



Группа компаний «Промышленная безопасность» (НП ПБ-ГРУПП)  
Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности  
(ЗАО НТЦ ПБ)  
Агентство исследований промышленных рисков (АНО АИПР)

21+

## Анализ риска аварий на ОПО. Обоснование проектных решений и промышленной безопасности

Лисанов Михаил Вячеславович, д.т.н.,  
директор Центра анализа риска ЗАО НТЦ ПБ

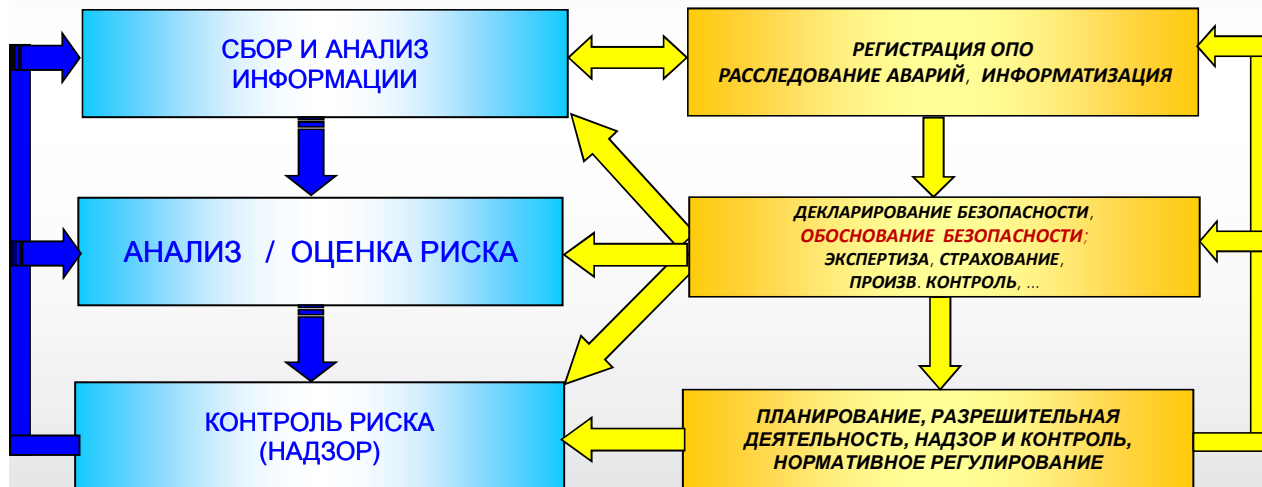
Москва, 21.05.2013

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

«3.1. Анализ риска аварий ... является составной частью управления промышленной безопасностью...»

ЭТАПЫ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА

ПРОЦЕДУРЫ ФЗ-116



Ст. 3 Федерального закона  
«О промышленной безопасности опасных  
производственных объектов» (от 04.03.2013)

4. В случае если при эксплуатации, капитальном ремонте, консервации или ликвидации ОПО

требуется отступление от требований промышленной безопасности, установленных федеральными нормами и правилами

требований недостаточно

и (или) они не установлены

лицо, осуществляющее подготовку проектной документации может установить требования промышленной безопасности к его эксплуатации, капитальному ремонту, консервации и ликвидации в обосновании безопасности опасного производственного объекта

# Обоснование безопасности ОПО

**Обоснование** — процедура проведения тех убедительных аргументов, или доводов, в силу которых следует принять к.-л. утверждение или концепцию  
(Словарь логики. <http://enc-dic.com/logic>)

**ФЗ-116** (с изм. от 04.03.2013):

**Обоснование безопасности опасного производственного объекта** - документ, содержащий сведения

- о результатах **оценки риска** аварии на опасном производственном объекте и связанной с ней угрозы,
- **условия** безопасной эксплуатации опасного производственного объекта,
- **требования к эксплуатации**, капитальному ремонту, консервации и ликвидации опасного производственного объекта.

ТР: "**обоснование безопасности**" - документ, содержащий **анализ риска**, а также сведения из конструкторской, эксплуатационной, технологической документации о минимально необходимых **мерах по обеспечению безопасности**, сопровождающий машины и (или) оборудование на всех стадиях жизненного цикла и дополняемый сведениями о **результатах оценки рисков на стадии эксплуатации** после проведения ремонта (**Технический регламент «О безопасности машин и оборудования»**, ГОСТ Р 54122-2010, ГОСТ Р 54122-2010, ГОСТ Р 53488-2009)

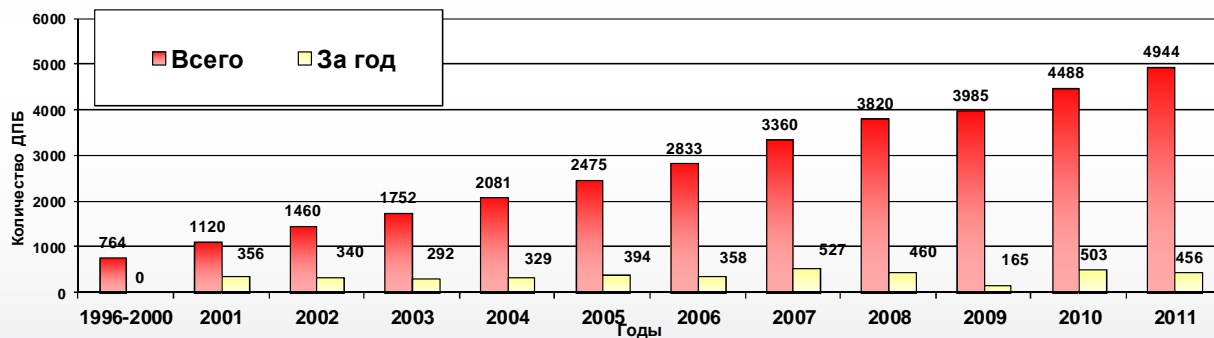
## Наиболее полно количественные показатели риска представлены в декларациях промышленной безопасности ОПО

Всего в государственном реестре (по состоянию на 01.01.2012 г.) зарегистрировано **298 652**

**ОПО,**

эксплуатируемых **129 913** организациями

(из них **3 434** ОПО 1-го типа, т.е. **1,3 %** от всех ОПО)



**Обобщенные сведения о ходе декларирования промышленной безопасности ОПО**

# Основные методические документы по риск-менеджменту (общие документы)

1. **РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов»** (утв. Госгортехнадзором России 10.07.01 №30)
2. **РД- 03-14-2005 «Порядок оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечень включаемых в неё сведений»** (утвержден приказом Ростехнадзор от 29.11.2005 № 893);
3. **Методические рекомендации по разработке декларации промышленной безопасности». РД 03-357-00** (утверждены Госгортехнадзором России 26.04.00 № 23).

## Национальные стандарты:

1. **ГОСТ Р 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.**
2. **ГОСТ Р 51897-2011/Руководство ИСО 73:2009 "Менеджмент риска. Термины и определения»** (идентичный международному документу Руководство ИСО 73:2009 "Менеджмент риска. Словарь. Руководство по использованию в стандартах»), с датой введения в действие 1 декабря 2012.
3. **ГОСТ Р ИСО 17776-2010 «Нефтяная и газовая промышленность. Морские добычные установки. Способы и методы идентификации опасностей и оценки риска. Основные положения/ ISO-17776:2000 Petroleum and natural gas industries — Offshore production installations — Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment (IDT)**
4. **ГОСТ Р 51901.11-2005 (МЭК 61882:2001) Менеджмент риска. Исследование опасности и работоспособности. Прикладное руководство.**
5. **.ГОСТ Р 53387-2009. Лифты, эскалаторы и пассажирские конвейеры. Методология анализа и снижения риска**
6. **ГОСТ Р 51344-99 ..... и др. ...**

**Технический комитет по стандартизации ТК23**

<http://www.tksneftegaz.ru>

**Технический комитет по стандартизации  
«Техника и технологии добычи и переработки нефти и газа»**

# Основные методические документы по оценке риска аварий на ОПО (методики)

## РОСТЕХНАДЗОР:

1. «Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ» РД-03-26-2007 (утв. Ростехнадзором 14.12.07 №859);
2. «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» РД 03-409-01 (утв. Госгортехнадзором России 26.06.01)
3. Приложения к ПБ 09-540-03 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 05.05.03 № 29)
4. Методика оценки последствий химических аварий (ТОКСИ-2, согласована Госгортехнадзором России, 1998 г.)

## КОМПАНИИ:

New

1. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах и нефтепродуктопроводах (РД-13.020.00-КТН-148-11, ОАО АК «Транснефть», согл. Ростехнадзором, 2011 г.) – взамен МР-1999 г.
2. СТО Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром».
3. СТО Газпром 2-2.3-400-2009. Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром»
4. СТО Газпром 2-2.3-569-2011 Методическое руководство по расчету и анализу рисков при эксплуатации объектов производства, хранения и морской транспортировки сжиженного и сжатого природного газа ОАО «Газпром»

New

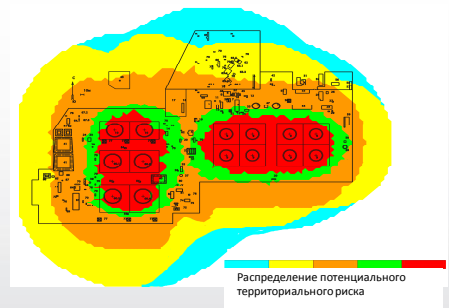
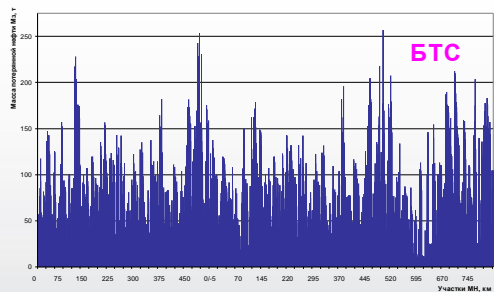
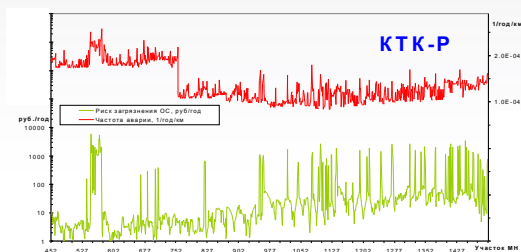
## МЧС РОССИИ, ГОСТ:

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. Приказом МЧС России №404 от 04.07.2009), с изм.) - *пожар пролива, огненный шар,*
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (утв. приказом МЧС России №382 от 30.06.2009) с изм.
3. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов (ВНИИПО МЧС России, 2012г.)
4. ...

New

# Анализ риска аварий:

выявление опасных, «слабых» мест,  
 обоснование мер безопасности,  
 возможность управления (РД 03-418-01, РД-03-14-2005).





# «За» и «против» количественной оценки риска (КОР)

## **Достоинство :**

- выявление «слабых мест» математическими средствами;
- сравнение различных опасностей по единым показателям
- наглядность результатов.

## **Недостатки :**

- Большой объем необходимой информации и расчетов
- Существенная зависимость результатов расчета от достоверности исходных данных и допущений - *«Риск-анализ – наука о допущениях»!*
- Возможность «подгонки расчетов» под результат»

### **На практике КОР:**

- «вероятностный анализ последствий» (ВАП), при котором не анализируются события и факторы, предшествующие разгерметизации оборудования и выбросу вещества, в т.ч. «человеческий фактор»; - для этого нужны методы *«деревьев отказов»*, но на практике применяют HAZOP и иные качественные методы анализа.
- Экспертная оценка, основанная на допущениях моделей и расчетах показателей риска.

### **Наиболее эффективен для сравнительного анализа мер безопасности:**

- На стадии проектирования, размещения объекта, устройств;
- При сравнении и обосновании технических решений, мер защиты;
- При оценке последствий аварий с выбросом опасных веществ.

# Сравнение зарубежной и российской нормативной методической базы

1. Российская нормативная методическая база по анализу риска в части **общих подходов и методологии**, отраженная в документах Ростехнадзора, МЧС России и ГОСТ Р, в целом **гармонизирована с зарубежной** (ISO 17776, ISO 3100 и др.).
  2. **Различия** связаны с:
    - 1) **применением отдельных методик, критериев поражения**, например, по последствиям взрывов облаков топливно-воздушных смесей (РД 03-409-01 и методика TNO-Multi-Energy);
    - 2) **допущениями, применяемыми на практике** (например, в зарубежной практике не рассчитываются сценарии с полным разрушением резервуаров СПГ);
    - 3) **отсутствием в России**
      - **нормативных методик расчета взрывных нагрузок в помещениях** (например, в платформах) **с учетом вероятности их возникновения** (давление взрыва в помещениях рассчитывается упрощенно по СП 12.13130.2009, за рубежом используются методы численного моделирования FLACS, KFX...);
      - **баз данных** по надежности оборудования, инцидентам и аварийности;
      - **требований и практики** по проведению **методов качественного анализа опасностей HAZID/HAZOP – эффективных для анализа технологических опасностей и дополняющей КОР** (проводится почти исключительно совместными предприятиями **ТНК-ВР, СЭИК, Эксон...**)
- Требования о проведении HAZID/HAZOP введены в ФНП ОПВБ (2013)*

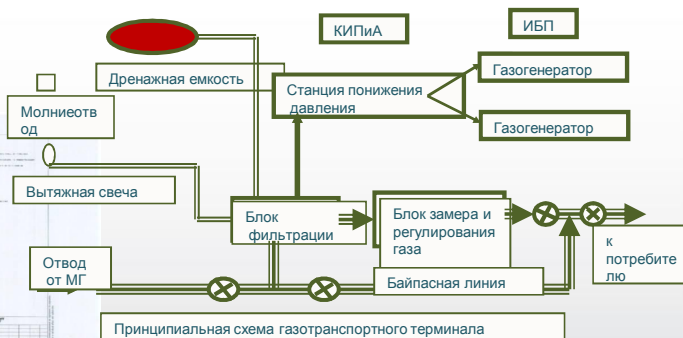
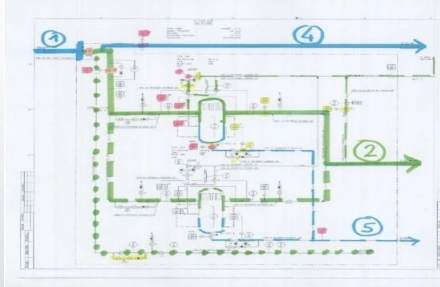
# Приложение 1 ФНП ОПВБ (2013): Анализ опасностей технологических процессов методами HAZID/HAZOP

**ЗАО НТЦ ПБ руководил 10 сессиями HAZID/HAZOP:** объектов газоснабжения проекта Сахалин-2 (2007-2009 гг.), объектов УПН, КС, МТ ШФЛУ (2010-2012)

EP 95-0312. HAZID, EP 95-0313. HAZOP (HSE Manual. Shell International Exploration & Production B.V.)  
РД 03-418-01, ГОСТ Р 51901.1-02, ГОСТ Р 51901.11-2005, ГОСТ Р 51344-99, документы ТНК-ВР.



**«Мозговой штурм» с участием  
группы 5-10 специалистов от экспертной, проектной,  
эксплуатирующей организаций, заказчика – [www.safety.ru](http://www.safety.ru)**



# Доля качественных и количественных методов анализа риска при проектировании нефтегазовых объектов

(Sevan 1000 FPSO Проект Goliat, Норвегия)

Safety studies	
Dropped object	
Fire risk analysis	
Coarse Explosion and ventilation study	
Explosion risk analysis	
Explosion risk analysis, sensitivities	
Ventilation study	
Wind chill index study	
Exhaust dispersion study	
Vent gas dispersion study	
Escape, Evacuation and Rescue Analysis	
Emergency Systems Survivability study	
Subsea Isolation valve study	
Ship collision	
Helicopter transport	
Subsea & riser risk assessment	
HAZEER	
HAZID	
Ship to ship evacuation and rescue	
Standby Vessel Rescue Recovery Study	
Ice-Strengthening Life Boat Study	
QRA activities	
Information gathering	
Area definition	
Segmentation and scenario definition	
Equipment count	
Leak frequency assessment	
Leak profiles	
Fire calculations	
Ignition probabilities	
Develop risk model	
Populate risk model	
Branch probability calculations	
Impact assessments	
Risk compilation	
QRA Sensitivities	
Non-hydrocarbon accidents	
Reporting QRA	
Comparative study	

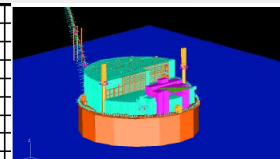


Figure 8.8: FLACS Geometry of Winterization seen from North East

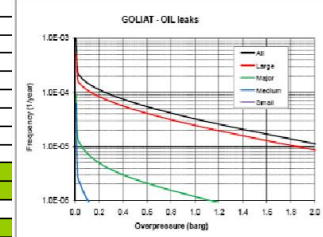
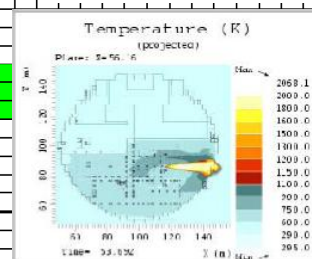


Figure 8.24: Pressure - Frequency Curve for M30 (Oil Leaks)

# «Барьеры безопасности» – организационные и технические меры защиты

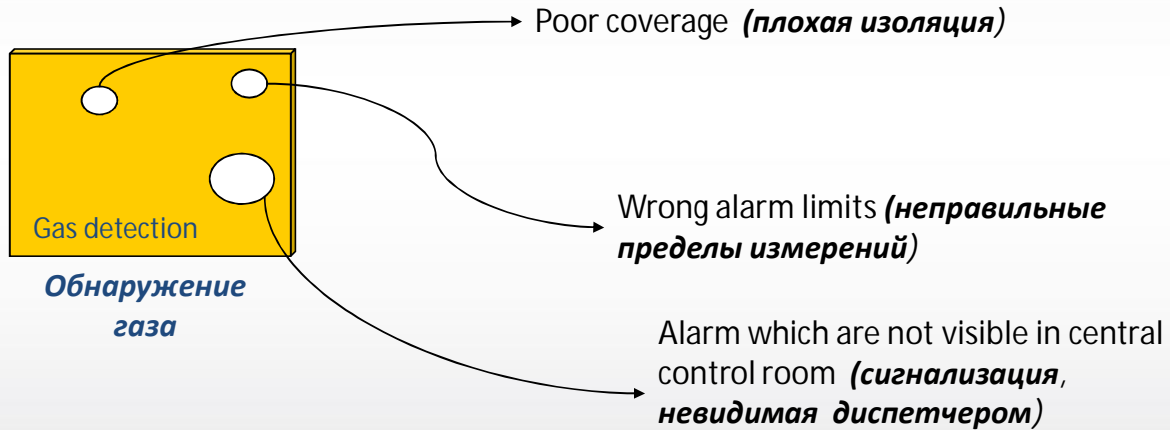
(ISO 17776:2000/ГОСТ Р ИСО 17776-2010, ГОСТ Р 541141...45)

Swiss Cheese Model - Модель сыра



Материалы DNV семинара по методологии количественной оценки риска для верхних строений платформ (07.12.2011)  
Adopted from Prof James Reason

# Barrier Integrity/ Барьер целостности



# Барьеры безопасности для морской нефтегазовой платформы

- Барьер для контроля источников возгорания:
- Обнаружение газа;
- Система аварийного отключения/отсекания;
- Нагретые поверхности;
- Огневые работы;
- Классификация зон.

- Барьер для предотвращения сильных взрывов:
- Вентиляция (размер облака);
- Компоновка;
- Взрывозащитные перегородки;
- Легкообъемные конструкции;
- Включение системы оповещения.

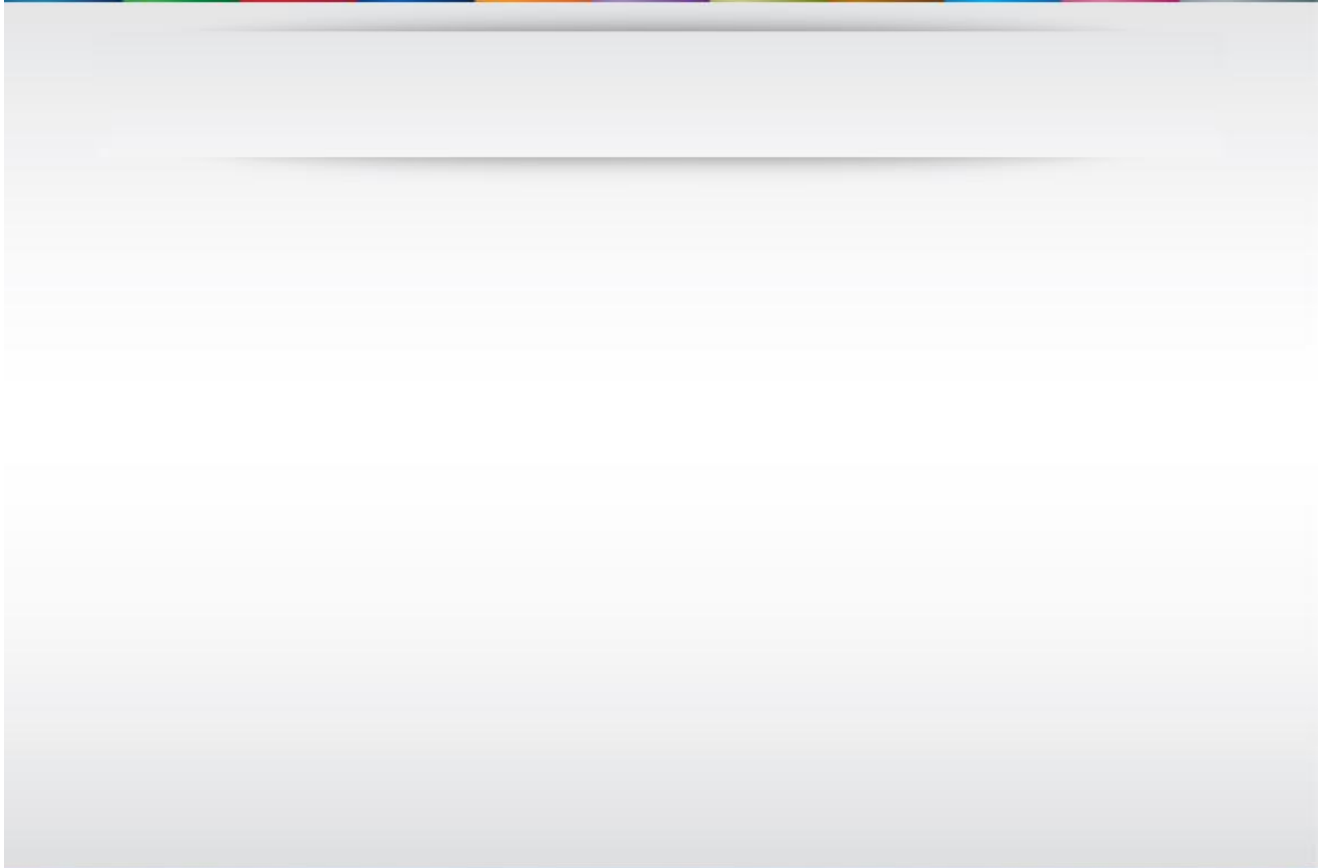
- Барьер для предотвращения летальных исходов:
- Компоновка, структурная прочность;
- Аварийное питание/освещение;
- Сигнализация и связь;
- Покидание;
- Эвакуация;
- ...



- Барьер для предотвращения разгерметизации:
- Штукатуривание;
- Обслуживание;
- Эксплуатация;
- Конструкция;
- Система безопасности процесса;
- ...

- Барьер для уменьшения размера и продолжительности облака:
- HVAC/вентиляция;
- Обнаружение газа;
- Система аварийного отключения/продувка;
- Система открытого дренажа;
- ...

- Барьер для предотвращения распространения пожара:
- Обнаружение пожара;
- Орошение/тровопожарная вода;
- Пассивная пожарная защита;
- Огнестойкие перегородки;
- Система аварийного отключения/продувка;
- Система дренажа.





## Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта» (Проект)

### 9. Раздел 2 «Результаты оценки риска аварии на опасном производственном объекте» содержит:

- описание методологии анализа опасностей и оценки риска, исходные предположения и ограничения анализа риска;
- описание метода анализа условий безопасной эксплуатации;
- исходные данные и их источники, в том числе данные по аварийности и надежности;
- анализ опасностей отклонений технологических параметров от регламентных;
- результаты идентификации опасности, в том числе по проведению анализа опасностей отклонений технологических параметров от регламентных;
- результаты оценки риска;
- перечень наиболее значимых факторов риска, влияющих на показатели риска и безопасности с учетом специфики конкретного опасного производственного объекта.

**Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие требования к обоснованию безопасности опасного производственного объекта» (Проект)**

**10. Раздел 3 «Условия безопасной эксплуатации опасного производственного объекта» содержит:**

- сведения о режимах нормальной эксплуатации опасного производственного объекта с указанием предельных значений параметров эксплуатации;
- перечень организационных и технических мер безопасности (барьеров безопасности), включая сведения о технологических защитах, блокировках, автоматических регуляторах с уставками срабатывания; перечень систем противоаварийной автоматической защиты, контролируемые ими параметры, уставки срабатывания систем противоаварийной автоматической защиты; требования к квалификации персонала;...

**ФЕДЕРАЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
"ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ  
ДЛЯ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ,  
НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ  
ПРОИЗВОДСТВ«**

**(утв. Ростехнадзором 11.03.2013 N 96, рег. Минюстом РФ 16.04.2013 №28138)**

**Принципиально новым** является внедрение положений о проведении:

- **анализа опасностей технологических процессов (HAZID / HAZOP , КОР)**  
*(Приложение 1)*
- **анализа риска взрыва, в том числе для обосновании взрывоустойчивости зданий и сооружений**, основанных на применении более точных методик последствий взрыва ТВС (РД 03-26-2007, РД 03-409-01) и вероятностных критериев разрушения зданий и гибели людей  
*(Приложение 3).*

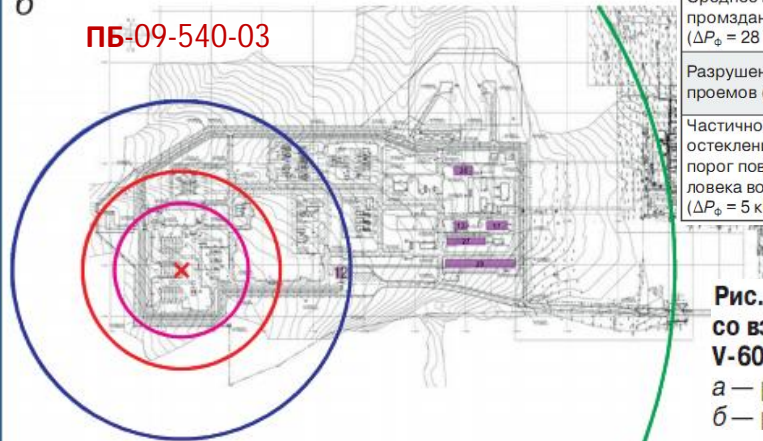
Индивидуальный риск для i-го человека или риска разрушения i-го здания:

$$R_i = \sum_{j=1}^G q_{ji} \cdot P(j)$$

**а** РД 03-409-01 -



**б** ПБ-09-540-03



**Сравнение зон разрушения при взрыве на УПГ по РД 03-409-01 (учитывает дефлаграцию) и ПБ-09-540-03 (модель «тротилового эквивалента» детонации)**

Повреждение	Радиус рассчитанной зоны поражения (разрушения), м		$\Delta$ , %	Обозначение на рис. 4
	РД 03-409-01	ПБ 09-540-03		
Сильное повреждение всех зданий ( $\Delta P_0 > 100$ кПа)	Н. д.	132	-	
Среднее повреждение зданий с массивными обвалами ( $\Delta P_0 = 70$ Па)	111	195	76	
Среднее повреждение промзданий ( $\Delta P_0 = 28$ кПа)	219	339	55	
Разрушение оконных проемов ( $\Delta P_0 = 14$ кПа)	350	974	178	
Частичное разрушение остекления, нижний порог повреждения человека волной давления ( $\Delta P_0 = 5$ кПа)	870	-	-	

**Рис. 4. Ситуационный план сценария аварии со взрывом ТВС при полном разрушении емкости V-601A-R:**

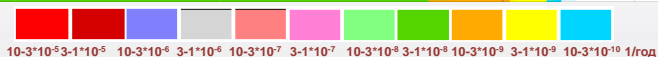
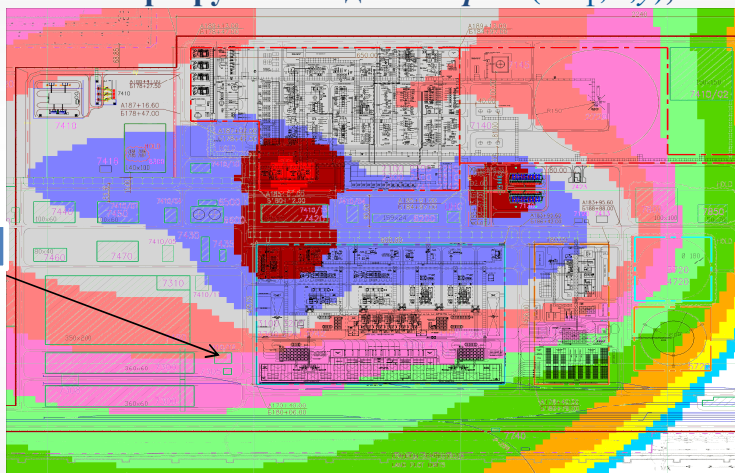
**а** — расчет по РД 03-409-01;

**б** — расчет по ПБ 09-540-03

В развитие ОПВБ (2013) в рамках разработки ряда СТУ ЗАО НТЦ ПБ разработано методика расчета показателей риска взрыва для обоснования взрывоустойчивости зданий и сооружений при внешних взрывах на ОПО:

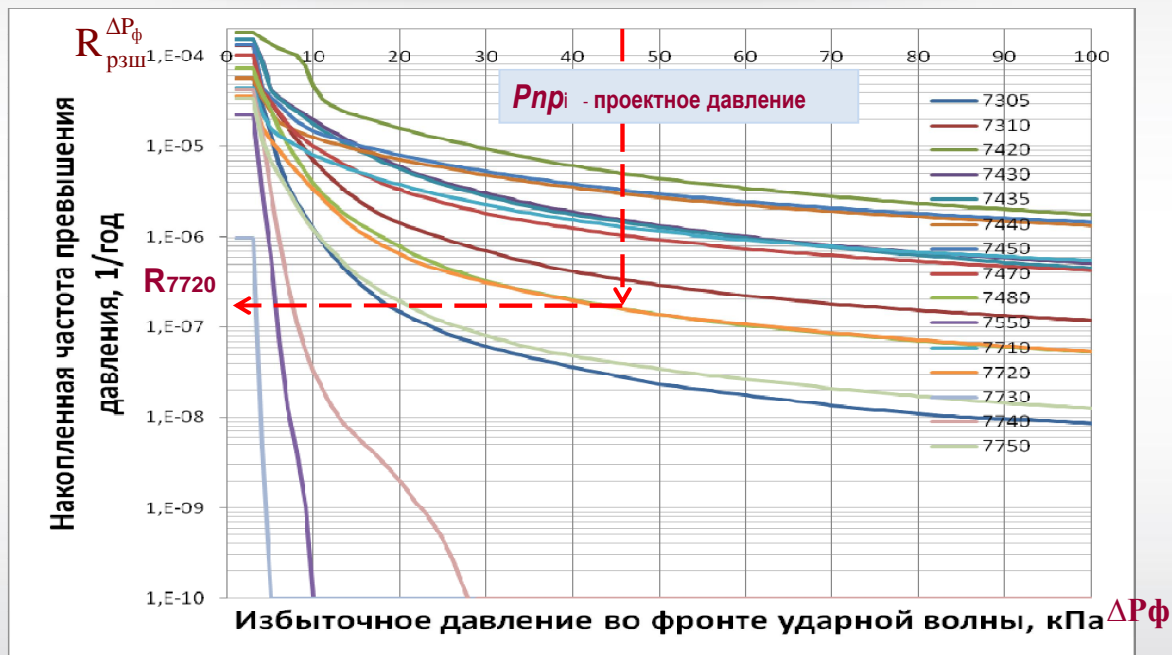
### Распределение потенциального риска разрушения зданий $R_{рзш}(\Delta P_{\phi}, x, y)$ , 1/год

здание 7720



$R_{рзш}^{\Delta P_{\phi}}(x, y)$  - частота превышение давления во фронте ударной волны  $\Delta P_{\phi}=12$  кПа

## Частота превышения $R_{рзш}^{\Delta P_{\phi}}$ избыточного давления во фронте ударной волны $\Delta P_{\phi}$ для различных зданий





## Пример реализации требований к минимальным безопасным расстояниям в СТУ на проектирование завода СПГ (проект Ямал-СПГ)

- 2.1. **Величины минимальных допустимых расстояний** между зданиями, сооружениями, технологическими установками (объектами) КПСГ должны удовлетворять следующим критериям:
  - частота эскалации аварии не превышает  $10^{-4}$  год $^{-1}$ ;
  - индивидуальный риск гибели людей на территории КПСГ при аварии на сооружении завода СПГ не превышает  $10^{-4}$  год $^{-1}$ ;
- 2.2. Для расчетов, связанных с оценкой зон поражения (воздействия) при авариях и обоснованием минимальных допустимых расстояний, следует применять следующие нормативные методики:
  - РД 03-409-01...;
  - РД 03-26-2007 ...;
  - Методика расчета ... пожарного риска МЧС России (приказ №404) – в части расчета пожара пролива, «огненного» шара.
- 2.3. **Допускается использовать методики и компьютерные программы, не входящие в перечень при их обосновании.**

**Обоснование** применяемых методик и компьютерных программ должно включать принятые методические допущения и предположения, модели расчета, значения основных исходных данных, результаты верификации, сравнение с другими, в том числе российскими моделями и фактическими данными по расследованию аварий и/или экспериментам, сведения об использовании в аналогичных проектах.

## Предложения по развитию методологии анализа риска (1)

1. Разработка системы сбора и анализа **данных по инцидентам и авариям** на ОПО в соответствии с требованиями ст. 9 ФЗ-116 с созданием соответствующих единых **информационных систем и баз данных**.

2. Установление положений в ФНП, Руководствах по безопасности:

- по применению методов анализа опасностей **HAZOP/HAZID**,
- **требований** к расчетным методикам и компьютерным программам, к системе **верификации методик и сертификации** программных комплексов (в том числе зарубежных) по анализу риска.



## Предложения по развитию методологии анализа риска (2)

- 3. Устранение **разночтений в расчетных методиках Ростехнадзора и МЧС России** в целях **исключения возможных противоречий** при обосновании промышленной и пожарной безопасности ОПО, *(например, при оценке минимальных безопасных расстояний от магистральных трубопроводов)*.
- 4. Разработка **отраслевых методик** для типовых ОПО, в том числе в качестве первоочередных - для продуктопроводов СУГ, объектов химического профиля, морских нефтегазовых объектов.
- 5. Определение порядка **проведения и прохождения экспертизы** обоснования безопасности в Ростехнадзоре

# Спасибо за внимание

*Лисанов Михаил Вячеславович*

**тел/факс 8-499-620-47-50**  
**risk@safety.ru**

**www.safety.ru, www.riskprom.ru**