

Вопросы неопределенности оценки риска  
газотранспортных объектов

Швыряев Александр Анатольевич  
МГУ, Химический ф-т

1. СТО Газпром РД 39-1.10-084-2003. «Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «ГАЗПРОМ»». Том 1, 2. Утвержден заместителем Председателя Правления ОАО «Газпром» А.Г. Ананенковым 12.08.2003г. Введен в действие распоряжением ОАО «Газпром» от 12.11.2003 г. №269.

2. СТО Газпром 2-2.3-351-2009. «Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «ГАЗПРОМ»». ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Утвержден распоряжением №83 ОАО «Газпром» от 30.03.2009г.. Введен в действие 30.12.2009.

3. СТО Газпром 2-2.3-400-2009. Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром». ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Утвержден 20.11.2009. Введен в действие 10.09.2010

Таблица 7.1 — Рекомендуемые консервативные значения ожидаемой частоты разгерметизации ОСПО и их технологических элементов на действующих КС МГ и КС ПХГ постройки до 1995 г.

Наименование ОСПО	Частота аварий, $\lambda_{ГТ}$ , 1/(м · год) или $f_{в}$ , 1/год
Магистральный газопровод на участках, прилегающих к КС	$3 \cdot \lambda_{МГ}^*)$
Входной газопровод-шлейф, подземный	$2 \cdot 10^{-7}$ 1/(м · год)
Выходной газопровод-шлейф, подземный	$4 \cdot 10^{-7}$ 1/(м · год)
Всасывающие коллектор и трубопроводы ГПА, коллектор и трубопроводы пускового контура, подземные	$6 \cdot 10^{-7}$ 1/(м · год)
Нагнетательные коллектор и трубопроводы ГПА, подземные	$9 \cdot 10^{-7}$ 1/(м · год)
Всасывающие трубопроводы ГПА, надземные (в том числе внутри укрытий ГПА) Трубопроводы пускового контура, надземные	$12 \cdot 10^{-7}$ 1/(м · год)
Нагнетательные трубопроводы ГПА, надземные (в том числе внутри укрытий ГПА)	$15 \cdot 10^{-7}$ 1/(м · год)
Трубопроводы топливного и пускового газа, диаметром менее 219 мм	$6 \cdot 10^{-7}$ 1/(м · год)
Трубопроводы диаметром менее 219 мм	$12 \cdot 10^{-7}$ 1/(м · год)
ГПА	$1 \cdot 10^{-4}$ на агрегат/год
Пылеуловители	$2,5 \cdot 10^{-5}$ на сосуд/год
АВО газа	$2,5 \cdot 10^{-5}$ на блок/год
Крановые узлы, тройники	$1,5 \cdot 10^{-5}$ на элемент/год
Блок подготовки топливного и пускового газа	$2,5 \cdot 10^{-5}$ на блок/год

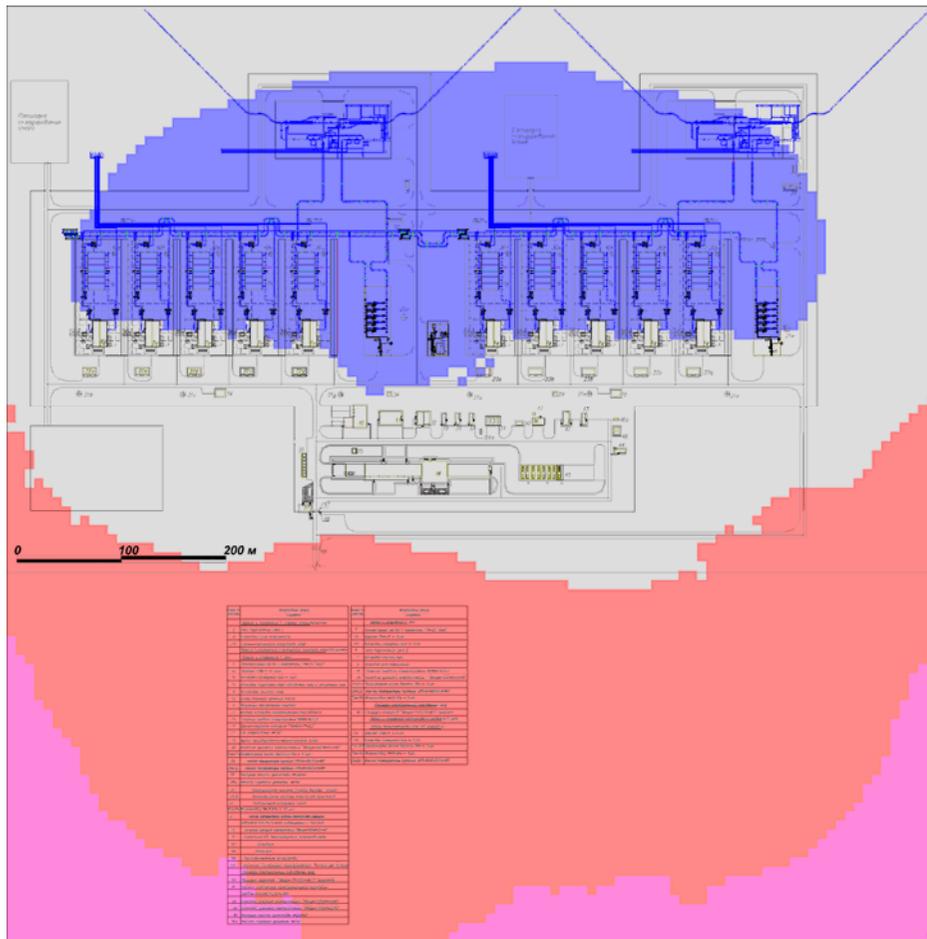
\*)  $\lambda$  — среднее значение удельной частоты аварий на переходе между КС

По [2] эти данные для старых КС, для площадочных объектов, построенных после 1995 г. Частоту следует уменьшать в 10 раз.  
 Частота загорания определяется как частота загорания на МГ, увеличенная на 30% (пп 7.6.3).

Таблица 5.7 – Вероятностные характеристики аварий на МГ

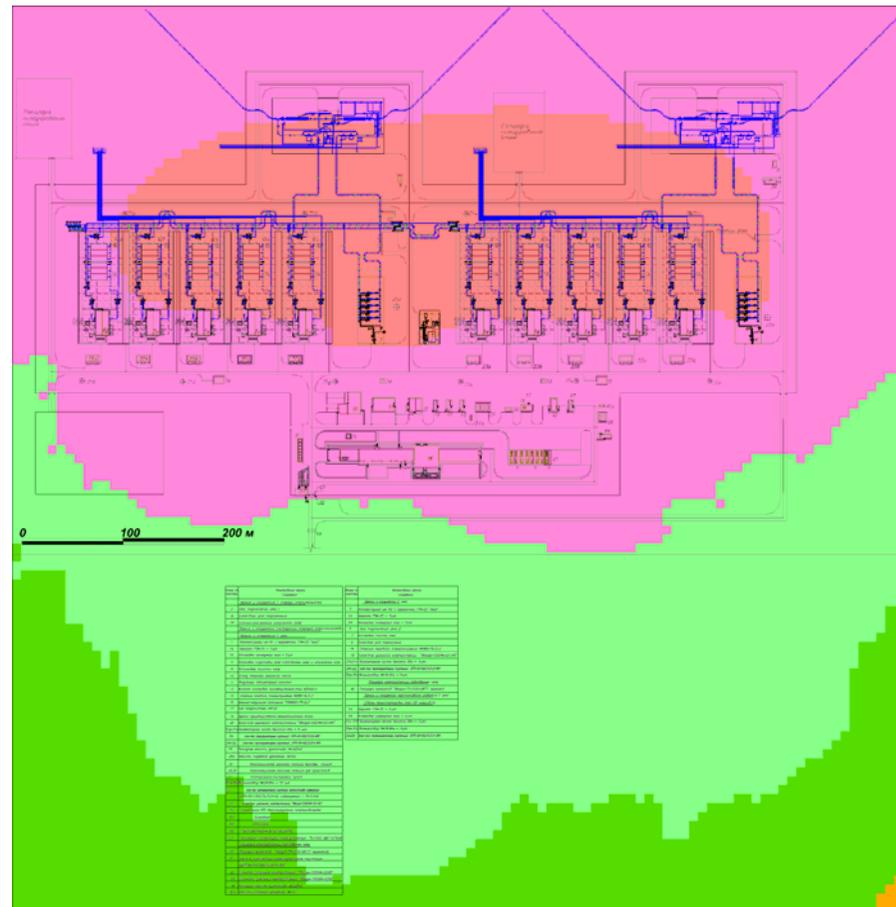
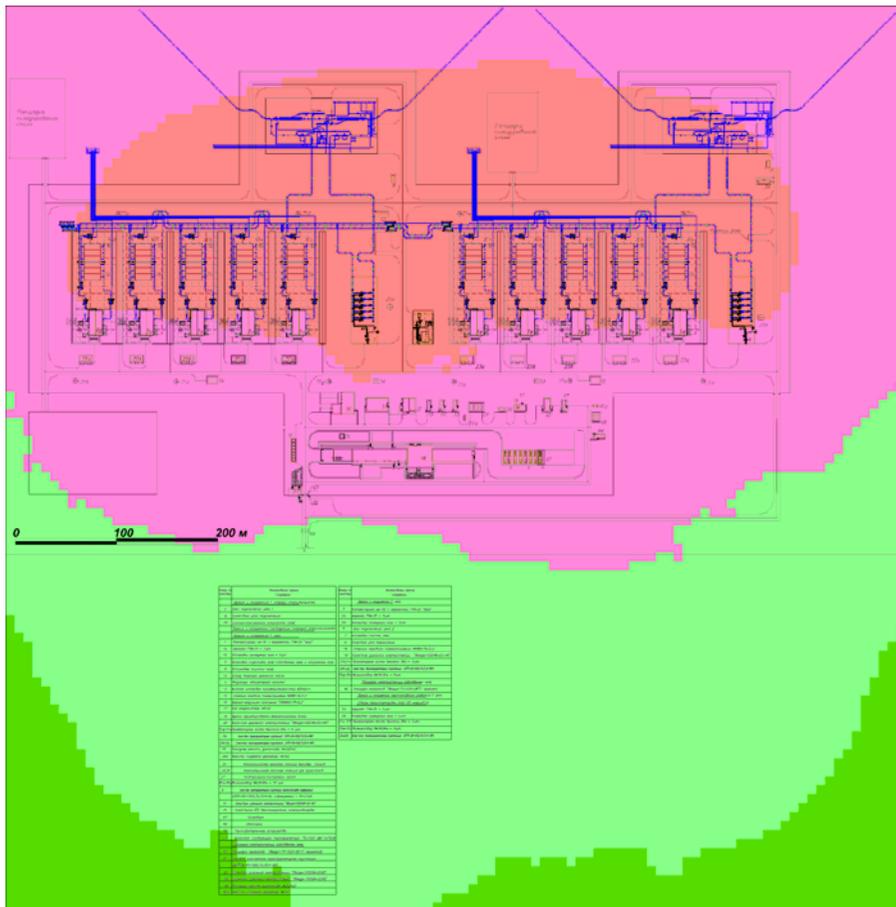
Д <sub>у</sub> , мм	Условная вероятность $P(B A)$ загорания газа	Условная вероятность $P(\bar{B} A)$ незагорания газа	Условные вероятности реализации групп $C_1, C_2, C_3, C_4$ сценариев аварий			
			$C_1$ – «Пожар в котловане» («Пожар колонного типа») $P(C_1 AB)$	$C_2$ – «Струевые пламена» $P(C_2 AB)$	$C_3$ – «Рассеивание низкоскоростного шлейфа газа» $P(C_3 AB)$	$C_4$ – «Рассеивание 2-х струй газа» $P(C_4 AB)$
1	2	3	4	5	6	7
1 400	0,72	0,28	0,2	0,8	0,2	0,8
1 200	0,74	0,26	0,3	0,7	0,3	0,7
1 000	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





Вариант 1. До 1995 г., вероятность загорания = 1.  $R_{кол} = 3,9E-03$

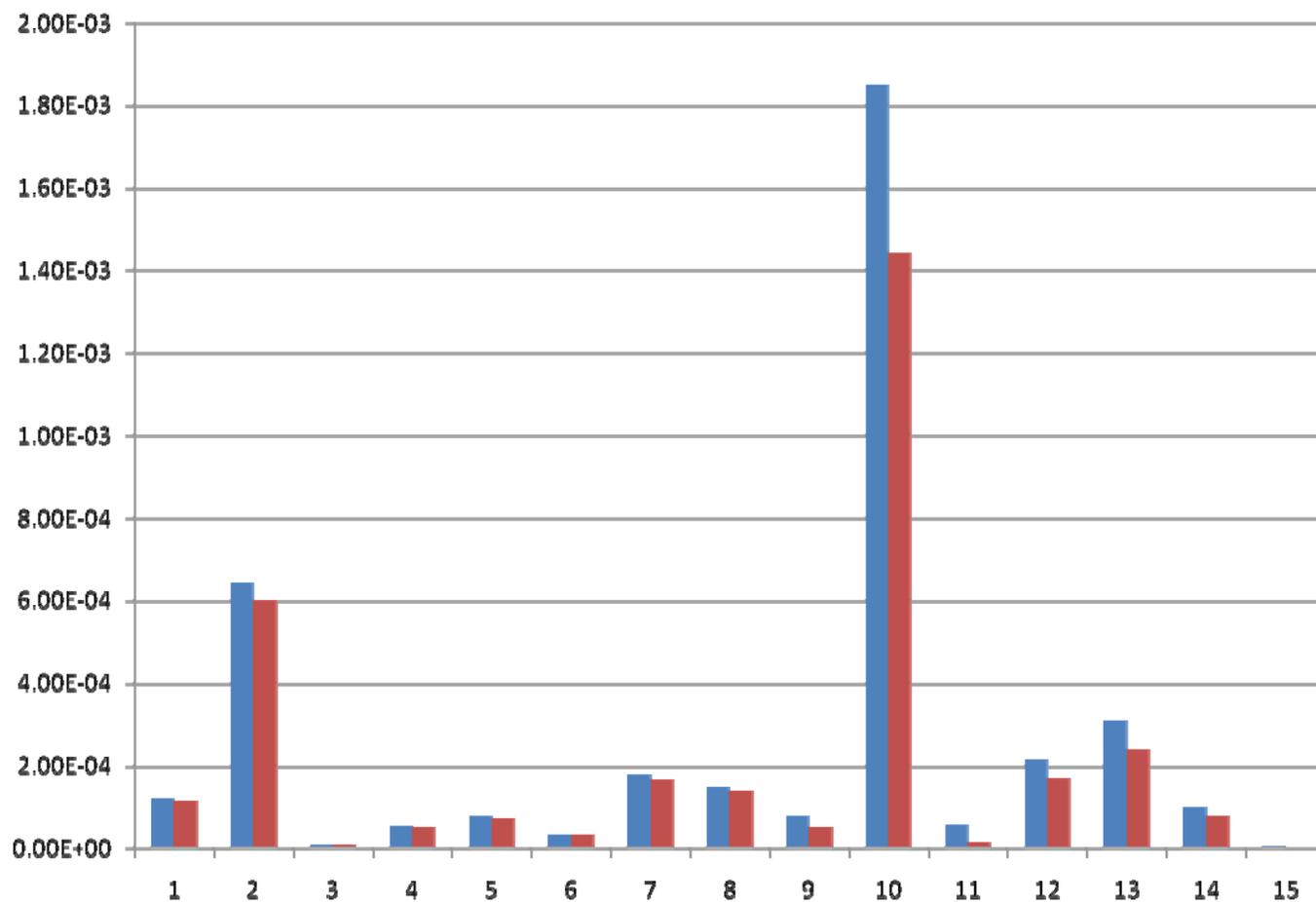
Вариант 2. До 1995 г., вероятность загорания =  $R_{змг} \cdot 1,3$ ,  $R_{кол} = 3,2E-03$



Вариант 3. После 1995 г., вероятность загорания = 1.  $R_{кол} = 3,9E-04$

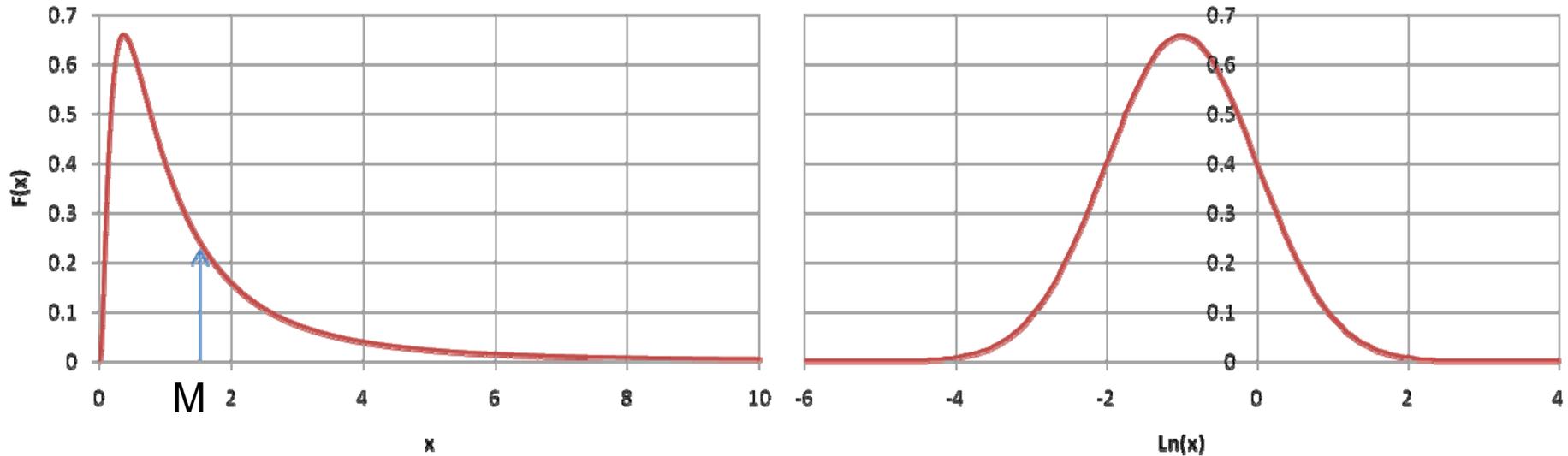
Вариант 2. После 1995 г., вероятность загорания =  $R_{змг} \cdot 1,3$ ,  $R_{кол} = 3,2E-04$

## Вклад в риск, опасных составляющих, для вариантов 1 и 2



2 – выходные коллектора и шлейфы, 10 – ГПА, 12,13 – входные и выходные тр-ды гитары

# Логнормальное распределение ( $m=0, \sigma=1$ )



$$F(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} * \exp\left(-\frac{(\ln(x) - m)^2}{2 * \sigma^2}\right)$$

$$M = \exp\left(\frac{\sigma^2}{2} + m\right); \quad D = \exp(\sigma^2 + 2m) * (\exp(\sigma^2) - 1)$$

$$M = 1,64872; \quad D = 4,67077$$

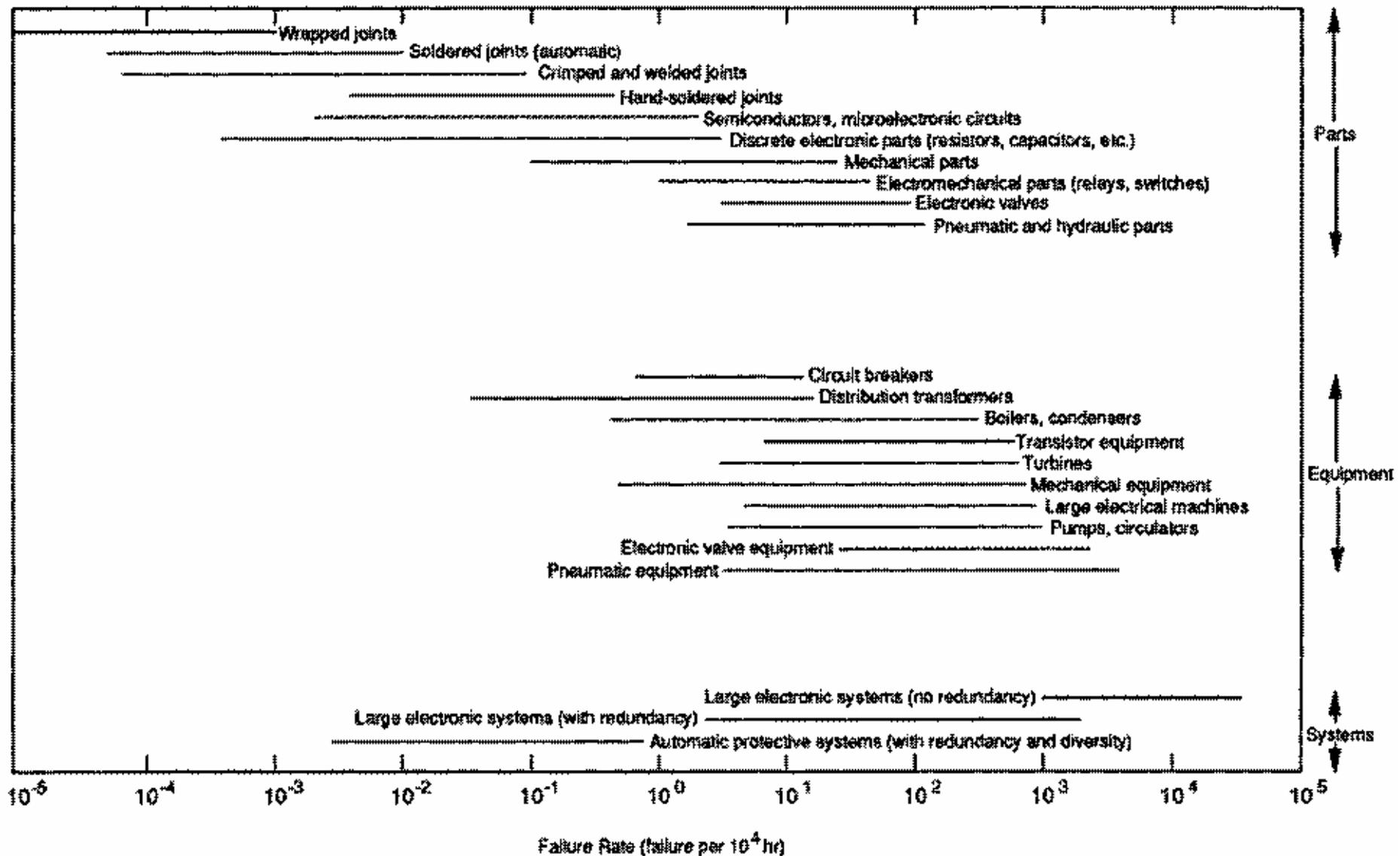
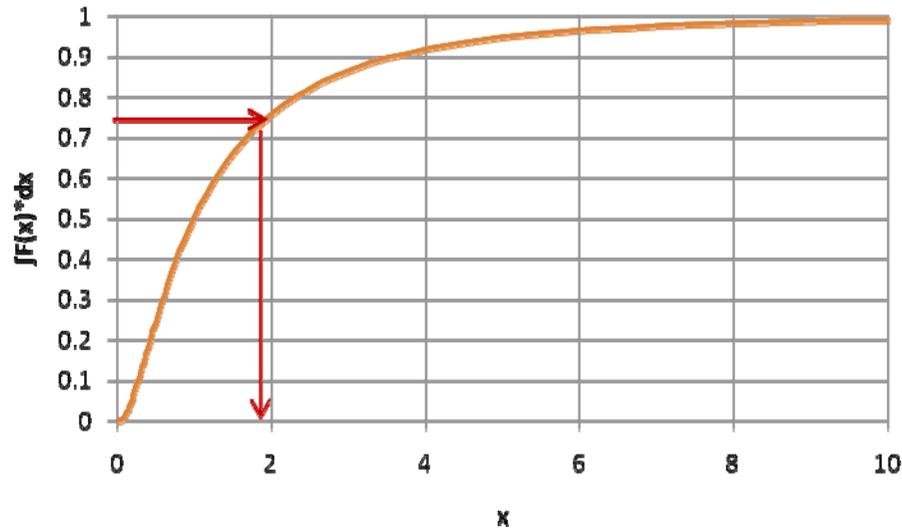


FIGURE 5.11. Typical ranges of failure rates for parts, equipment, and systems.

## Схема расчета частоты аварий



Рассмотрим оценку нижнего и верхнего значения  $\lambda$  для МГ 700 мм.

$N=2$  аварии в год на  $L=11,5$  тыс. км.

$\lambda_{\text{ср}}=0,174$  (ав/(год на 1000 км))

$\lambda_{95\%} = (N+1)*F_1/L = 3*2,10/11,5 = 0,548$  (ав/(год на 1000 км))

$\lambda_{05\%} = N/(L*F_2) = 2/(11,5*5,63) = 0,0309$  (ав/(год на 1000 км))

$F_1, F_2$  – F критерий Стьюдента

$\lambda_{95\%}/\lambda_{05\%}=17,7$

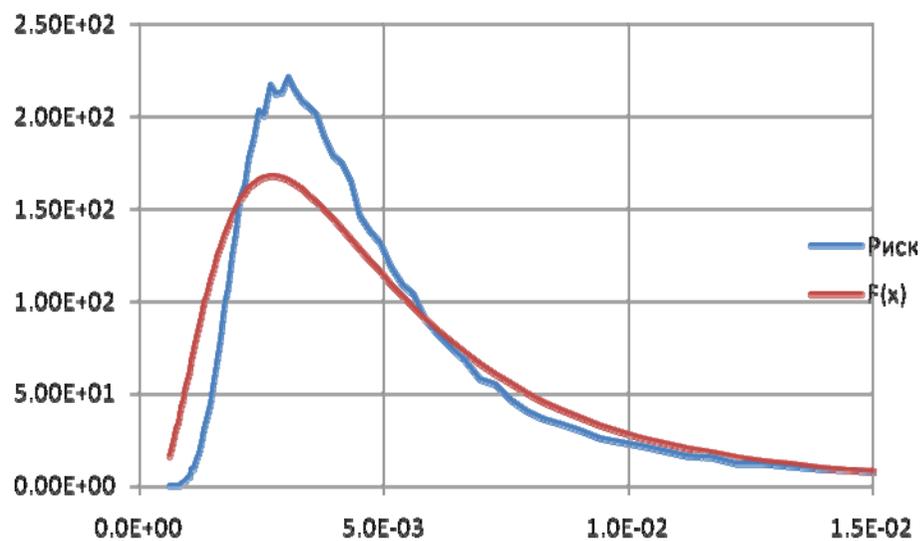
ГОСТ 12.1.004-91  $\lambda_{05\%}=0,25$ ;  $\lambda_{\text{ср}}=1,1$ ;  $\lambda_{95\%}=4,85$  (\* $10^6$  час $^{-1}$ )

$\lambda_{95\%}/\lambda_{05\%}=19.4$

Вариант 1.  
 $\sigma=1,$

$M=-5,43$

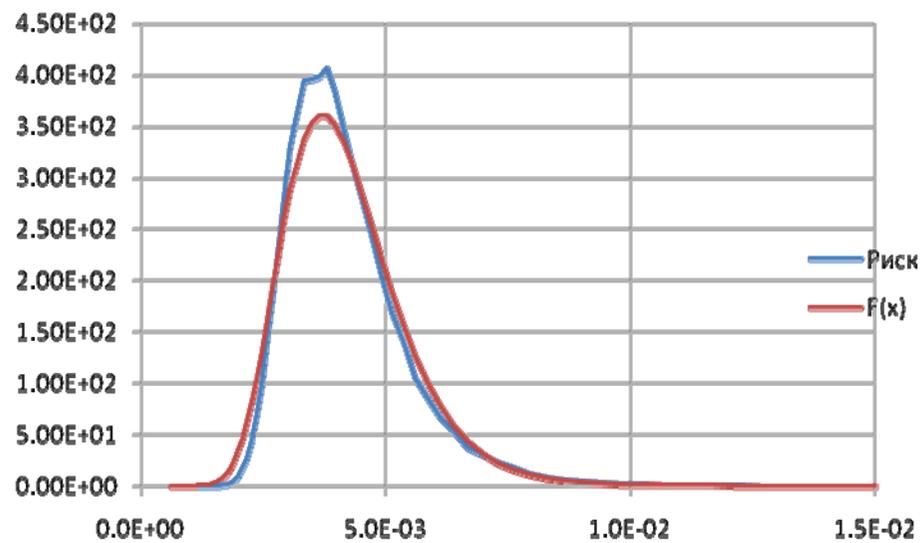
$\delta = 0,69$

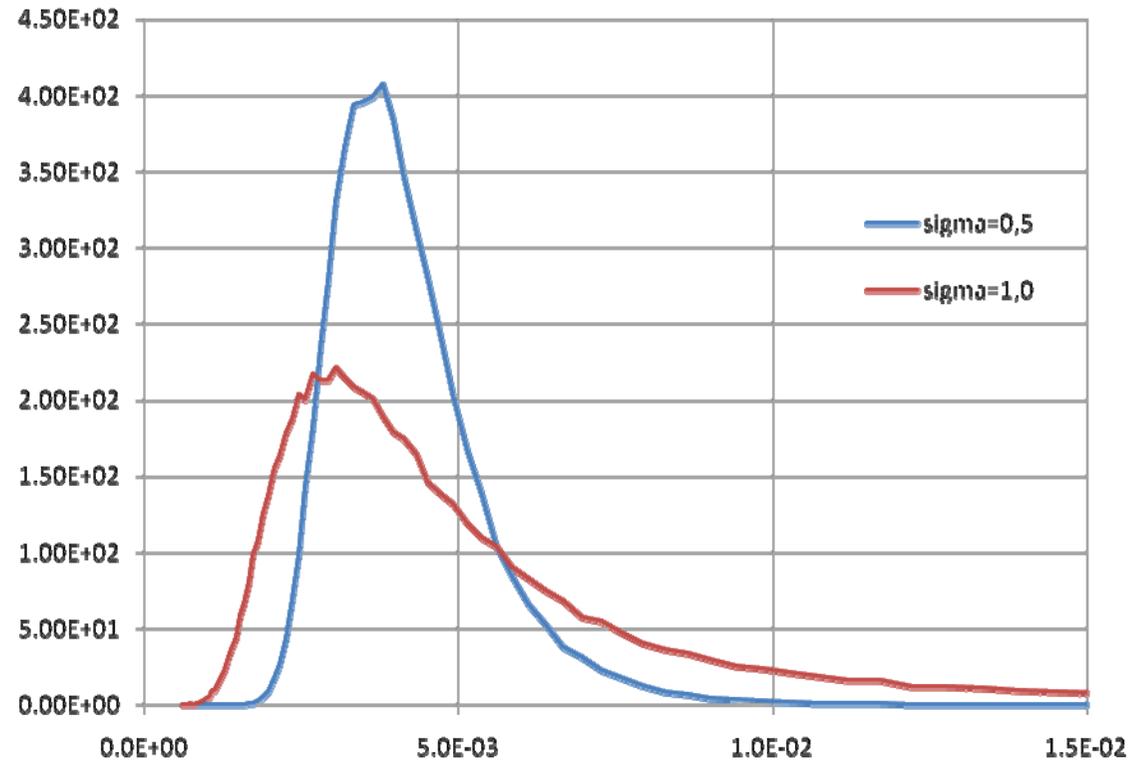


Вариант 2.  
 $\sigma=0,5$

$M=-5,52$

$\delta = 0,29$

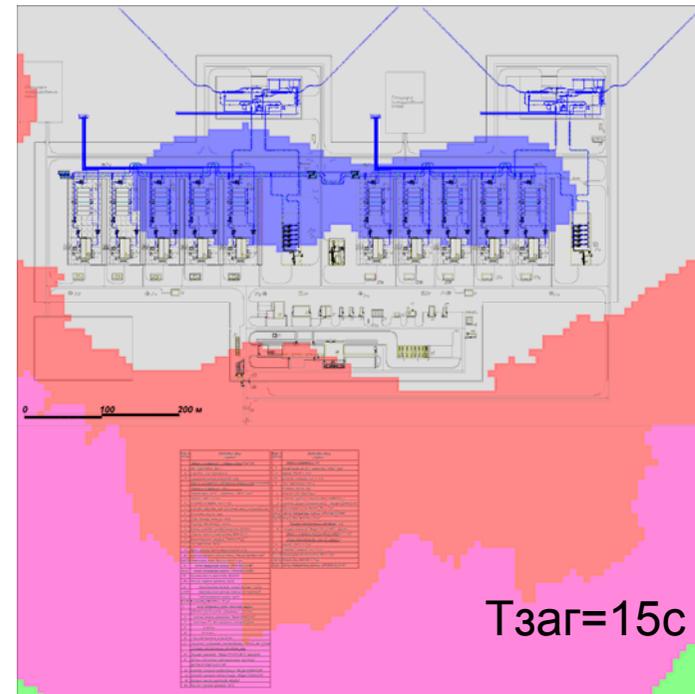
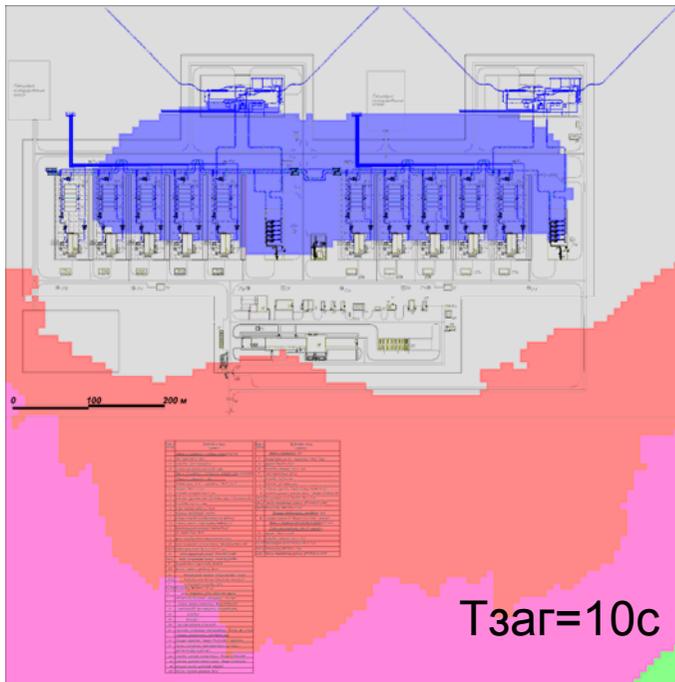
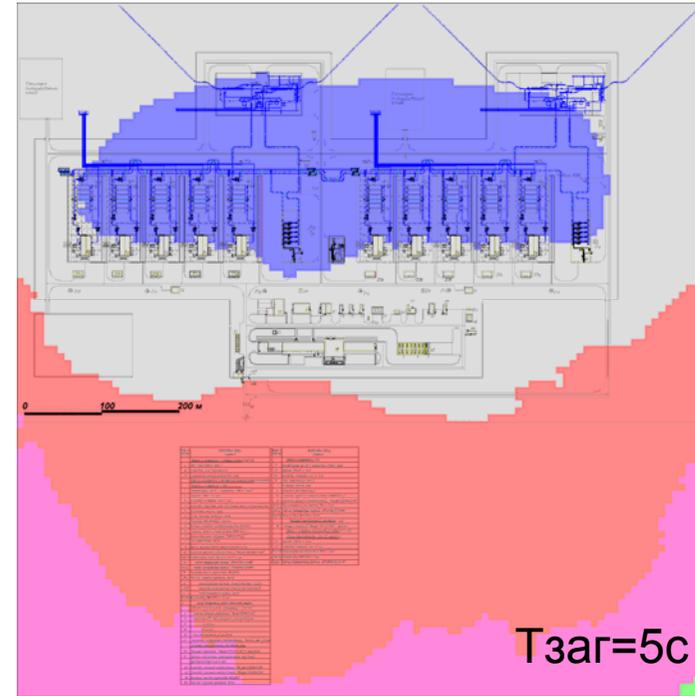
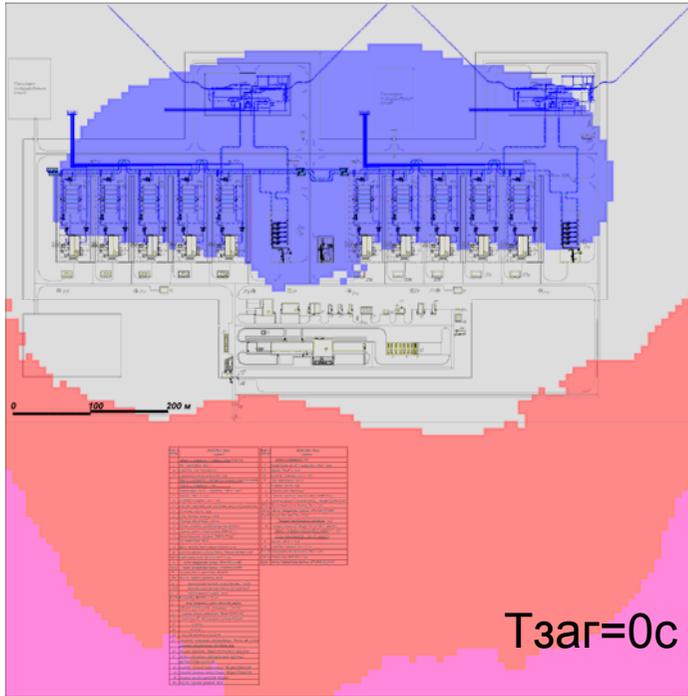


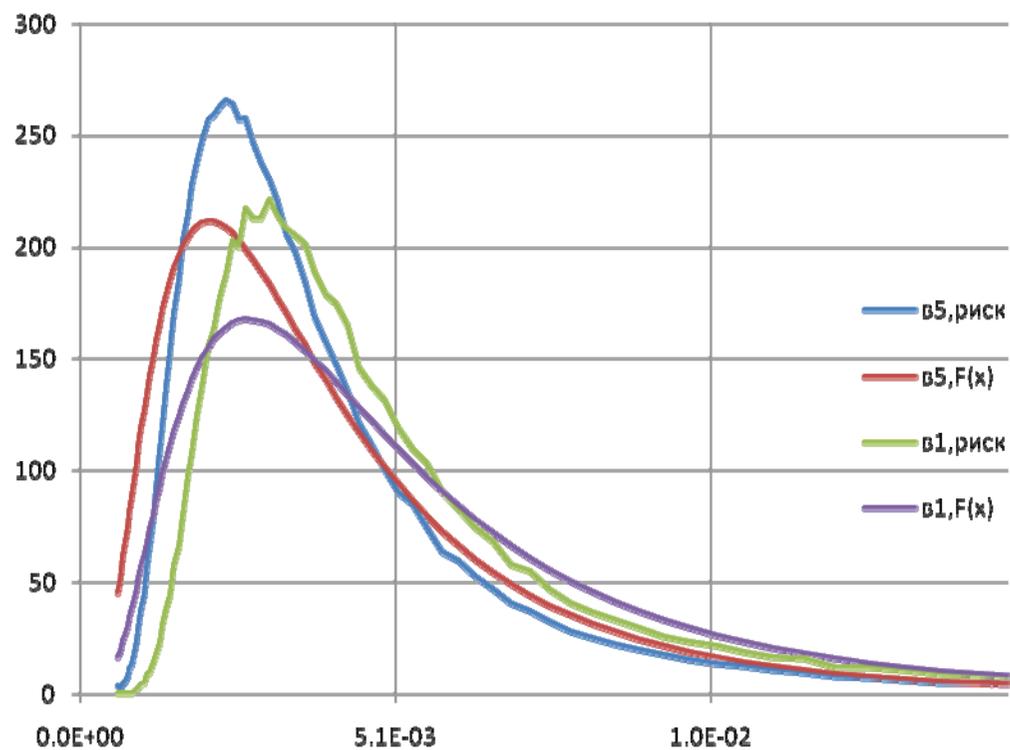


Риск









Вариант 5, варьируется распределение по  $\lambda$  и по времени зажигания.

$\sigma=1,0$   $M=-5,67$ ;  $\delta = 0,7$       вариант 1:  $M=-5,43$ ;  $\delta = 0,69$