tilde{a}}$$



Расчет зон теплового воздействия от пожара на газопроводе. Варианты геометрии пламени пожара

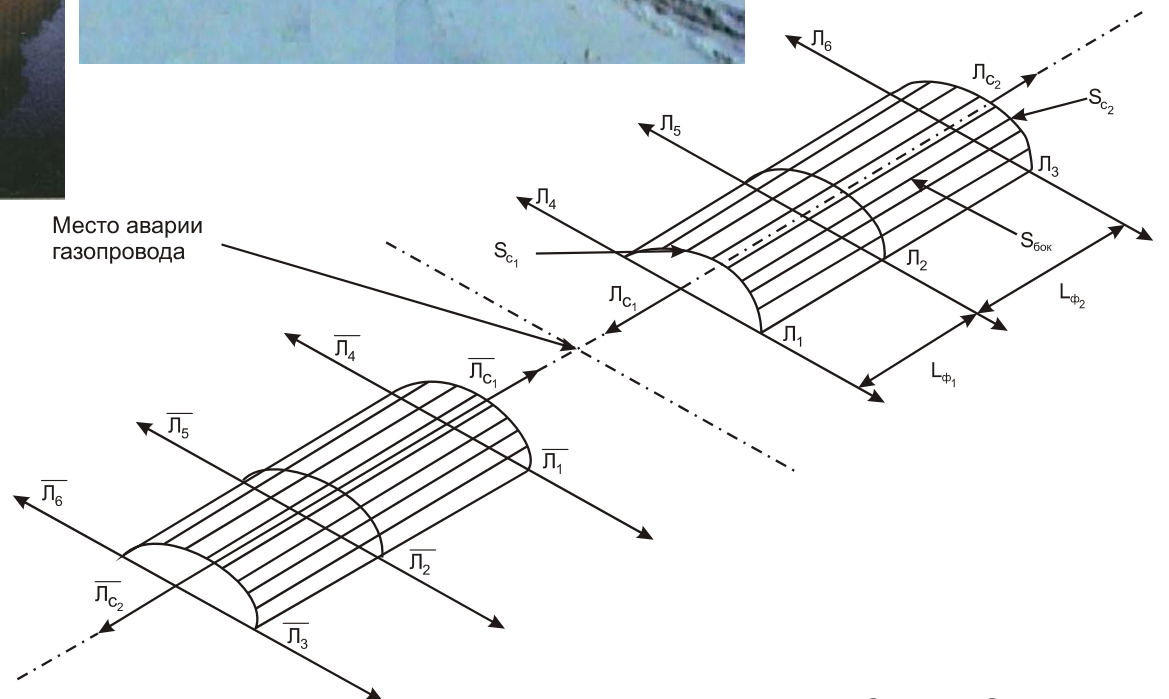


$$Q_{изл}(x, y) = E_f \cdot v \cdot \varphi(x, y)$$

$$E_f = \frac{Q_{изл}}{S_{\phi}}$$

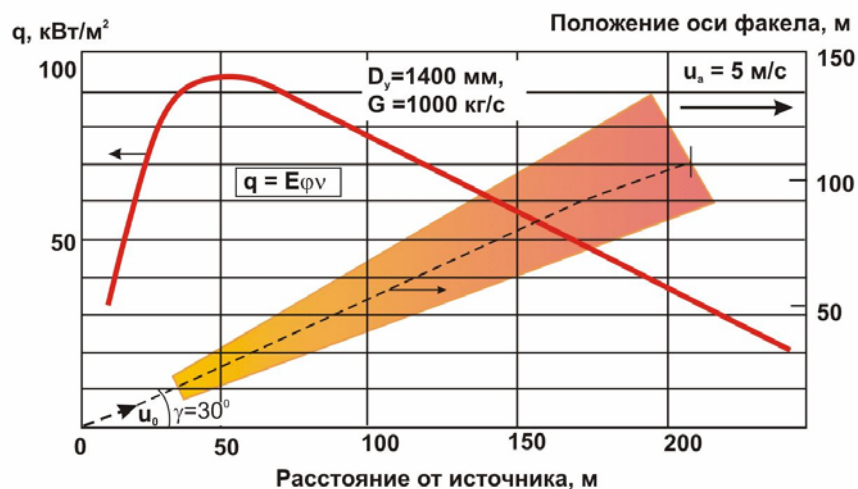
$$v = a - 0,12 \cdot \lg(r)$$

$$\varphi = \int_{F_1} \frac{\cos \beta_1 \cdot \cos \beta_2}{\pi \cdot r^2} \cdot dF_1$$

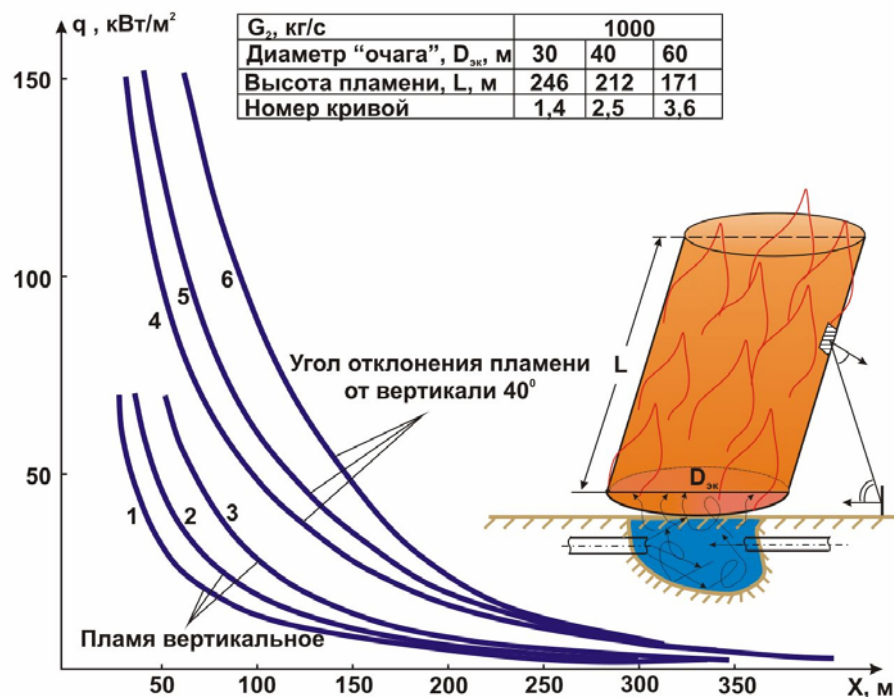


Расчет зон теплового воздействия от пожара на газопроводе

Тепловое воздействие наклонной горячей струи на поверхность грунта



Тепловое воздействие на поверхность грунта от пожара при разрыве газопровода с $D_y = 1200 \text{ мм}$, $P_{раб} = 7,5 \text{ Мпа}$



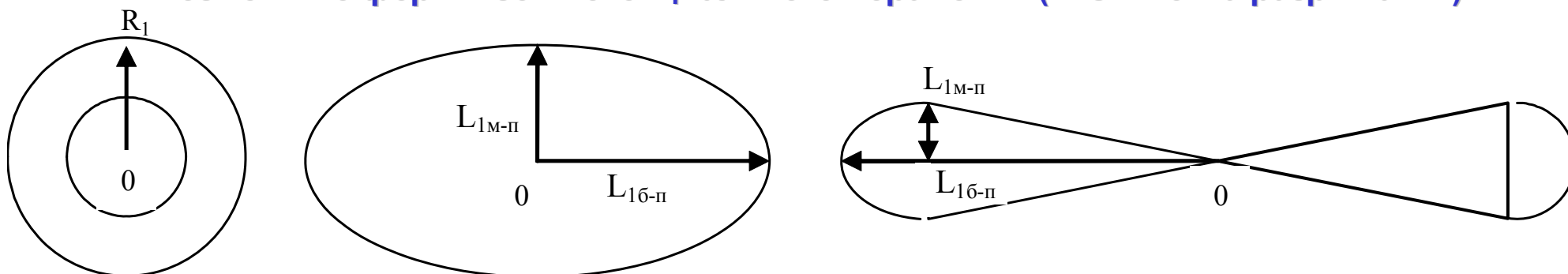
Расчет количества пострадавших от аварии на газопроводе (через зоны потенциального поражения (ЗПП) людей от поражающих факторов аварии)

ЗПП - это зона территориального (на уровне земли) распределения условных вероятностей поражения человека заданным поражающим фактором аварии, ограниченная изолинией условной вероятности гибели человека, равной 0,01 (1 процент).

Единый целевой уровень поражения человека (единый критерий поражения) от любых поражающих факторов аварии на МГ при расчетах ЗПП - это летальный исход (гибель человека).

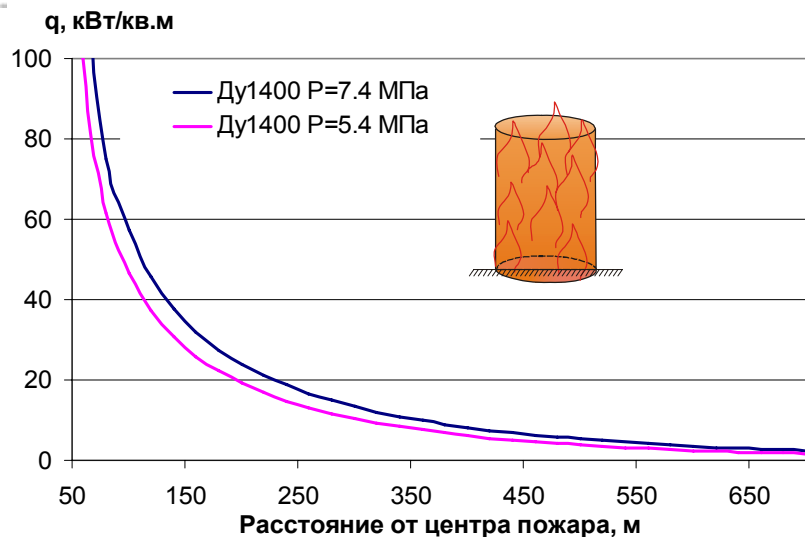
ЗПП представляется в виде распределений на поверхности земли вокруг точки разрыва МГ условных вероятностей поражения гипотетического человека со среднестатистическими возрастными и биологическими характеристиками, условно располагаемого в каждой точке расчетной сетки на открытой местности и удаляющегося из этой точки от места аварии со скоростью 2,5 м/с.

Возможные формы зон потенциального поражения (т. О – точка разрыва МГ)



Расчет количества пострадавших от аварии на газопроводе

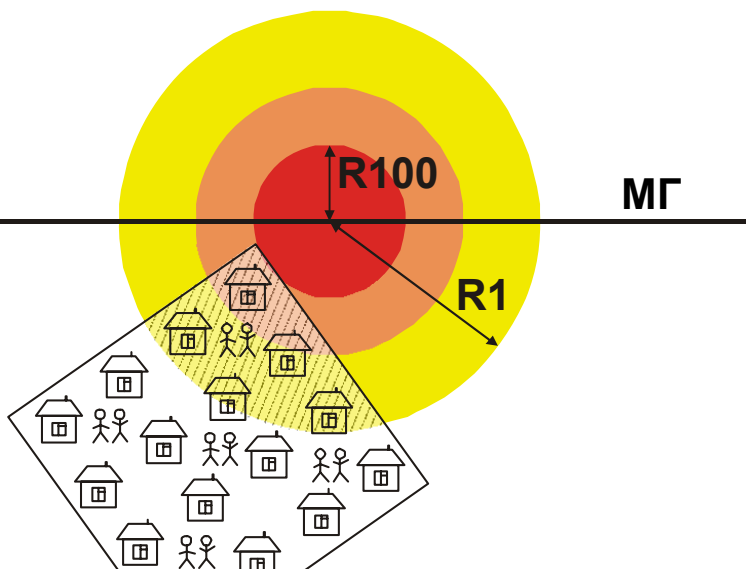
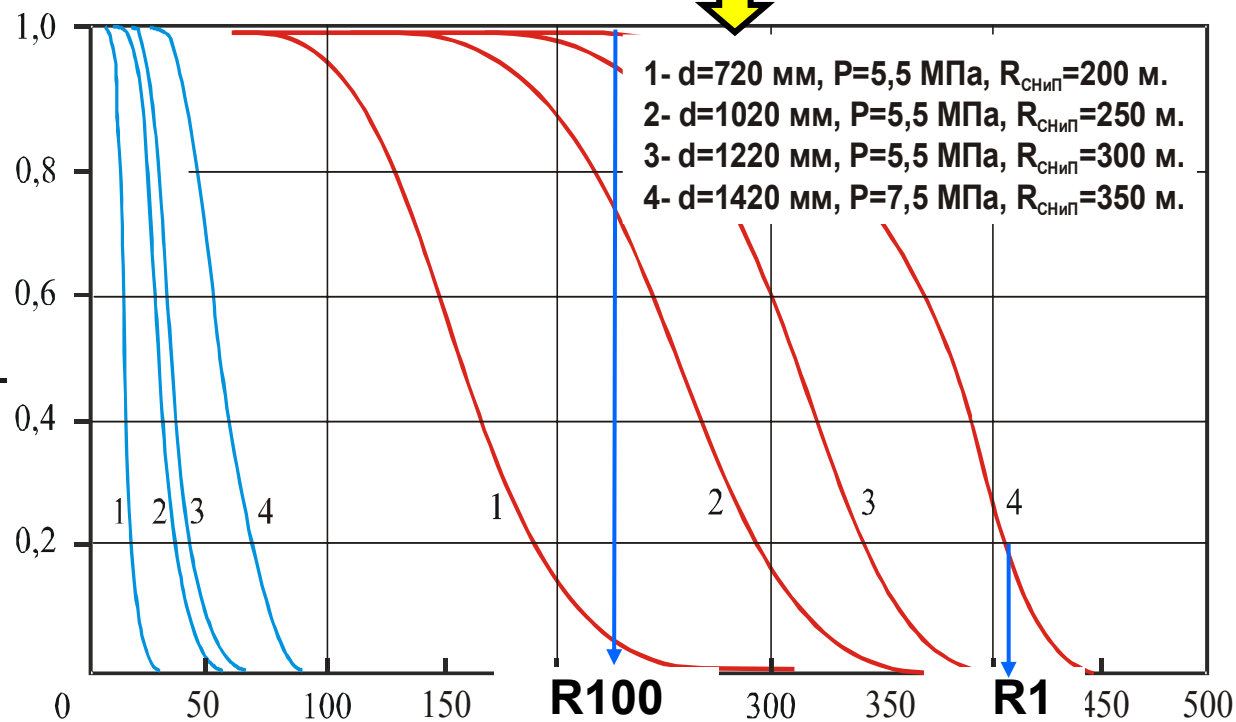
Расчет ЗПП



$$\bar{D} = \int_0^T q^{4/3}(t) dt$$

$$Pr = -37,23 + 2,56 \cdot \ln(\bar{D})$$

$$P_T = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr-5} \exp(-z^2 / 2) dz$$



Расчет количества пострадавших (продолжение)

$$N_{\text{постр}} = \int_{S_1} \mu_{\partial}(x, y) \cdot v_{\text{уяз}}(x, y) ds$$

$$N_2 = \int_{S_1} \mu_{\partial}(x, y) \cdot v_{\text{уяз}}(x, y) \cdot P_{\text{гиб}}(x, y) ds$$

$$N_p = N_{\text{постр}} - N_{\text{гиб}}$$

$\mu_{\partial}(x, y)$ - территориальное распределение людей в дневное время в пределах ЗПП;

$v_{\text{уяз}}(x, y)$ - коэффициент уязвимости человека (от 0 - человек неуязвим до 1 (человек не защищен)).

Расчет количества пострадавших в населенных пунктах

Общее число пострадавших

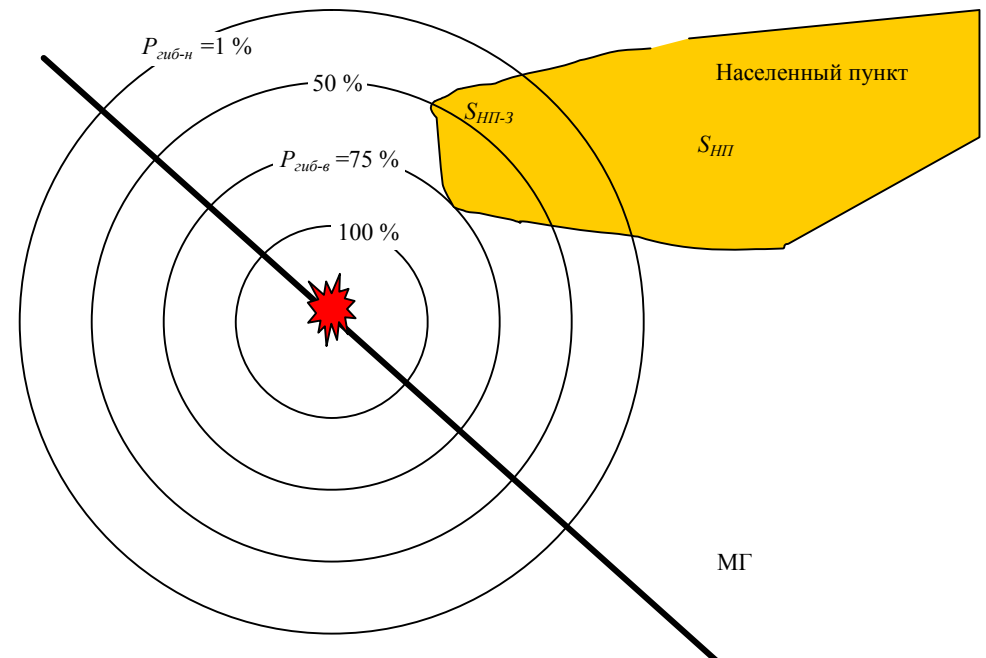
$$N_{\text{нп-постр}} = N_{\text{нп}} \cdot (S_{\text{нп-з}} / S_{\text{нп}}),$$

Число погибших

$$N_{\text{нп-г}} = N_{\text{нп-постр}} \cdot 0,5(P_{\text{гиб-н}} + P_{\text{гиб-в}}),$$

Число раненых (травмированных)

$$N_{\text{нп-р}} = N_{\text{нп-постр}} - N_{\text{нп-г}}$$



Расчет количества пострадавших (продолжение)

Расчет количества пострадавших на сельхозугодьях

Общее число пострадавших сельхозработников

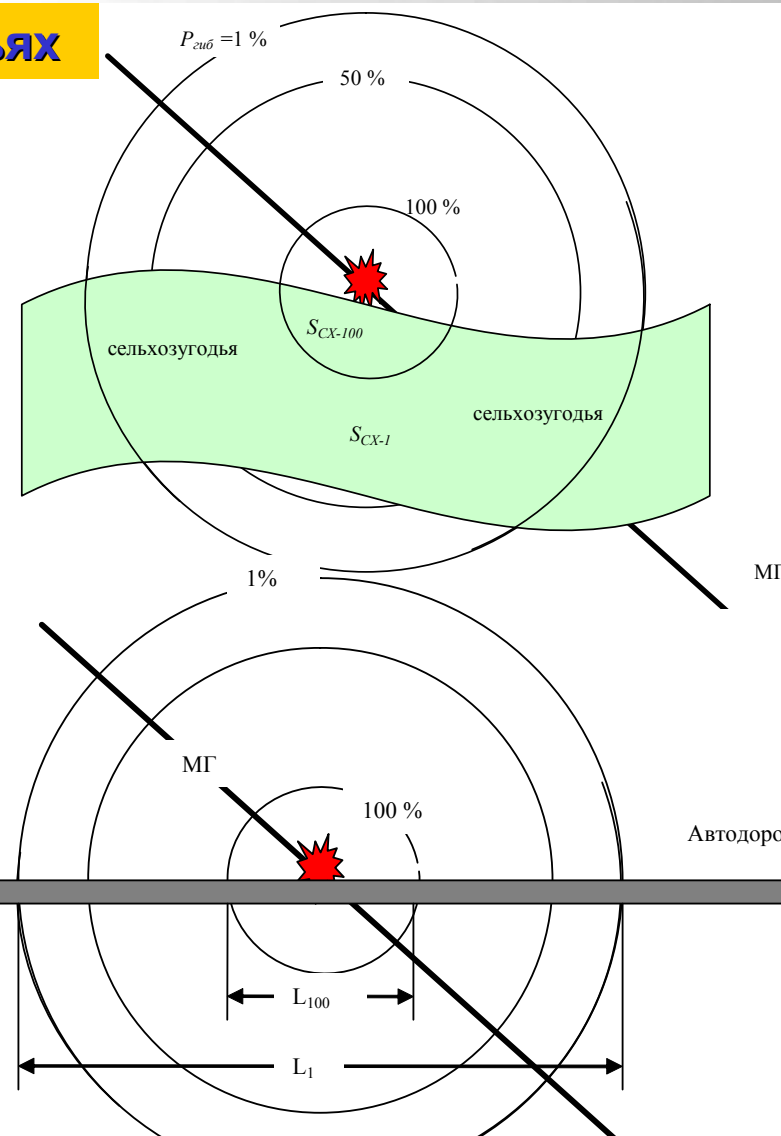
$$N_{\text{сх-пстр}} = d_{\text{сх}} S_{\text{сх-1}}$$

Число погибших сельхозработников

$$N_{\text{сх-г}} = d_{\text{сх}} S_{\text{сх-100}} + d_{\text{сх}} (S_{\text{сх-1}} - S_{\text{сх-100}}) 0,5$$

Число раненых сельхозработников

$$N_{\text{сх-р}} = N_{\text{сх-пстр}} - N_{\text{сх-г}}$$



Расчет количества пострадавших на переходах МГ через автодороги

Общее число пострадавших водителей и пассажиров

$$N_{\text{ад-пстр}} = 3 \cdot L_1 \cdot \omega_{\text{тр}} / v_{\text{тр}}$$

Число погибших водителей и пассажиров

$$N_{\text{ад-г}} = 1,5 (L_{100} + L_1) \omega_{\text{тр}} / v_{\text{тр}}$$

Число раненых водителей и пассажиров

$$N_{\text{ад-р}} = N_{\text{ад-пстр}} - N_{\text{ад-г}}$$

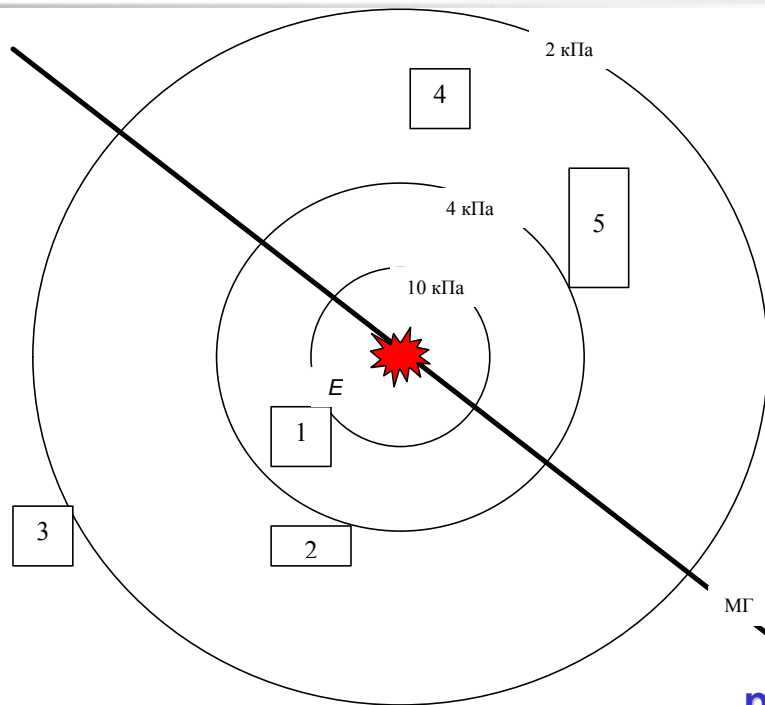
Расчет количеств поврежденного имущества и компонентов природной среды от аварии на газопроводе. Критерии поражающего воздействия и принятые степени поражения

Поражаемые объекты	Поражающий фактор	Тип критерия поражающего воздействия	Значения критериев	Шкала степеней повреждения	$k_{повр}$
Здания и сооружения типа зданий, транспортные средства, автодороги (наличие пожарной нагрузки)	Разлет осколков	Характеристический критерий – соотношение масс осколка и объекта	См. И.2.2 (Приложение И)	Слабое повреждение	0,1
	Воздушная волна сжатия(ВВС)	Характеристический критерий - избыточное давление на фронте ВВС	См. И.2.1 (Приложение И)	Среднее повреждение	0,4
	Тепловая радиация	Характеристический критерий – критический тепловой поток	См. И.2.3 (Приложение И)	Сильное повреждение	0,7
Наружные установки, металлические конструкции, железные дороги (отсутствие пожарной нагрузки)	Разлет осколков	Характеристический критерий – соотношение масс осколка и объекта	См. И.3.2 (Приложение И)	Полное разрушение	1,0
	Воздушная волна сжатия(ВВС)	Характеристический критерий - избыточное давление на фронте ВВС	См. И.3.1 (Приложение И)	Слабое повреждение	0,1
	Тепловая радиация	Дозовый критерий – тепловая доза	См. И.3.3 (Приложение И)	Среднее повреждение	0,4
				Сильное повреждение	0,7
				Полное разрушение	1,0
				$k_{повр} = f(D)$	

Расчет количеств поврежденного имущества и компонентов природной среды от аварии на газопроводе. Критерии поражающего воздействия и принятые степени поражения

Поражаемые объекты	Поражающий фактор	Тип критерия поражающего воздействия	Значения критериев	Шкала степеней повреждения	$k_{повр}$
Лесные угодья	Тепловая радиация	Характеристический критерий - критический тепловой поток	7 кВт/м ²	Полное выгорание или повреждение деревьев до степени прекращения роста	1,0
Сельхозкультуры	Тепловая радиация	Характеристический критерий - критический тепловой поток	5 кВт/м ²	Полное уничтожение (необратимая деградация)	1,0
Почвы	Тепловая радиация	Характеристический критерий - критический тепловой поток	35 кВт/м ²	Полное уничтожение (необратимая деградация)	1,0

Оценка степени повреждения и количества поврежденных зданий воздушной волной сжатия



$$\Delta P_{\phi-n}^{(k)} \leq \Delta P_{\phi-об} < \Delta P_{\phi-в}^{(k)}$$

Пороговые значения ΔP_{ϕ} (Па), соответствующие различным степеням повреждения зданий, сооружений

Наименование здания/сооружения	ΔP_{ϕ} для степеней повреждения, Па			
	$k_{повр-зд} = 0,1$	$k_{повр-зд} = 0,4$	$k_{повр-зд} = 0,7$	$k_{повр-зд} = 1$
Промышленные здания с тяжелым металлическим или железобетонным каркасом	$2 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^4$	$> 5 \cdot 10^4$
Промышленные здания с легким каркасом и бескаркасной конструкции	$10^4 - 2 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4 - 3,5 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^4 - 4,5 \cdot 10^4$	$> 5 \cdot 10^4$

Оценка степени повреждения и количества поврежденного оборудования тепловой радиацией

Критерий поражающего воздействия - значение поглощенной дозы тепловой радиации

$$D_{\text{обор}} = q_{\text{об}} \cdot t,$$

Зависимость степени повреждения оборудования $k_{\text{повр-об}}$ от дозы поглощенной тепловой радиации $D_{\text{обор}}$

$$k_{\text{повр-об}} = \begin{cases} 0 & \text{при } q_{\text{об}} < 12 \text{ кВт/м}^2, \\ 0,1 & \text{при } D_{\text{обор}} \leq D_{\text{пор}}, \\ 0,1 + 0,9 \cdot \frac{D_{\text{обор}} - D_{\text{пор}}}{D_{\text{гиб}} - D_{\text{пор}}} & \text{при } D_{\text{пор}} < D_{\text{обор}} < D_{\text{гиб}}, \\ 1 & \text{при } D_{\text{обор}} \geq D_{\text{гиб}}, \end{cases}$$

где

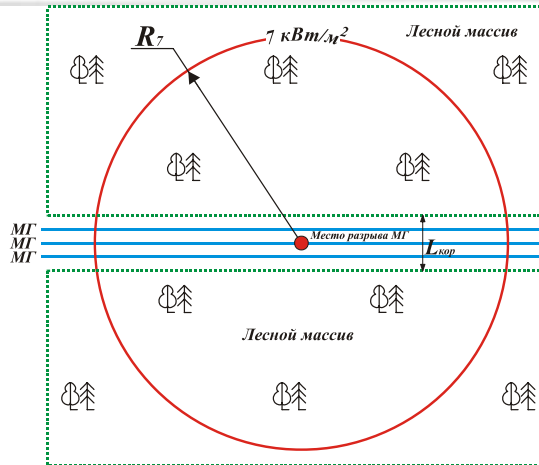
$D_{\text{пор}}$ – пороговое значение дозы (кДж/м²), ниже которого оборудование получает слабые повреждения ($k_{\text{повр-об}} = 0,1$);

$D_{\text{гиб}}$ - значение дозы, выше которого оборудование считается полностью разрушенным.

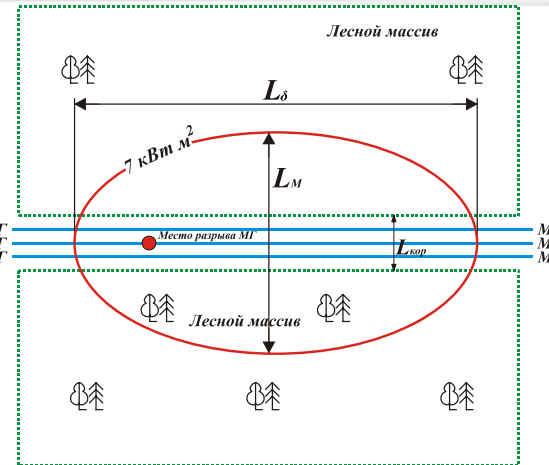
Значения $D_{\text{пор}}$ и $D_{\text{гиб}}$ для оборудования разных классов чувствительности к воздействию $q_{\text{об}}$

Класс чувствительности	Тип оборудования	$D_{\text{пор}}$, кДж/м ²	$D_{\text{гиб}}$, кДж/м ²
I (высоко-чувствительное)	ГПА без укрытия, ТДА, открытые блоки подготовки топливного, пускового и импульсного газов, оборудование ПЭБ, ГЩУ и другое расположенное вне укрытия сложное вспомогательное оборудование	5000	10000
II (средней чувствительности)	ГПА в блок-контейнерах и индивидуальных укрытиях, АВО, сепараторы, пылеуловители, БПТГ в укрытиях, незащищенные крановые узлы, шкафы ЭХЗ, КПТМ, опоры ЛЭП и др.	10000	20000
III (слабо-чувствительное)	Надземные трубопроводы, крановые узлы в защитном укрытии.	30000	40000

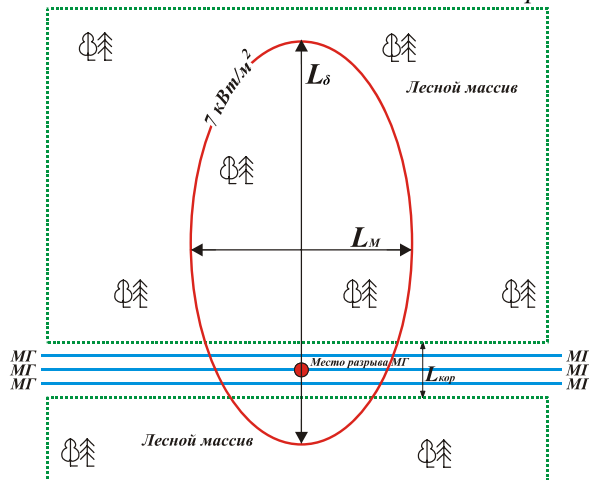
Расчет уничтоженных лесных угодий



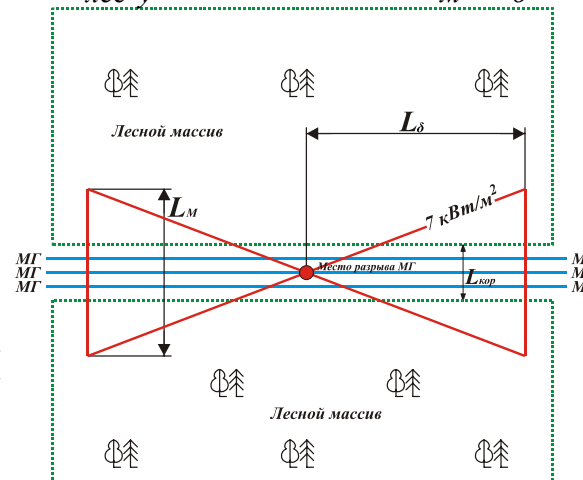
$$S_{лес-у} = 0,0001 \cdot (\pi \cdot R_7^2 - 2 \cdot R_7 \cdot L_{кор})$$



$$S_{лес-у} = 0,0001 \cdot (\pi \cdot L_м \cdot L_б - 2 \cdot L_б \cdot L_{кор})$$



$$S_{лес-у} = 0,0001 \cdot (\pi \cdot L_м \cdot L_б - \frac{L_б^2}{L_м} \cdot L_{кор})$$



$$S_{лес-у} = 0,0001 \cdot (L_м \cdot L_б - 2 \cdot L_б \cdot L_{кор} + \frac{L_б \cdot L_{кор}^2}{L_м})$$

Расчет ущерба от аварии на магистральном газопроводе



Расчет ущерба от аварии на магистральном газопроводе

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБ

$$Y_{с-э} = Y_{г.п} + Y_{т.п} + Y_{г.д.л} + Y_{т.д.л},$$

где $Y_{г.п}$, $Y_{т.п}$ – затраты на компенсацию и проведение мероприятий вследствие гибели и травмирования персонала ГТО, руб.;

$Y_{г.д.л}$, $Y_{т.д.л}$ – затраты на компенсацию и проведение мероприятий вследствие соответственно гибели и травмирования других лиц, руб.

$$Y_{г.п} = (S_{п.к} + S_{пог}) \cdot N_{перс.г} + S_{комп},$$

где $S_{п.к}$ – средний размер пособия в случае смерти кормильца, руб.;

$S_{пог}$ – средний размер пособия на погребение одного погибшего, руб.;

$S_{комп}$ – компенсационные выплаты родственникам погибших исходя из стоимости среднестатистической жизни человека, руб.;

$N_{перс.г}$ – число погибших среди персонала при реализации рассматриваемого сценария аварии, чел.

$$S_{комп} = N_{перс.г} \cdot S_{ж},$$

где $S_{ж}$ – стоимость среднестатистической жизни человека для современных условий Российской Федерации, руб.;

$S_{ж}$ следует принимать в диапазоне 1,5÷15 млн. руб., который рекомендован к использованию в Декларации Российского научного общества анализа риска «Об экономической оценке жизни среднестатистического человека». Для уточнения $S_{ж}$ рекомендуется формула

$$S_{ж} = D_{срд} / E,$$

где E – норма дисконтирования в ОАО «Газпром»;

$D_{срд}$ – среднедушевой годовой доход человека, который для персонала ГТО ОАО «Газпром» принимается равным среднедушевому годовому доходу работников дочерних обществ и организаций ОАО «Газпром» за последний год, руб./ (год·чел).

Расчет ущерба от аварии на магистральном газопроводе

ПРЯМОЙ УЩЕРБ ПРОИЗВОДСТВУ НА ОПО

$$Упр = У_{о.ф.у} + У_{о.ф.п} + У_{т-м.ц},$$

где $У_{о.ф.у}$, $У_{о.ф.п}$ – потери эксплуатирующей организации в результате соответственно уничтожения и повреждения¹ своих основных фондов (ОФ), руб.;

$У_{т-м.ц}$ – потери организации в результате уничтожения и повреждения товарно-материальных ценностей (ТМЦ): продукции, сырья и т.п., руб.

Потери эксплуатирующей организации в результате повреждения основных фондов

$$У_{о.ф.п} = \sum_{i=1}^{I_{об-п}} k_{повр-об}^{(i)} \cdot S_{об}^{(i)} \cdot N_{об-п}^{(i)} + \sum_{i=1}^{I_{зд-п}} k_{повр-зд}^{(i)} \cdot S_{зд}^{(i)}$$

где $I_{об-п}$ – число видов поврежденного технологического оборудования или наружных установок;

$k_{повр-об}^{(i)}$ – доля стоимости восстановления оборудования (т.е. стоимости нового аналогичного оборудования) i -го вида, идущая на его ремонт (соответствует степени повреждения);

$S_{об}^{(i)}$ – стоимость единицы оборудования i -го вида, руб.;

$N_{об-п}^{(i)}$ – количество поврежденных единиц оборудования или наружных установок i -го вида;

$k_{повр-зд}^{(i)}$ – доля стоимости строительства нового аналогичного здания i -го вида, идущая на его ремонт (соответствует степени повреждения);

$S_{зд}^{(i)}$ – стоимость строительства нового аналогичного здания i -го вида, руб.

Расчет ущерба от аварии на магистральном газопроводе

Математическое ожидание ущерба от аварии в m -ой точке трассы (с линейной координатой $x_n^{(m)}$) n -го ПОУ с учетом всех расчетных сценариев C_{ij} аварии в этой точке, образующих полную группу событий

$$Y_a^{(m)} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J Y_a^{(ij)} \cdot P(C_{ij})$$

где $Y_a^{(ij)}$ - полный ущерб при реализации сценария C_{ij} в m -ой точке трассы n -го ПОУ;

$P(C_{ij})$ - условная вероятность реализации сценария C_{ij} .

Среднее значение ущерба в пределах n -го ПОУ

$$Y_{ПОУ}^{(n)} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M Y_a^{(m)}$$

где $Y_a^{(m)}$ - математическое ожидание ущерба от аварии в m -ой точке n -го ПОУ;

M - общее число точек пределах n -го ПОУ, в которых моделируется авария МГ и рассчитывается ущерб от аварии.

Среднее значение ущерба для выделенных N ПОУ в пределах рассматриваемого (k -го) МГ

$$Y_{МГ}^{(k)} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N Y_{ПОУ}^{(n)}$$

где $Y_{ПОУ}^{(n)}$ - среднее по n -му ПОУ значение ущерба.

Расчет ожидаемого годового ущерба с учетом частот возникновения аварий на МГ

Ожидаемый от возможных аварий на n-ом ПОУ k-го МГ полный годовой ущерб (руб/год):

$$y_{\text{ПОУ}}^{(n)} = 0,001 \cdot Y_{\text{ПОУ}}^{(n)} \cdot \lambda_n \cdot L_n$$

где $y_{\text{ПОУ}}^{(n)}$ - среднее значение полного ущерба от одной аварии на n-ом ПОУ k-го МГ, руб ;

λ_n - ожидаемая удельная частота аварий на n-ом ПОУ k-го МГ, аварий/(1000 км в год);

L_n - длина n-го ПОУ k-го МГ, км.

Ожидаемый от возможных аварий на k-ом МГ s-го ЛПУМГ полный годовой ущерб

$$y_{\text{МГ}}^{(k)} = \sum_{n=1}^N y_{\text{ПОУ}}^{(n)}$$

где $y_{\text{ПОУ}}^{(n)}$ - ожидаемый полный годовой ущерб и его составляющие от возможных аварий на n-ом ПОУ k-го МГ, руб/год;

N - общее количество ПОУ в пределах k-го МГ, шт.

Расчет индивидуального риска от аварий на газопроводах

$$R_{ind}(x, y) = R_{pot}(x, y) \cdot v_{уяз}(x, y) \cdot \overline{\tau_{преб}}(x, y)$$

где $v_{уяз}(x, y)$ - коэффициент уязвимости человека, зависящий от защитных свойств помещения или СИЗ в точке E(x,y);

$\overline{\tau_{преб}}(x, y)$ - доля времени пребывания человека в точке E(x,y), рассчитываемая как

$$\overline{\tau_{преб}}(x, y) = \frac{\tau_{преб}(x, y)}{8760}$$

где $\tau_{преб}(x, y)$ - среднее время пребывания человека в течение года в точке E(x,y), час.

Средний индивидуальный риск для территорий компактного размещения групп людей:

$$R_{ind}^{(cp)} = \frac{\sum_{n=1}^N R_{ind}(x_n, y_n)}{N}$$

Средний индивидуальный риск для «регулярных» водителей и пассажиров на переходах МГ через а/д и ж/д:

$$R_{ind}^{(cp-пер)} = \frac{R_{pot}^{(кр1)} + 2 \cdot R_{pot}^{(МГ)} + R_{pot}^{(кр2)}}{4} \cdot \frac{H_{p.o.}}{8760 \cdot v_{mp}} \cdot n_{пер} \cdot n_{сут} \cdot v_{уяз}$$

где $R_{pot}^{(кр1)}$, $R_{pot}^{(кр2)}$ - значения пот. риска в точках пересечения оси дороги с внешней границей расчетной области по одну и другую сторону от коридора МГ соответственно, 1/год; $R_{pot}^{(МГ)}$ - значение пот. риска в точке пересечения оси дороги и продольной оси симметрии коридора МГ, 1/год; v_{mp} - скорость транспортного средства, км/час, $n_{пер}$ - среднее количество пересечений коридора МГ в сутки; $n_{сут}$ - среднее количество суток регулярного пересечения МГ в год.

Расчет коллективного риска от аварий на газопроводах

Коллективный риск для группы людей, размещенной на ограниченной территории площадью S (км²), в дневное и ночное время

$$R_{col}^{(\partial)} = \bar{\tau}_{преб}^{(\partial)} \cdot v_{уяз} \cdot \int_S R_{pot}(x, y) \cdot \mu_{\partial}(x, y) ds$$

$$R_{col}^{(H)} = \bar{\tau}_{преб}^{(H)} \cdot v_{уяз} \cdot \int_S R_{pot}(x, y) \cdot \mu_H(x, y) ds$$

Коллективный риск в месте перехода МГ через автодорогу:

$$R_{col}^{(пер-ад)} = 0,75 \cdot (R_{pot}^{(кр1)} + 2 \cdot R_{pot}^{(МГ)} + R_{pot}^{(кр2)}) \cdot \frac{\omega_{mp} \cdot H_{p.o.}}{v_{mp}}$$

где ω_{mp} - средняя интенсивность движения автотранспортных средств по автодороге данной категории, шт./час;

v_{mp} - средняя скорость транспортных средств (выбирается в соответствии с категорией автодороги, км/час;

Коллективный риск для пассажиров поездов в месте перехода МГ через железную дорогу

$$R_{col}^{(пер-жд)} = \frac{(R_{pot}^{(кр1)} + 2 \cdot R_{pot}^{(МГ)} + R_{pot}^{(кр2)})}{4} \cdot \frac{\omega_{mp} \cdot N_{ваг} \cdot n_{ваг} \cdot H_{p.o.}}{v_{mp}} \cdot v_{уяз}$$

где ω_{mp} - средняя интенсивность движения поездов по рассматриваемому участку железной дороги, шт./час;

v_{mp} - средняя скорость среднестатистического поезда, принимается равной 80 км/час;

$n_{ваг}$ - среднее количество вагонов одного среднестатистического поезда, принимается равным 15 шт.;

$v_{уяз} = 0,5$ – коэффициент уязвимости реципиентов, обусловленный защитными свойствами вагона поезда.

Расчет социального риска от аварий на газопроводах

Расчет частоты F для каждого заданного значения количества погибших N выполняется путем суммирования частот $f_{ijm}^{(N_{ijm})}$ возникновения событий $C^{(N_{ijm})}$, при которых могут погибнуть N_{ijm} человек и каждое из которых есть конъюнкция 2-х событий: реализации сценария C_{ij} аварии в одной из точек $x_n^{(m)}$ n -го ПОУ и пребывания людей в ЗПП от превалирующего поражающего фактора соответствующего сценария :

$$F(N) = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J(i)} \left[f_{(\partial)ijm}^{(N_{ijm})} \cdot z(N_{ijm} \geq N) + f_{(H)ijm}^{(N_{ijm})} \cdot z(N_{ijm} \geq N) \right]$$

где N_{ijm} - ожидаемое количество погибших при реализации события $C^{(N_{ijm})}$

z - функция «единица-ноль», принимающая значение 1 при $N_{ijm} \geq N$ и 0 при $N_{ijm} < N$;

$f_{(\partial)-ijm}^{(N_{ijm})}$, $f_{(H)-ijm}^{(N_{ijm})}$ - частоты реализации событий в дневное и ночное время, 1/год, вычисляемые по формулам

$$f_{(\partial)-ijm}^{(N_{ijm})} = f_{\Delta L} \cdot P(C_{ij} | A) \cdot \bar{\tau}_{преб}^{(\partial)}$$

$$f_{(H)-ijm}^{(N_{ijm})} = f_{\Delta L} \cdot P(C_{ij} | A) \cdot \bar{\tau}_{преб}^{(H)}$$

где $f_{\Delta L}$, $P(C_{ij} | A)$, $\bar{\tau}_{преб}^{(\partial)}$, $\bar{\tau}_{преб}^{(H)}$ - параметры, определенные выше.

Последовательно задавая с определенным интервалом целочисленные значения N , рассчитывают соответствующие им значения F и строят F/N -кривую в прямоугольной системе координат (по оси ординат – F , по оси абсцисс – N) в линейной или логарифмической шкале.

Сравнение показателей риска с уровнями приемлемого риска

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ РИСК

Потенциальные реципиенты	База сравнения 1	База сравнения 2
Население (Сравнивается максимальный инд. риск от аварий на рассматриваемом ПОУ или МГ, полученный для представителей наиболее «рисковой» группы)	Среднестатистический индивидуальный риск гибели человека в техногенных происшествиях на территории того федерального округа РФ, в котором расположен анализируемый МГ	10^{-4} в год – для действующих ОПО, 10^{-5} в год – для проектируемых ОПО.
Персонал ОПО	Среднестатистический по соответствующему федеральному округу РФ индивидуальный риск гибели персонала от аварий на ОПО	$5 \cdot 10^{-4}$ в год – для действующих ОПО, $5 \cdot 10^{-5}$ в год – для проектируемых ОПО.

СОЦИАЛЬНЫЙ РИСК

Потенциальные реципиенты	База сравнения	
Население	$F = \frac{10^{-2}}{N^2}$ для действующих ОПО,	$F = \frac{10^{-3}}{N^2}$ для проектируемых ОПО
Персонал ОПО	$F = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{N^2}$ для действующих ОПО,	$F = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{N^2}$ для проектируемых ОПО,



Центральный офис ООО «Газпром 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 «Газпром 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
г. Салехард

