

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА КРУПНОЙ АВАРИИ НА КАЧЕСТВЕННОМ И КОЛИЧЕСТВЕННОМ УРОВНЯХ

План доклада:

1. Исходные предпосылки, понятия и определения.
2. Прогнозирование риска аварии на качественном уровне.
3. Прогнозирование риска на количественном уровне.

Авторы: Прибора Любовь Вадимовна, Белов Петр Григорьевич
МАТИ-РГТУ им. К.Э. Циолковского:

ИСХОДНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Авария – происшествие на технике сопровождаемое причинением различного ущерба объектам из состава людских, материальных и природных ресурсов, исключая гибель людей

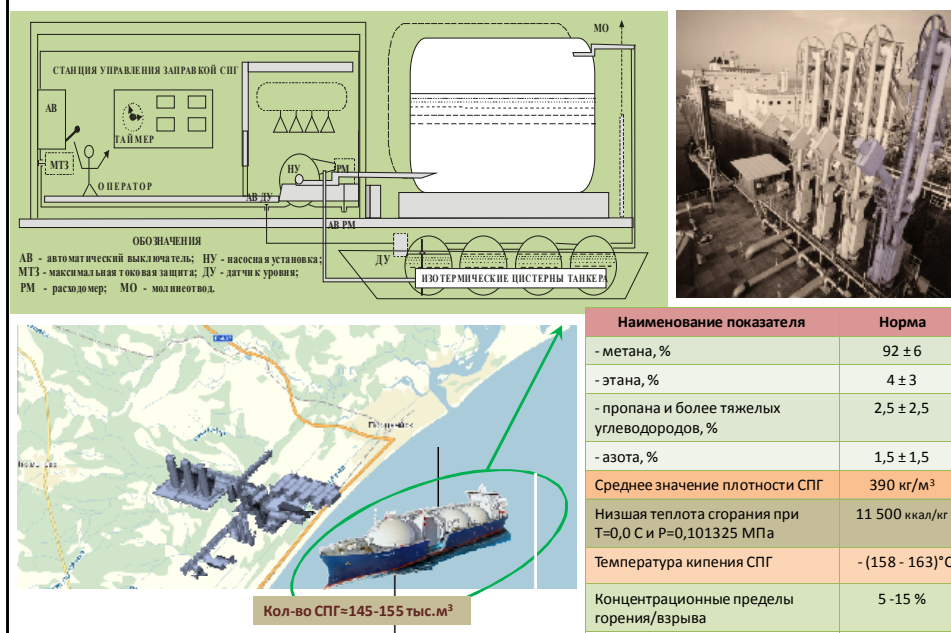
Ущерб – мера или результат такого изменения объекта, которое сопровождается ухудшением существенных свойств и делает его менее пригодным для использования по назначению.

Объект исследования – процесс перекачки сжиженного природного газа из хранилища завода в танкер.

Метод исследования – системный (качественный и количественный) анализ на основе моделирования с помощью причинно-следственных диаграмм с целью выявления наиболее критичных факторов и обоснования предложений по их устранению.

Риск – интегральная мера опасности, одновременно характеризующая как возможность причинения какого-либо ущерба, так и его ожидаемую величину.

МОДЕЛЬ ИССЛЕДУЕМОГО ПРОЦЕССА ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ



ОБЗОР МЕТОДОВ АНАЛИЗА РИСКА НА КАЧЕСТВЕННОМ УРОВНЕ

Наиболее широкое распространение на практике ныне получили следующие методы:

- 1) обзор безопасности (Safety Review),
- 2) метод контрольных листов (Checklist Analysis),
- 3) метод "А что если?" (What, If),
- 4) предварительное исследование опасности (Preliminary Hazard Analysis),
- 5) анализ видов отказов и последствий (Failure Modes And Effects Analysis),
- 6) метод изучения опасностей и функционирования (Hazard And Operability Study- Hazop),
- 7) анализ причин-последствий (Cause-Consequence Analysis),
- 8) анализ ошибок персонала (Human Reliability Analysis),
- 9) метод идентификации опасностей (Hazard Identification)
- 10) Метод анализа опасностей (Hazard Analysis).

| Балл | Лингвистическое значение оценок показателя: | | | Число |
|------|---|----------------------|------------------------|-------|
| | «мера возможности» | «мера результата» | | |
| | | размеры ущерба | время до проявления | |
| 5 | Совершенно невозможно | Очень, очень низкий | Бесконечно долго | 0,0 |
| | Практически невозможно | Очень низкий | Почти бесконечно долго | 0,1 |
| | Допустимо, но маловероятно | Низкий | Исключительно медленно | 0,2 |
| 4 | Отдаленно возможно | Ниже среднего | Очень медленно | 0,3 |
| | Необычно, но возможно | Средний | Медленно | 0,4 |
| | Неопределенно возможно | Выше среднего | Неопределенно быстро | 0,5 |
| 3 | Практически возможно | Серьезный | Быстро | 0,6 |
| | Вполне возможно | Очень серьезный | Очень быстро | 0,7 |
| 2 | Наиболее возможно | Высокий | Исключительно быстро | 0,8 |
| | Достоверно возможно | Очень высокий | Почти мгновенно | 0,9 |
| 1 | Абсолютно достоверно | Очень, очень высокий | Практически мгновенно | 1,0 |



ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА РИСКА

| Код ОТУ | Наименование подсистемы и/или ОТУ | Доминирующий в ОТУ энергозапас | Критически важный элемент ОТУ | Критически значимый для ЧС инцидент |
|---------|---|---|--|---|
| 1 | Система перекачки СПГ из емкостей завода в танкер | СПГ – криогенное аварийно опасное <u>вещество</u> | <u>Обечайки</u> изотермической цистерны – внутренняя и внешняя | Полное <u>разрушение</u> или значительная разгерметизация |

Источники и способы проявления риска в виде техногенной ЧС

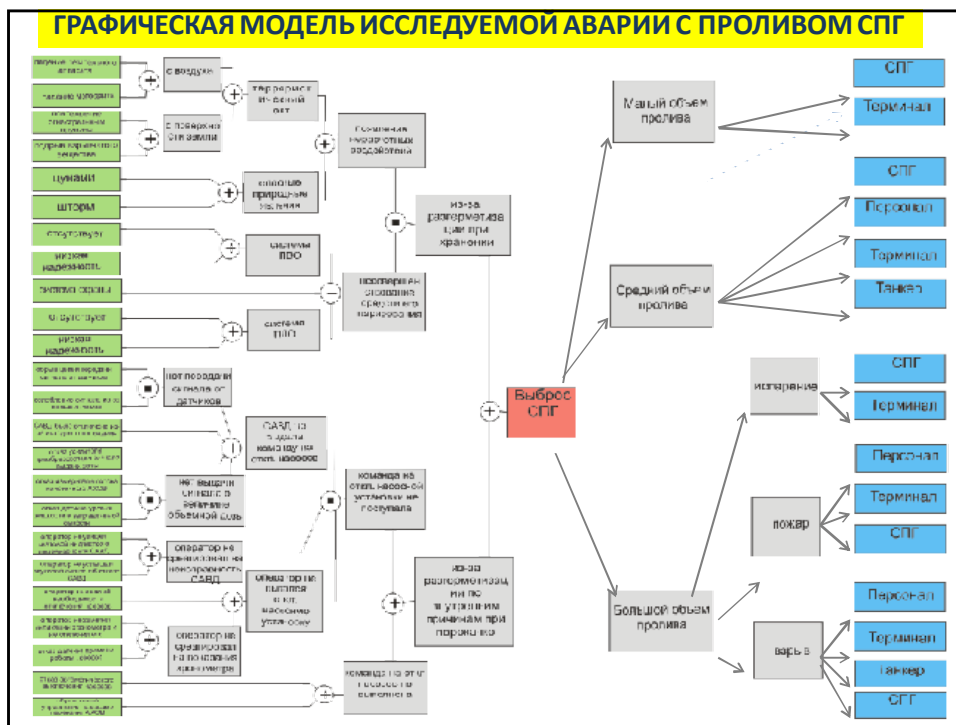
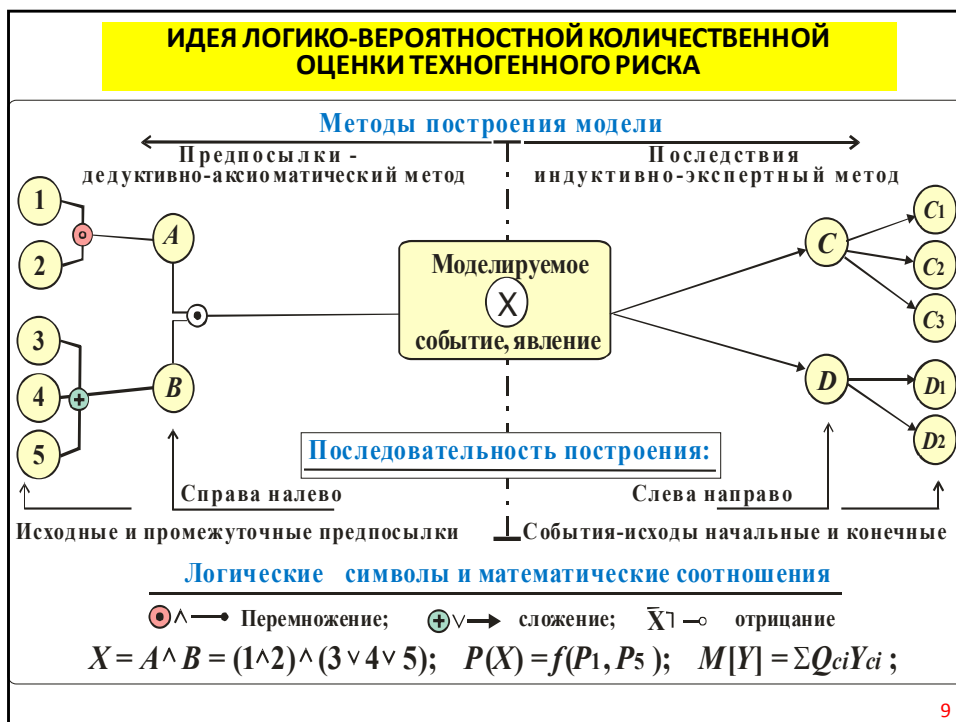
| Код ЧС | Наименование ЧС с аварийным выбросом КПГ/СПГ и главной причины, способной обусловить его возникновение | Перечень других причин и признаков – дефектов проекта ОПО, указывающих на возможность их появления в виде: | | |
|--------|---|--|---|---|
| | | отказа или неисправности высокозначимого элемента ОТУ | ошибочного либо несанкционированного действия людей | нерасчетного или неблагоприятного воздействия внешней среды |
| 1.1 | <u>Пролив</u> большого количества СПГ из-за разрушения судовой изотермической цистерны вследствие её переполнения по причине несвоевременного прекращения работы насосной установки из состава отгрузочно-заправочного терминала завода по производству СПГ | <u>Неотключение</u> насосной установки <u>системой</u> автоматической <u>выдачи дозы</u> из-за появления отказа нерезервированного расходомера СПГ терминала и сбоя в незащищенном от помех тракте передачи сигнала от датчика уровня цистерны | <u>Невыдача команды</u> вручную на заблаговременное прекращение заправки СПГ и оперативное отключение насосной установки по причине профессиональной непригодности оператором и отсутствия контроля его действий со стороны других лиц завода | Внезапное и резкое <u>ухудшение погоды</u> (гроза с длительными и интенсивными грозовыми разрядами) во время ночной перекачки СПГ из заводского резервуара-хранилища в изотермические судовые цистерны, |

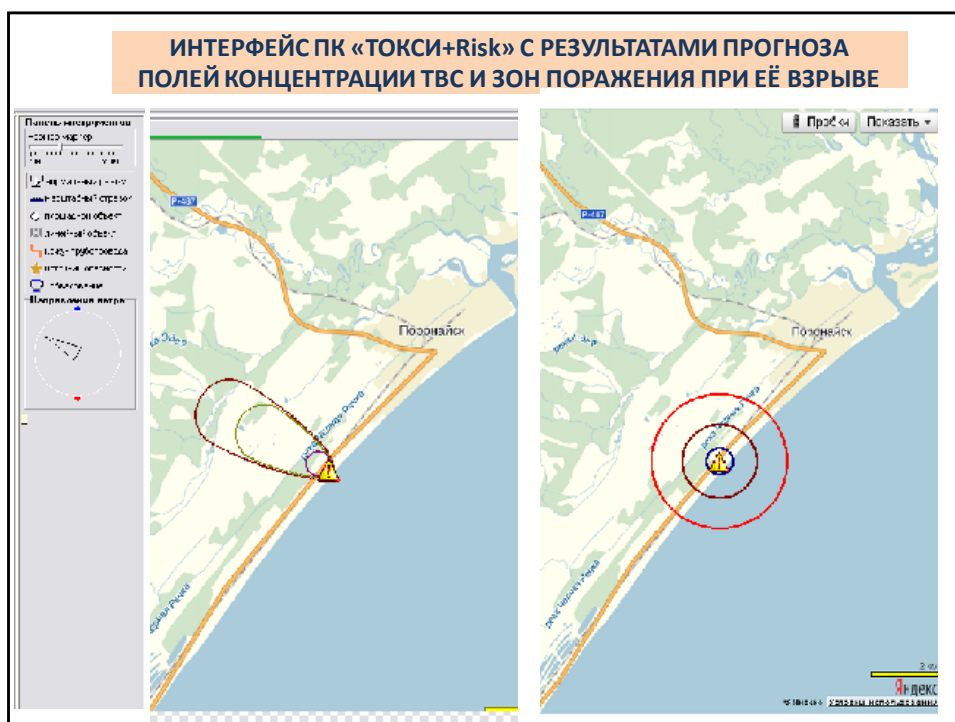
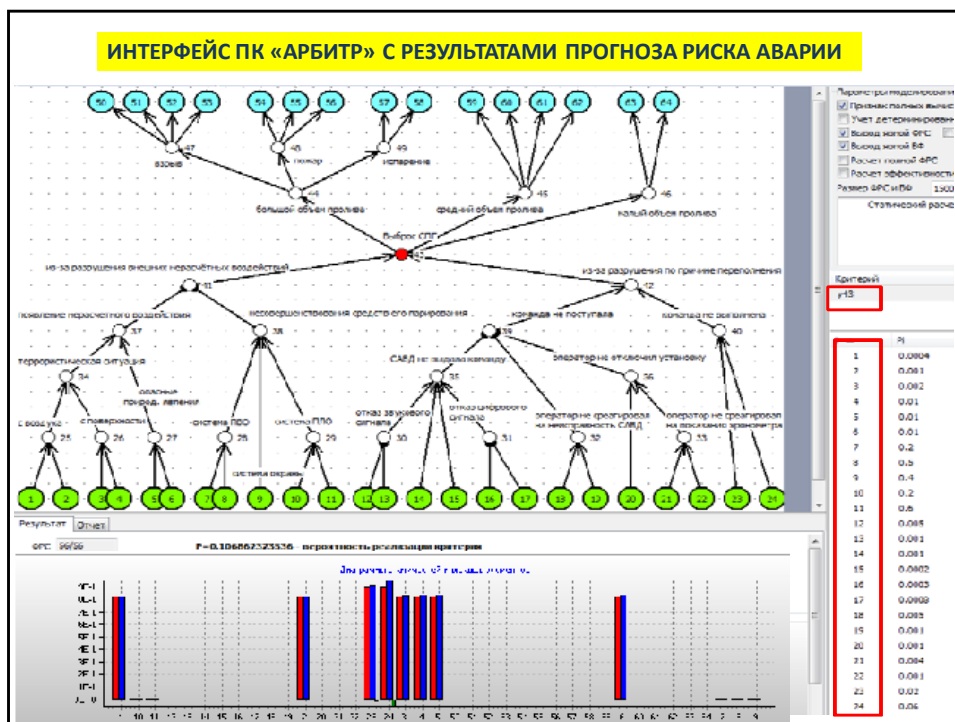
Признаки и обстоятельства формирования ПЦП к возможному крупному проливу СПГ

ИТОГОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА РИСКА

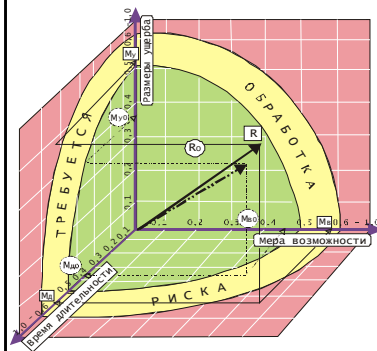
| Код ОТУ | Код ЧС | Мера возможности M_B | Мера результата | | Интегральная оценка риска ЧС на исследуемом ОТУ $R = M_B \cdot M_y / M_d$ |
|--|--------|---------------------------|---------------------|----------------------------|--|
| | | | Мера ущерб M_y | Мера длительности M_d | |
| Значения показателей «проектного» риска | | | | | |
| 1 | 1.1 | 0,60 | 0,60 | 0,50 | 0,72 |
| Допустимый риск после обработки с целью снижения <u>возможности</u> появления ЧС | | | | | |
| | | 0,45 | 0,60 | 0,50 | |
| Показатели риска после обработки с целью уменьшения <u>результата</u> появления ЧС | | | | | |
| | | 0,45 | 0,40 | 0,35 | |
| Значения показателей «остаточного» риска | | | | | |
| 1 | 1.1 | 0,45 | 0,40 | 0,35 | $R_o = M_B \cdot M_y / M_d \approx 0,4$ |

Вывод: результаты качественного анализа риска аварии с крупным проливом СПГ позволили выявить узкие места и предложить мероприятия по их устранению, а также получить полуколичественные оценки частных и интегрального показателей.





МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА КРУПНОГО ПРОЛИВА



Дополнительные сведения по данной технологии можно найти в учебнике: Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. М.: Юрайт. 2014. – 728 с. ЧС изложены

| № предпосылки | 4 | 5 | 17 | 23 |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--|
| Наименование предпосылки | Гидродинамическое воздействие | Падение летательного аппарата | Отказ датчиков уровня | Отказ управляющих устройств системы защиты от перелива |
| Исходная вероятность предпосылки | $1 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | $8,8 \cdot 10^{-2}$ | $3,1 \cdot 10^{-3}$ |
| Мероприятия | Установка волнореза | Установка ЗРК | Резервирование | Резервирование |
| Вероятность предпосылки после мероприятий | $1 \cdot 10^{-6}$ | $4 \cdot 10^{-6}$ | $7,744 \cdot 10^{-3}$ | $9,61 \cdot 10^{-6}$ |
| Вероятность головного события после мероприятий | 0,11216 | 0,11216 | 0,03400 | 0,10942 |
| Затраты на мероприятия, \$ | 330000 | 40000 | 7000 | 30000 |
| Изменение вероятности головного события | 0,00001 | 0,00001 | 0,07817 | 0,00275 |
| Изменение среднего ожидаемого ущерба, \$ | 1567 | 1567 | $12,25 \cdot 10^6$ | 430945 |
| Эффективность | 210,6 | 25,5 | $5,71 \cdot 10^{-8}$ | $6,9 \cdot 10^{-4}$ |