



ГРУППА КОМПАНИЙ

**ТЕХНОРИСК**

С нами - без риска!

# Учет неопределенности исходной информации при оценке риска и ранжировании мероприятий по снижению риска

А.И. Попов, А.М. Козлитин,  
И.С. Чугунов, А.А. Попов

**Группа компаний «Технориск»**

тел.: (8452) 549-549

e-mail: [info@technorisk.ru](mailto:info@technorisk.ru)

[www.technorisk.ru](http://www.technorisk.ru)

Семинар «Об опыте декларирования промышленной и пожарной безопасности и страхования ответственности. Развитие методов оценки риска на опасных производственных объектах».

г. Москва 10-11 октября 2011 г.

## Источники неопределенности (РД 03-418-01):

- неполнота и неоднозначность информации по надежности оборудования;
- человеческие ошибки;
- принимаемые положения и допущения используемых моделей аварийного процесса;
- неопределенность при расчете возможного ущерба;
- субъективное мнение об эффективности элементов защиты;
- неопределенность политических, экономических и социальных отношений в обществе.

## Матрица величины изменения риска для различных исходных данных (один из вариантов при отступлении от норм и правил)

Вид отступления от норм и правил, вызвавший увеличение риска	Состояние исходных данных $V_j$ ( $j=1\dots n$ )		
	1	j	n
Стратегия $A_1$	$\Delta R_{11}$	$\Delta R_{1j}$	$\Delta R_{1n}$
Стратегия $A_i$	$\Delta R_{i1}$	$\Delta R_{ij}$	$\Delta R_{in}$
Стратегия $A_m$	$\Delta R_{m1}$	$\Delta R_{mj}$	$\Delta R_{mn}$

## Критерии оценки риска с учетом неопределенности исходной информации

Критерий Лапласа (критерий среднего риска) для принятия решения:

$$\Delta R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta R_i}{n}. \quad (1)$$

Фактически критерий среднего риска учитывает возможный массив исходных данных.

Критерий максимального риска, учитывающий реализацию неблагоприятных исходных данных:

$$\Delta R_{max} = \max_{i=1}^n \Delta R_i. \quad (2)$$

# Матрица риска для стратегии (A<sub>1</sub>), связанной с отсутствием задвижек с дистанционным управлением в насосной, при различных исходных данных

Величина ущерба 600 тыс. руб.

Изменение риска при реализации стратегии A <sub>1</sub> (отсутствие задвижек с дистанционным управлением в насосной ΔR <sub>i</sub> , руб/год)	Изменение исходных данных								
	Изменение вероятности события при отсутствии элемента защиты								
	Оптимистичный подход - увеличение вероятности в 10 раз			Умеренный подход - увеличение вероятности в 50 раз			Консервативный подход - увеличение вероятности в 100 раз		
	Частота события при наличии элемента защиты Ψ <sub>16</sub> - 1/год			Частота события при наличии элемента защиты Ψ <sub>16</sub> - 1/год			Частота события при наличии элемента защиты Ψ <sub>16</sub> - 1/год		
	1,84·10 <sup>-4</sup>	0,365·10 <sup>-4</sup>	1,84·10 <sup>-5</sup>	1,84·10 <sup>-4</sup>	0,364·10 <sup>-4</sup>	1,84·10 <sup>-5</sup>	1,84·10 <sup>-4</sup>	0,365·10 <sup>-4</sup>	1,84·10 <sup>-5</sup>
	1 088,5	1 187,7	1 187,9	5 888,7	5 969,9	5 986,99	11 888,9	11 977,9	11 988,3
Критерий среднего риска (критерий Лапласа). Критерий недостаточного основания. Критерий, учитывающий возможный массив исходных данных, руб./год	$\Delta R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta R_i}{n}; \quad \Delta R_{cp} = 6362,7 \text{ руб} / \text{год}$								
Критерий максимального риска учитывает неблагоприятные исходные данные	$\Delta R_{max} = \max_{i=1}^n \Delta R_i; \quad \Delta R_{max} = 11988,3 \text{ руб} / \text{год}$								

# Матрица изменения риска для стратегии (A<sub>2</sub>), при отсутствии второго датчика, определяющего концентрацию взрывоопасной смеси в резервуарном парке

Величина ущерба 10 млн. руб.

Изменение риска при реализации стратегии A <sub>2</sub> (отсутствие датчика определяющего концентрацию взрывоопасной смеси в резервуарном парке ΔR <sub>i</sub> , руб/год)	Изменение исходных данных								
	Частота события при отсутствии элемента защиты, Ψ <sub>отс</sub> - 1/год								
	Оптимистичный подход - увеличение вероятности в 10 раз			Умеренный подход - увеличение вероятности в 50 раз			Консервативный подход - увеличение вероятности в 100 раз		
	Частота события при наличии элемента защиты Ψ <sub>иб</sub> - 1/год			Частота события при наличии элемента защиты Ψ <sub>иб</sub> - 1/год			Частота события при наличии элемента защиты Ψ <sub>иб</sub> - 1/год		
	5,65·10 <sup>-3</sup>	2,82·10 <sup>-3</sup>	5,65·10 <sup>-4</sup>	5,65·10 <sup>-3</sup>	2,82·10 <sup>-3</sup>	5,65·10 <sup>-4</sup>	5,65·10 <sup>-3</sup>	2,82·10 <sup>-3</sup>	5,65·10 <sup>-4</sup>
	508,5	536,7	559,3	2 768,5	2 796,7	3158,3	5 593,5	5 621,1	5 644,3
Критерий среднего риска (критерий Лапласа). Критерий недостаточного основания. Критерий, учитывающий возможный массив исходных данных, руб/год	$\Delta R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta R_i}{n}; \quad \Delta R_{cp} = 3120,7 \text{ руб / год}$								
Критерий максимального риска учитывает неблагоприятные исходные данные	$\Delta R_{max} = \max_{i=1}^n \Delta R_i; \quad \Delta R_{max} = 5644,3 \text{ руб / год}$								

# Матрица изменения риска для стратегии (А<sub>3</sub>), при отсутствии ПАЗ топочного пространства нагревательных печей со средствами автоматической подачи водного пара в топочное пространство и в змеевики при прогаре

Величина ущерба 18 млн. руб.

Изменение риска при реализации стратегии А <sub>3</sub> (отсутствие ПАЗ топочного пространства нагревательных печей с автоматическими средствами ΔR <sub>i</sub> , руб/год)	Изменение исходных данных								
	Частота события при отсутствии элемента защиты, Ψ <sub>отс</sub> - 1/год								
	Оптимистичный подход - увеличение вероятности в 10 раз			Умеренный подход - увеличение вероятности в 50 раз			Консервативный подход - увеличение вероятности в 100 раз		
	Частота события при наличии элемента защиты Ψ <sub>16</sub> - 1/год			Частота события при наличии элемента защиты Ψ <sub>16</sub> - 1/год			Частота события при наличии элемента защиты Ψ <sub>16</sub> - 1/год		
	3,7·10 <sup>-4</sup>	0,74·10 <sup>-4</sup>	3,7·10 <sup>-5</sup>	3,7·10 <sup>-4</sup>	0,74·10 <sup>-4</sup>	3,7·10 <sup>-5</sup>	3,7·10 <sup>-4</sup>	0,74·10 <sup>-4</sup>	3,7·10 <sup>-5</sup>
	59 940	65 268	65 934	326 340	331 668	332 334	659 340	664 668	665 334
Критерий среднего риска (критерий Лапласа). Критерий недостаточного основания. Критерий, учитывающий возможный массив исходных данных, руб/год	$\Delta R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta R_i}{n}; \quad \Delta R_{cp} = 352980 \text{ руб / год}$								
Критерий максимального риска учитывает неблагоприятные исходные данные	$\Delta R_{max} = \max_{i=1}^n \Delta R_i; \quad \Delta R_{max} = 665334 \text{ руб / год}$								

Группа компаний «Технориск»

тел.: (8452) 549-549; e-mail: [info@technorisk.ru](mailto:info@technorisk.ru), [www.technorisk.ru](http://www.technorisk.ru)

## Ранжирование отступлений от требований промышленной безопасности по величине изменения риска с учетом неопределенности

Наименование стратегии	Критерий среднего риска, $\Delta R_{\text{ср.}}$ , руб/год	Критерий максимального риска, $\Delta R_{\text{max}}$ , руб/год	Ранжирование риска, место, определяемое стратегией по величине среднего риска	Ранжирование риска, место, определяемое стратегией по величине максимального риска
<b>Стратегия А<sub>1</sub></b> Отсутствие задвижки с дистанционным управлением в насосной	6 362,7	11 988,3	2	2
<b>Стратегия А<sub>2</sub></b> Отсутствие второго датчика, определяющего концентрацию взрывоопасной смеси в резервуарном парке	3 120,7	5 644,3	3	3
<b>Стратегия А<sub>3</sub></b> Отсутствие ПАЗ топочного пространства нагревательной печи со средствами автоматической подачи водяного пара в топочное пространство и в змеевик при прогаре труб	352 980,0	665 334,0	1	1



## Показатели ранжирования мероприятий по снижению риска

**Удельные затраты:** 
$$z^{y\partial} = \frac{z_i}{\Delta R_i} \text{ руб/руб}, \quad (1)$$

где  $z_i$  - общие затраты на реализацию мероприятия, руб/год;  
 $\Delta R_i$  - величина снижения риска, руб/год.

**Финансовый риск:** 
$$\Delta z_{ij}^{y\partial} = z_{ij}^{y\partial} - z_{ij}^{y\partial \min} \text{ руб/руб}, \quad (2)$$

где  $\Delta z_{ij}^{y\partial}$  - удельные затраты, в рассматриваемой стратегии;

$z_{ij}^{y\partial \min}$  - минимальные удельные затраты при заданных исходных данных.

## Матрица величины удельных затрат (руб/руб) и финансового риска (руб/руб) для различных мероприятий (стратегий), направленных на снижение риска

Вид мероприятия, направленного на снижения риска (выполнение требований, норм и правил)	Состояние исходных данных $V_j$ ( $i=1\dots n$ )		
	1	j	n
<b>Стратегия <math>B_1</math></b> Установка задвижек с дистанционным управлением в насосной	$z_{11}^{y\partial}$ $\Delta z_{1i}^{y\partial}$	$z_{1j}^{y\partial}$ $\Delta z_{ij}^{y\partial}$	$z_{1n}^{y\partial}$ $\Delta z_{in}^{y\partial}$
<b>Стратегия <math>B_i</math></b> Установка дополнительного датчика в резервуарном парке	$z_{i1}^{y\partial}$ $\Delta z_{i1}^{y\partial \min}$	$z_{ij}^{y\partial}$ $\Delta z_{ij}^{y\partial \min}$	$z_{in}^{y\partial}$ $\Delta z_{in}^{y\partial \min}$
<b>Стратегия <math>B_m</math></b> Установка ПАЗ топочного пространства нагревательной печи с автоматическими средствами	$z_{m1}^{y\partial}$ $\Delta z_{m1}^{y\partial}$	$z_{mj}^{y\partial}$ $\Delta z_{mi}^{y\partial}$	$z_{mn}^{y\partial}$ $\Delta z_{mn}^{y\partial}$

## Матрица удельных затрат (руб/руб), финансовых рисков (руб/руб) и критерий для выбора наилучших мероприятий (стратегий), направленных на снижение риска

Стратегии	Состояние исходных данных			Критерий Лапласа (средние удельные затраты)	Критерий Лапласа (средний финансовый риск)	Критерий Сэвиджа (минимаксный риск)
	Консервативный подход – снижение вероятности аварии в 10 раз	Умеренный подход – снижение вероятности аварии в 50 раз	Оптимистический подход – снижение вероятности аварии в 100 раз			
<b>Стратегия В<sub>1</sub></b> Установка задвижек с дистанционным управлением в насосной Общие затраты З=3 млн. руб	$z_{уд}=2527,4$ $\Delta z_{уд}=2220,4$	$z_{уд}=503$ $\Delta z_{уд}=442,7$	$z_{уд}=252$ $\Delta z_{уд}=221,9$	1094,13	961,7	2220,4
<b>Стратегия В<sub>2</sub></b> Установка дополнительного датчика в резервуарном парке Общие затраты З=0,25 млн. руб	$z_{уд}=466,4$ $\Delta z_{уд}=159,4$	$z_{уд}=89,4$ $\Delta z_{уд}=29,1$	$z_{уд}=44,5$ $\Delta z_{уд}=14,4$	200,1	67,6	159,4
<b>Стратегия В<sub>3</sub></b> Установка ПАЗ топочного пространства нагревательной печи с автоматическими средствами Общие затраты З=20 млн. руб	$z_{уд}^{min} = 307,0$ $\Delta z_{уд}=0$	$z_{уд}^{min} = 60,3$ $\Delta z_{уд}=0$	$z_{уд}^{min} = 30,1$ $\Delta z_{уд}=0$	132,5	0	0

## Основные результаты деятельности ГК «Технориск»

- разработка деклараций промышленной безопасности – 134;
- экспертиза деклараций промышленной безопасности – 175;
- экспертиза проектной документации – 541;
- экспертиза иных документов, в том числе для получения лицензии – 86;
- разработка ПЛАС – 174;
- экспертиза ПЛАС – 236;
- разработка ПЛАР(Н) – 44;
- разработка паспортов безопасности – 58;
- идентификация опасных производственных объектов – 70;
- экологический аудит – 89.

# Спасибо за внимание !

## Учет неопределенности исходной информации при оценке риска и ранжировании мероприятий по снижению риска

А.И. Попов, А.М. Козлитин,  
И.С. Чугунов, А.А. Попов

**Группа компаний «Технориск»**

тел.: (8452) 549-549

e-mail: [info@technorisk.ru](mailto:info@technorisk.ru)

[www.technorisk.ru](http://www.technorisk.ru)