



**Применение анализа риска в управлении
техническим состоянием и целостностью
линейной части магистральных
газопроводов**

С.В.Овчаров, С.В.Нефедов, В.М.Силкин,
С.А.Ковалев, Ю.Ю.Петрова

Москва 2011

Цели Системы управления техническим состоянием и целостностью* (СУТСиЦ) ЛЧ МГ

- обеспечение надежной и безопасной эксплуатации магистральных газопроводов при оптимальном использовании материальных и финансово-экономических ресурсов в рамках работ по поддержанию технического состояния;
- оптимизация планирования ремонтных и диагностических работ** с целью снижения издержек и получения максимальной отдачи от вложенных средств

***Целостность** – свойство газотранспортной системы, характеризующее ее способность выполнять свое функциональное назначение в заданный период времени при взаимодействии с внешней средой и с учетом полноты процедур диагностирования, технического обслуживания и ремонта.

** **Оптимизация планирования ремонтных и диагностических работ** - совокупность мер, направленных на повышение эффективности затрат на обеспечение заданного уровня технического состояния газопровода с учетом имеющихся технических, финансово-экономических и организационных требований и ограничений, связанных с выбором объектов для ремонта, времени проведения и методов выполнения работ

Критерий оптимизации планирования ремонтных работ

Критерий оптимизации планирования ремонтных и диагностических работ – минимизация стоимости жизненного цикла газопровода с учетом выполнения требований по надежности и безопасности

Стоимость жизненного цикла I газопровода :

$$I = C + M$$

C - расходы на создание объекта, включающие в себя затраты на проектирование и строительство

$M = M_m + M_1$ - эксплуатационные расходы

M_m - прямые затраты на обеспечение эксплуатации объекта, в том числе затраты на диагностику и ремонт

M_1 - дополнительные затраты, обусловленные необходимостью страхования эксплуатационных рисков или прямого возмещения различного рода ущербов, возникающих в случае возможного развития аварий на объекте

Оптимизация стоимости жизненного цикла

$$I = C + M \rightarrow \min$$

r

показатель надежности системы

$$C = C_b r^\alpha$$

$$M = M_b r^{-\beta}$$

Показатели надежности:

вероятность безотказной работы P

вероятность отказа $f = 1 - P$

логарифмический уровень

надежности* $r = -\lg(1 - P)$

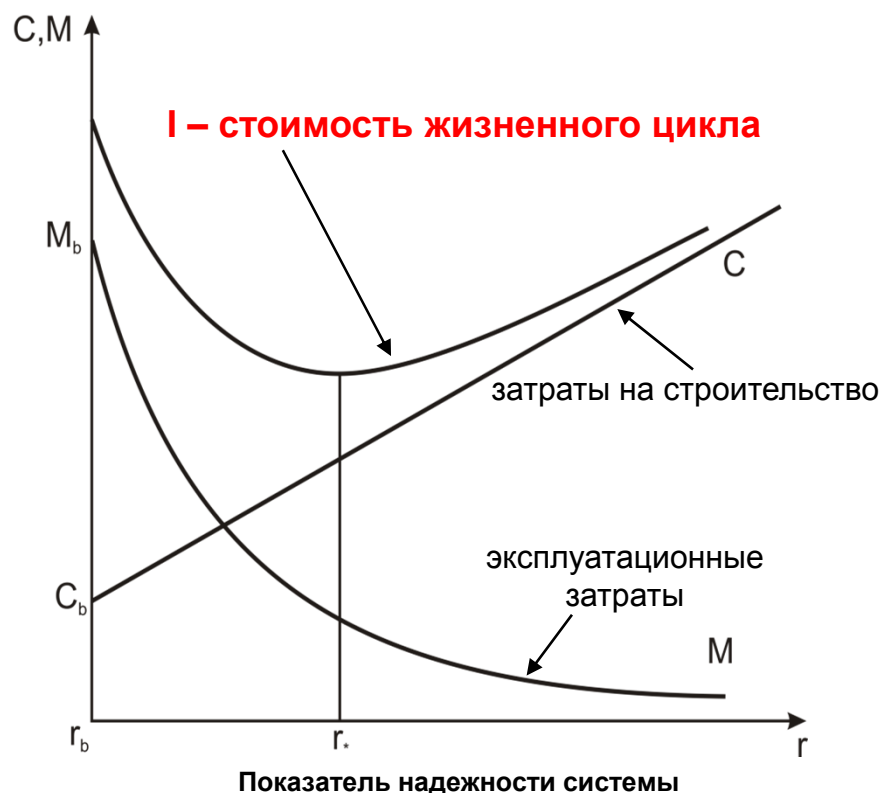


Рисунок 1 - Зависимость стоимости жизненного цикла и составляющих его расходов от показателя надежности

* Логарифмический уровень надежности имеет смысл «числа девяток» в численном значении вероятности безотказной работы: при $r = 3$ вероятность безотказной работы $P = 0.999$, а вероятность отказа $f = 1 - 0.999 = 0.001$

Оптимизация эксплуатационных затрат

Критерий оптимизации эксплуатационных затрат

$$M = M_m + M_l \rightarrow \min_{r \& R}$$

$M = M_m + M_l$ - эксплуатационные расходы

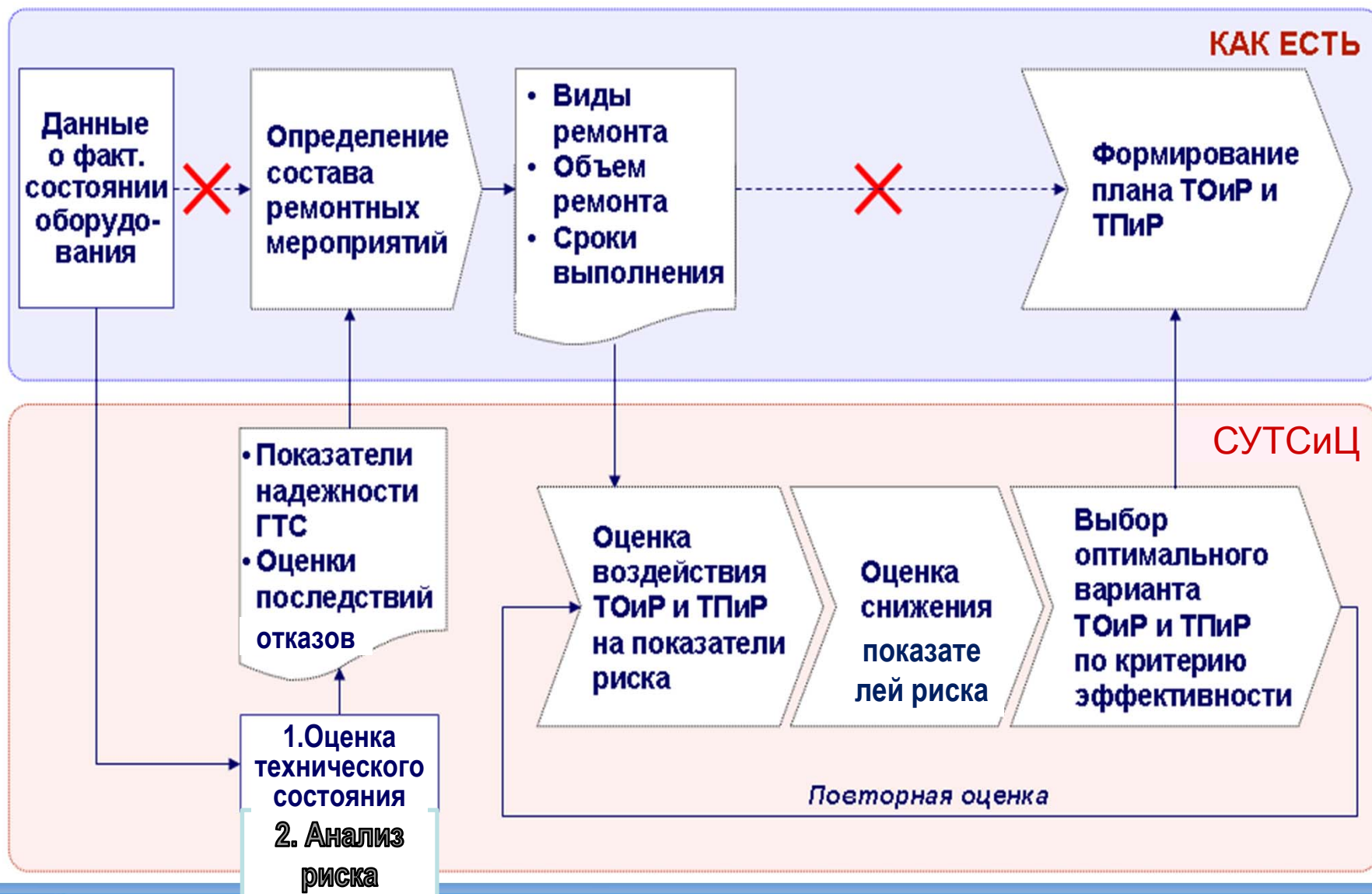
M_m - прямые затраты на обеспечение эксплуатации объекта, в том числе затраты на ремонт

M_l - дополнительные затраты, обусловленные необходимостью страхования эксплуатационных рисков или прямого возмещения различного рода ущербов, возникающих в случае возможного развития аварий на объекте

r - показатель надежности

R - **техногенный риск**

Логика управления техническим состоянием и целостностью ЛЧ МГ



Объекты ЛЧМГ под управлением СУТСиЦ

Уровень Департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО «Газпром»:

- ГТС ОАО «Газпром» ;
- подсистемы ГТС дочерних обществ;
- коридоры МГ (линейная часть);
- МГ (линейная часть);

Уровень дочерних обществ:

- МГ в пределах дочернего общества;
- участки ЛЧМГ между компрессорными станциями;
- участки ЛЧМГ между камерами запуска и приема ВТУ;
- участки ЛЧМГ между крановыми узлами;
- участки ЛЧМГ в пределах участков между крановыми узлами, рассматриваемые как самостоятельные объекты ремонта;
- трубы, трубные секции – элементарные участки - объекты расчетного анализа

Элементарные
участки по 20м



Оценка технического состояния магистральных газопроводов

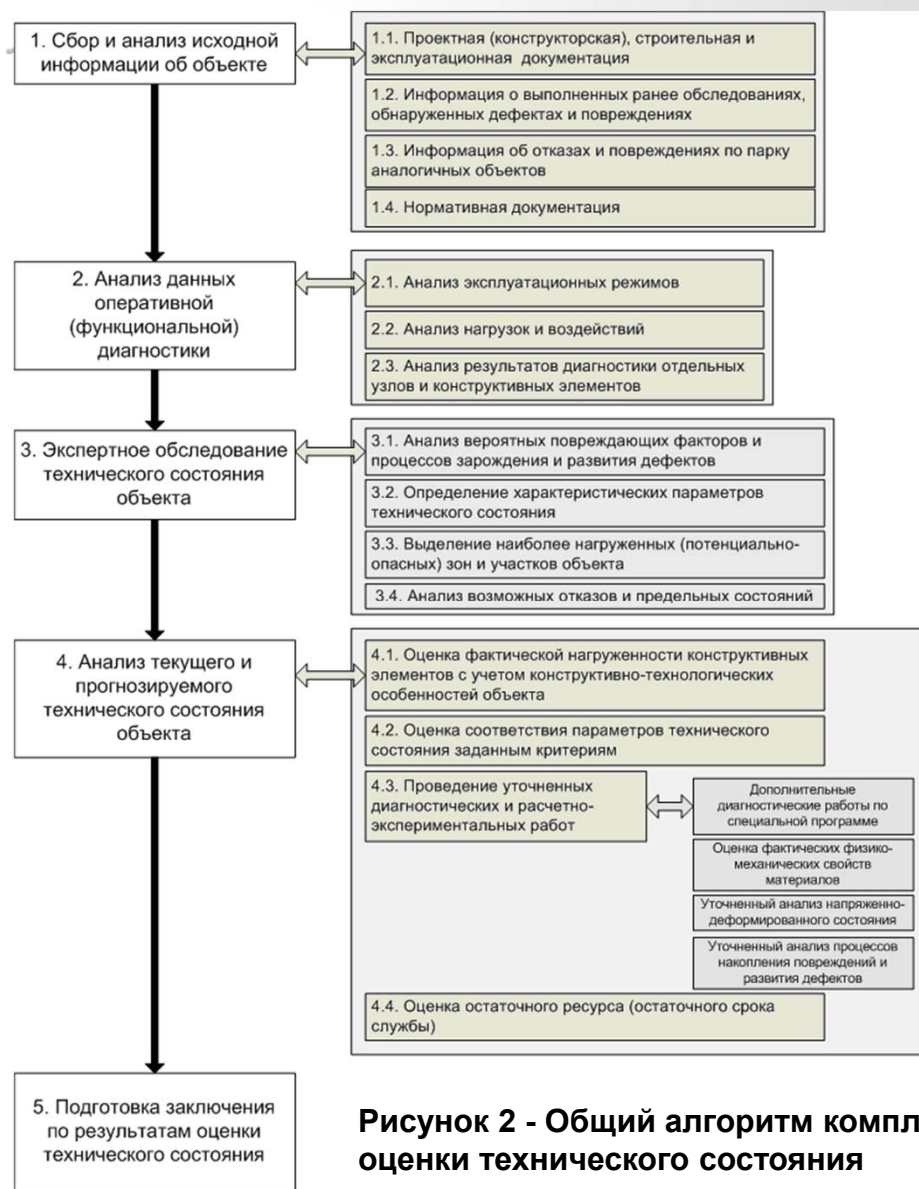


Рисунок 2 - Общий алгоритм комплексной оценки технического состояния

Общий алгоритм оценки технического состояния* предусматривает выполнение следующих этапов:

- сбор и анализ исходной технической информации;
- проведение оперативной (функциональной) диагностики;
- экспертное обследование технического состояния объекта;
- анализ повреждений, определение характеристических параметров;
- установление закономерностей изменения определяющих параметров технического состояния, предельных состояний и их критериев;
- анализ отказов и предельных состояний, оценка последствий и критичности отказов;
- обработку полученных данных и прогнозирования ресурса;
- обоснование вариантов решений о возможности дальнейшей эксплуатации объекта

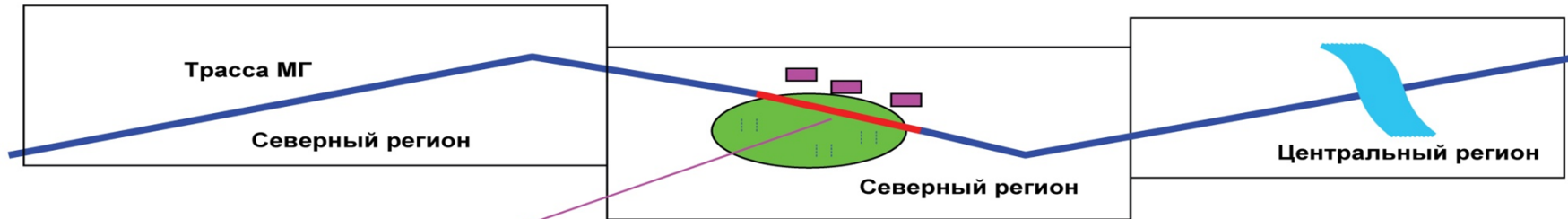
*СТО Газпром 2-2.3-253-2009 Методика оценки технического состояния и целостности газопроводов

Количественные показатели оценки технического состояния магистральных газопроводов

- текущее и прогнозируемое распределение **максимального допустимого рабочего давления** (МРД) и предельного разрушающего давления (ПРД) по длине участка магистрального газопровода;
- **срок безопасной эксплуатации** каждого элементарного участка, рассчитанный в рамках детерминистического подхода;
- **количество труб, подлежащих ремонту** или замене для обеспечения установленного значения МРД участка газопровода;
- **вероятность** перехода в предельное состояние (авария) для каждого участка;
- протяженность и расположение локальных дефектных участков газопровода, подлежащих ремонту, а также предельные сроки их ремонта.

По результатам оценки технического состояния для каждого из N элементарных участков, выделенных в пределах макроучастка газопровода, должны быть получены значения вероятности безотказной работы или вероятностей отказа $f_n = 1 - P_n$ ($n = 1, N$). P_n

Оценка ожидаемой частоты аварий по балльно-факторной методике МЭОЧАГаз (для участков МГ без ВТД)

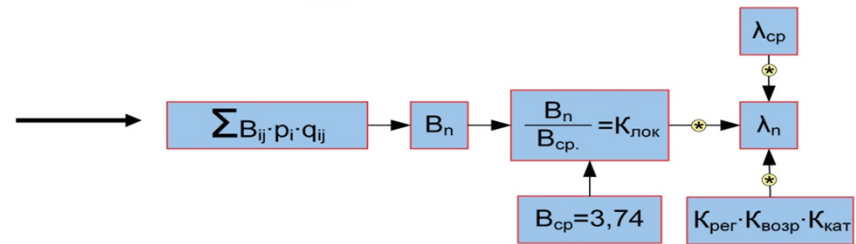


Балльная оценка наблюдаемых факторов влияния

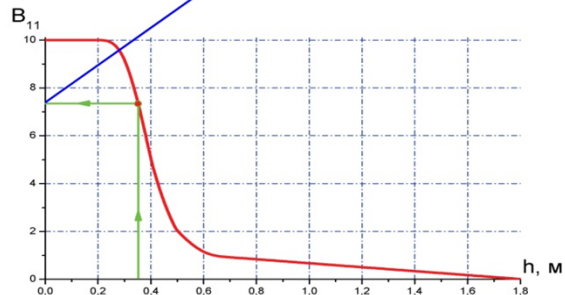
Группа ФВ	Фактор влияния (ФВ)	Натуральное значение ФВ	Балльная оценка ФВ (В _{ij})	В _{ij} ·р _i ·q _{ij}
GF ₁ : Возможные мех. воздействия со стороны 3-х лиц	F ₁₁ : Минимальная глубина заложения МГ	0,35 м	7,25	0,18
GF ₅ : «Качество СМР»	F ₅₁ : Категория участка по сложности СМР	Категория II (болото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

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

const



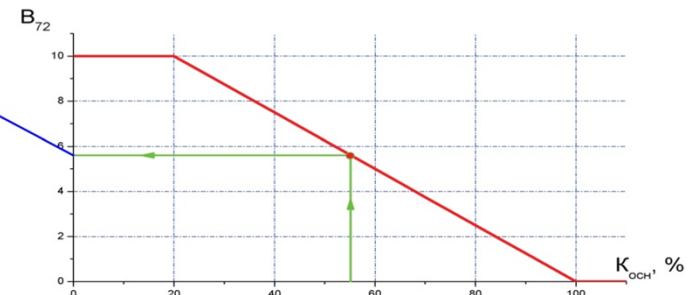
Балльно-факторная функция для фактора F₁₁ «Минимальная глубина заложения МГ»



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

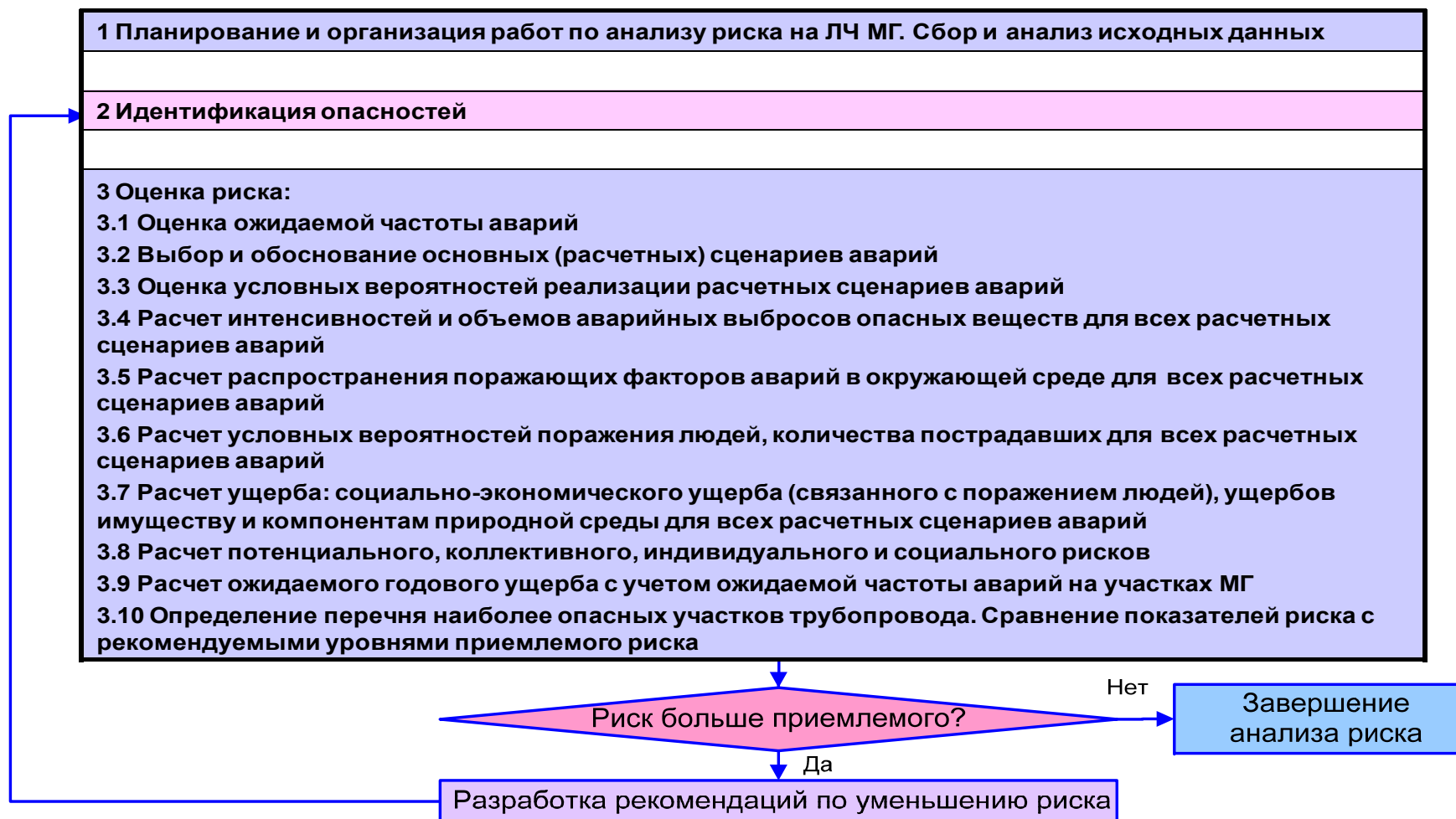
Возможные значения для F ₅₁	V ₅₁
Категория I	8-10
Категория II	4-7
Категория III	1-3
Равнинные сухие участки	0

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



Адаптация методики анализа риска под задачи СУТСиЦ ЛЧ МГ.

Нормативная база анализа риска в СУТСиЦ ЛЧ МГ - СТО Газпром 2-2.3-351-2009 «Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «ГАЗПРОМ»»



Основной расчетный показатель риска в СУТСиЦ

Совокупный техногенный риск для n -го элементарного участка ЛЧ МГ – это ожидаемый годовой ущерб от возможных аварий на этом участке:

$$R_n = f_n \cdot Y_n = f_n \cdot \sum_{m=1}^M (P_{nm} \cdot Y_{nm})$$

где f_n - ожидаемая частота аварий на n -ом элементарном участке ЛЧ МГ длиной ΔL , аварий/год;

M – общее количество рассматриваемых сценариев аварии на элементарном участке;

Y_n - матожидание ущерба от аварии на n -ом элементарном участке ЛЧ МГ, руб.;

Y_{nm} - ожидаемый ущерб при реализации m -го сценария аварии на n -ом элементарном участке МГ, руб.;

P_{nm} - условная вероятность реализации m -го сценария на n -ом участке ЛЧ МГ

Составляющие ущерба, учитываемые при расчете совокупного техногенного риска

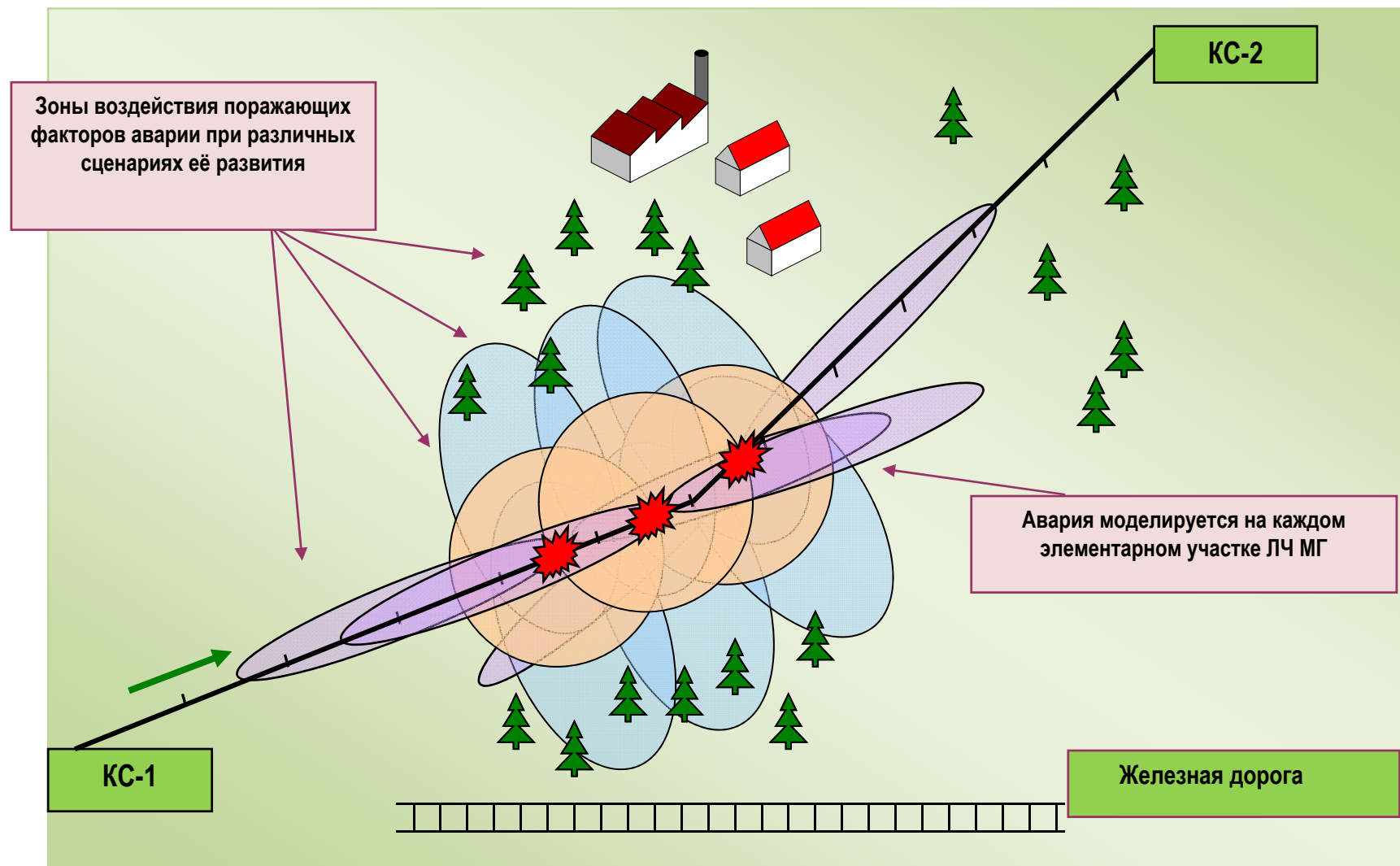
$$Y_{nm} = Y_{сэ}^{(nm)} + Y_{пр}^{(nm)} + Y_{им.др.л}^{(nm)} + Y_{л.а.}^{(nm)} + Y_{экол}^{(nm)}$$

- ❖ социально-экономический ущерб (ущерб, наносимый здоровью и жизни людей);
- ❖ ущерб имуществу владельца МГ (стоимость потерянного газа, уничтоженных труб, другого оборудования ЛЧ МГ);
- ❖ ущерб имуществу третьих (других) лиц (строениям, дорогам, сельхозугодьям, лесам);
- ❖ затраты на локализацию аварии и ликвидацию ее последствий ;
- ❖ экологический ущерб (загрязнение атмосферы, негативное воздействие на почву, водоемы, и т.д.)

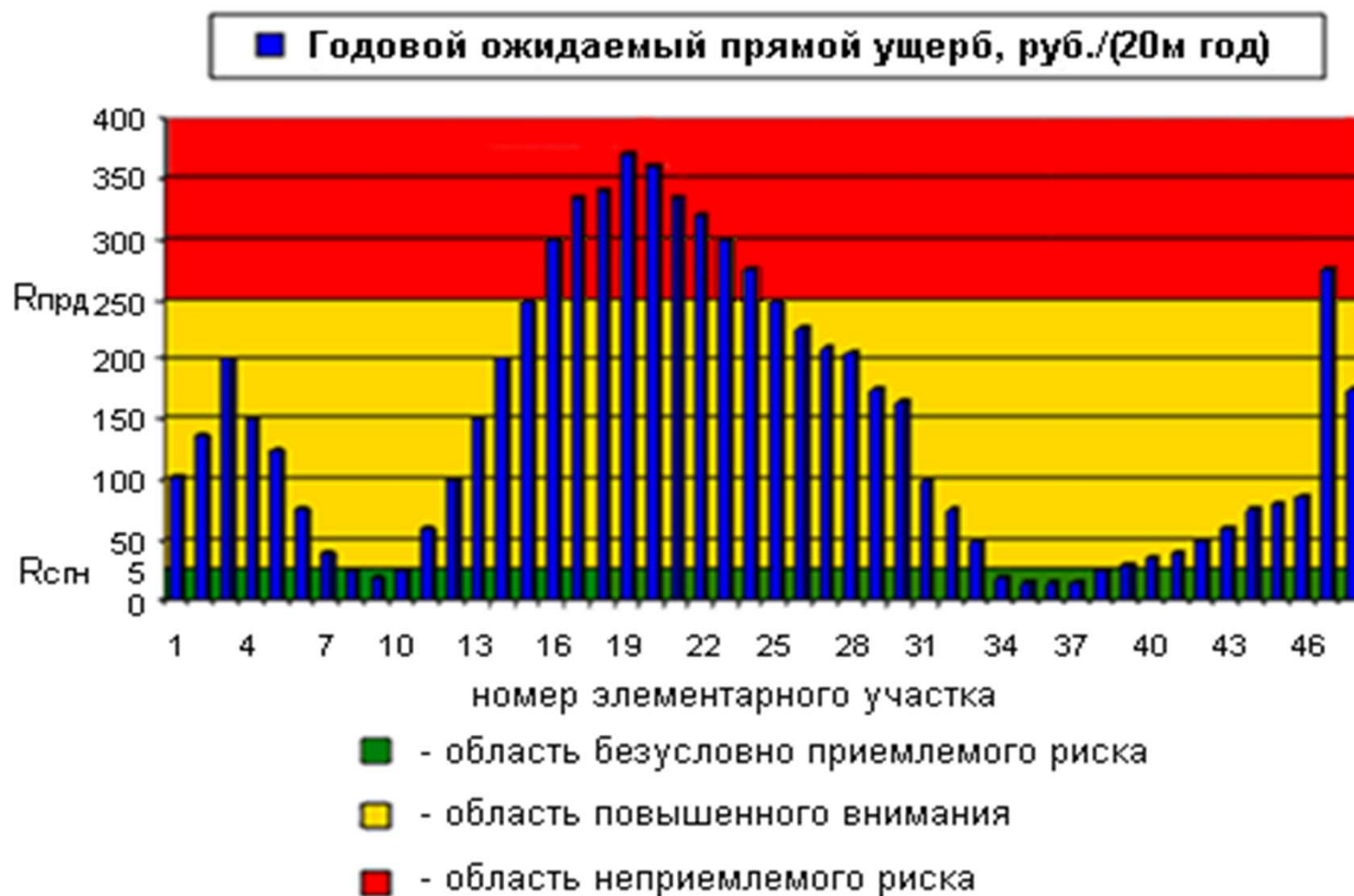
Набор расчетных сценариев аварии на ЛЧ МГ для применения в СУТСиЦ

Обозначение группы	Название сценариев	Краткое описание расчетных сценариев	Доминирующий поражающий фактор
С1 «Пожар в котловане»	С11 «Вертикальный пожар в котловане»	 <p>Горение относительно низкоскоростного вертикального шлейфа газа, образовавшегося в результате смешения двух струй газа, истекающих из концов разорвавшегося трубопровода в едином грунтовом котловане, скорость ветра 0 м/с</p>	Тепловое излучение от пламени
	С12 «Наклонный пожар в котловане (влево по ходу газа)»	 <p>Горение относительно низкоскоростного наклонного влево по ходу газа шлейфа, образовавшегося в результате смешения двух струй газа, истекающих из концов разорвавшегося трубопровода в едином грунтовом котловане, скорость ветра 5 м/с</p>	
	С12 «Наклонный пожар в котловане (вправо по ходу газа)»	 <p>Горение относительно низкоскоростного наклонного вправо по ходу газа шлейфа, образовавшегося в результате смешения двух струй газа, истекающих из концов разорвавшегося трубопровода в едином грунтовом котловане, скорость ветра 5 м/с</p>	
С2 «Струевое пламя»	С21 «Две горящие струи газа»	<p>Горение двух свободных высокоскоростных настильных струй газа, истекающих из двух концов разрушенного трубопровода, направленных в противоположные стороны вдоль оси МГ</p> 	Тепловое излучение от пламени
С3 «Рассеивание низкоскоростного шлейфа газа»	С31 «Выброс и рассеивание газа без воспламенения»	<p>Рассеивание без воспламенения низкоскоростного шлейфа газа, истекающего из грунтового котлована</p> 	Воздушная волна сжатия

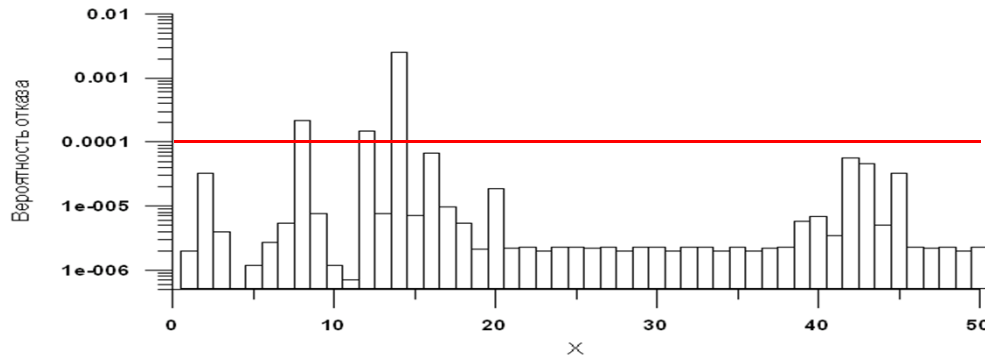
К расчету ожидаемого прямого годового ущерба от аварий на ЛЧ МГ (совокупного техногенного риска)



Ранжирование участков по уровню техногенного риска

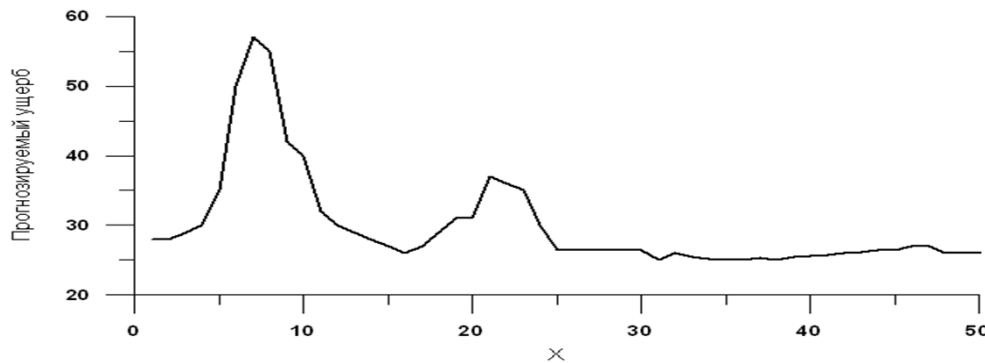


Ранжирование участков по уровню техногенного риска

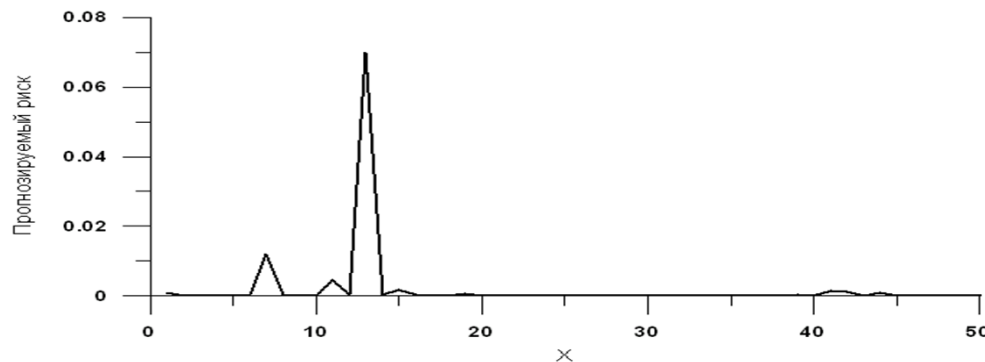


Значения вероятности (частоты) аварий для элементарных участков по длине

$$f_n$$



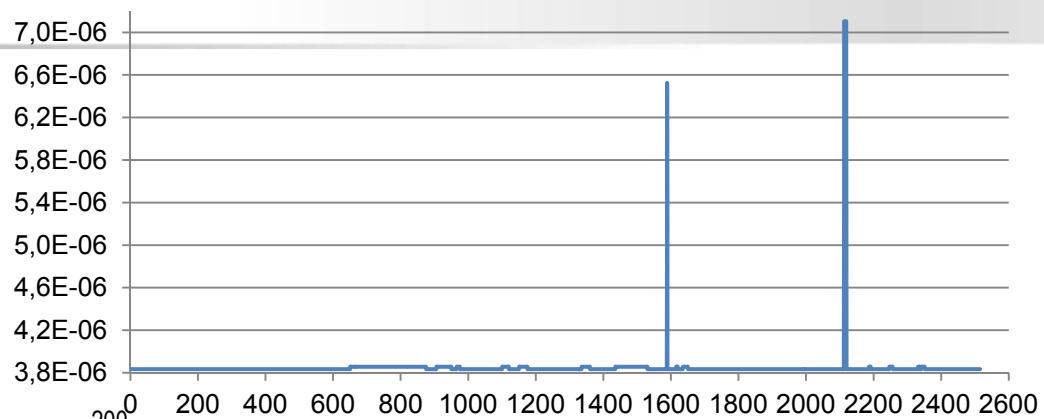
Прогнозируемый ущерб Y_n



Значения совокупного техногенного риска

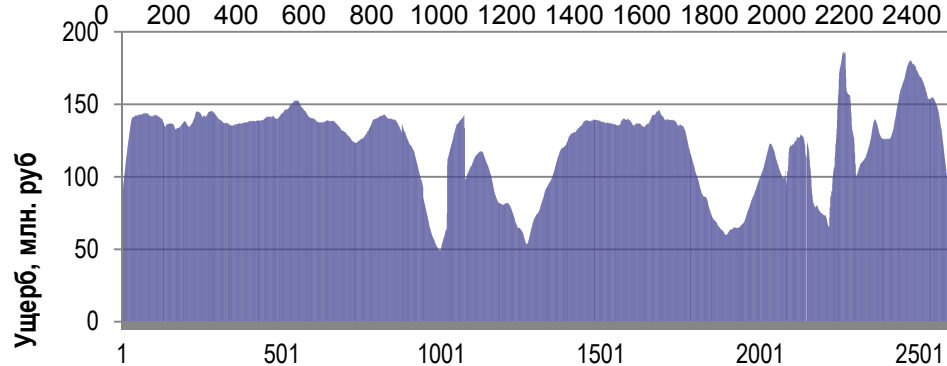
$$R_n = f_n Y_n$$

Ранжирование участков по уровню техногенного риска

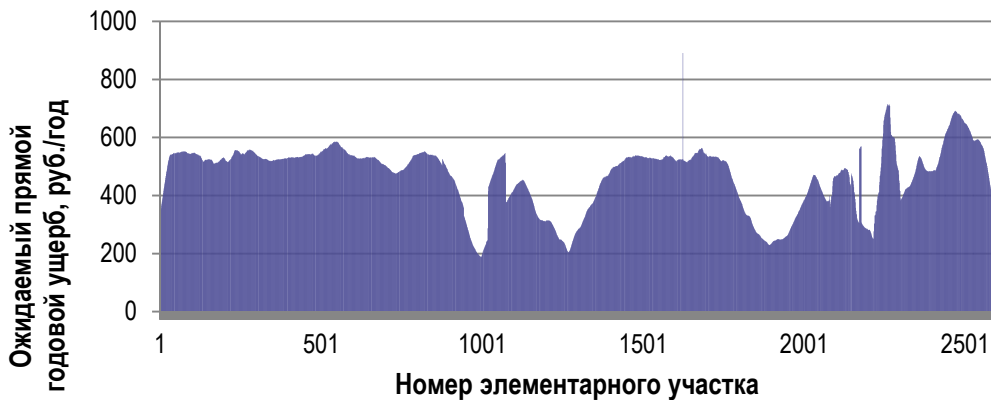


Значения вероятности (частоты) аварий для элементарных участков по длине

$$f_n$$



Прогнозируемый ущерб Y_n



Значения совокупного техногенного риска

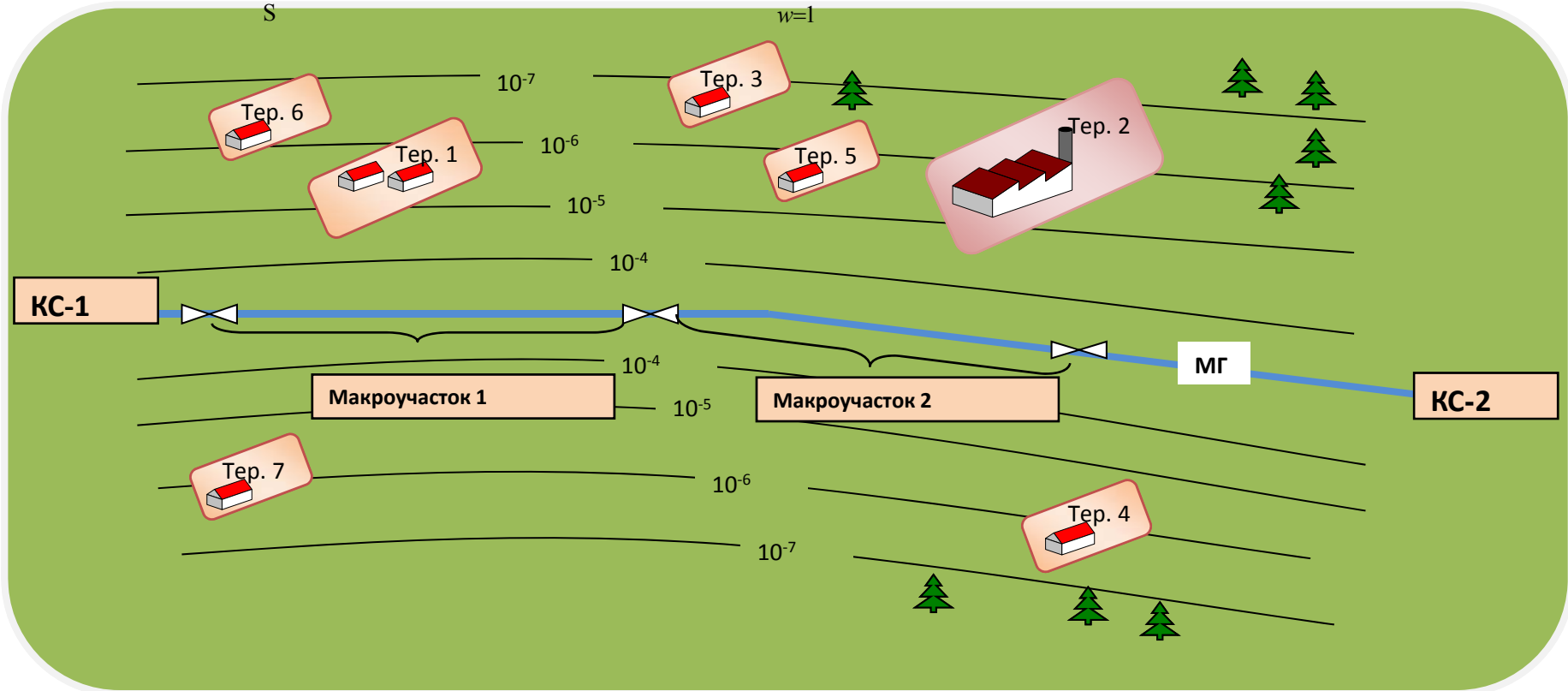
$$R_n = f_n Y_n$$

Оценка традиционных показателей риска для макроучастков МГ

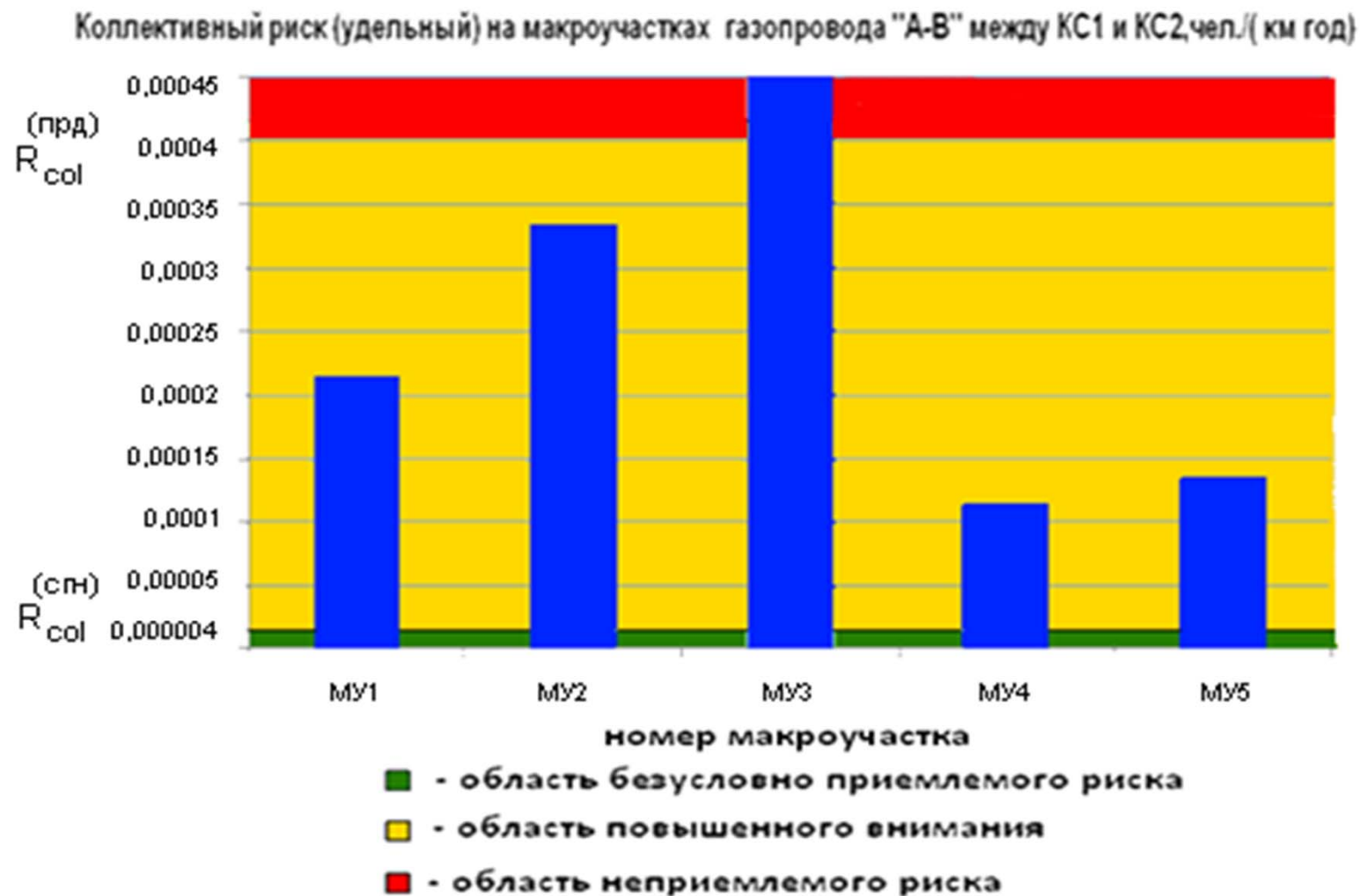
$$R_{pot}^{(k)}(x, y) = \sum_{n=1}^N f_n \cdot \sum_{m=1}^M (P_{гиб}^{(nm)}(x, y) \cdot P_m)$$

$$R_{ind}^{(k)}(x, y) = R_{pot}^{(k)}(x, y) \cdot v_{уяз} \cdot \tau_{преоб}(x, y) \quad R_{ind}^{(cp)} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K R_{ind}^{(k)} \quad R_{ind}^{(cp-MГ)} = \frac{1}{W} \sum_{w=1}^W R_{ind}^{(cp-w)}$$

$$R_{col}^{(w)} = \tau_{преоб} \cdot v_{уяз} \cdot \int_S R_{pot}(x, y) \cdot \mu(x, y) ds \quad R_{col}^{(MГ)} = \sum_{w=1}^W R_{col}^{(w)}$$



Ранжирование макроучастков ЛЧ МГ по уровню коллективного риска





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
Респ. ЯНАО г. Салехард, ул. Ленина, 27
Тел/факс (8 34922) 46-210; 46-264; 46-256

