



18-й научный семинар «Промышленная безопасность»
Крупные промышленные аварии: опасности, угрозы, вызовы
24 мая 2010, Москва, НТЦ ПБ

Анализ российских и зарубежных данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта

Савина Анна Вячеславовна, с.н.с
Дегтярев Денис Владиславович, н. с.

АНО «Агентство исследований промышленных рисков»

www.safety.ru <http://safety.moy.su>

e-mail: risk@safety.ru
т. (495) 620-47-50

Рассматриваемые базы данных по аварийности

- Европейская группа по сбору данных об авариях на газопроводах EGIG (European Gas Pipeline Incident Data Group) www.egig.nl;
- Ассоциация операторов магистральных сухопутных газопроводов Великобритании UKOPA (UNITED KINGDOM ONSHORE PIPELINE OPERATORS' ASSOCIATION) www.ukopa.co.uk;
- Европейская ассоциация нефтяных компаний CONCAWE (CONservation of Clean Air and Water in Europe) <http://www.concawe.be>;
- Бюро трубопроводной безопасности Управления по безопасности трубопроводов и опасным материалам Министерства транспорта США (Office of Pipeline Safety under the Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration – OPS PHMSA) <http://www.phmsa.dot.gov>;
- Национальное энергетическое управление Канады (National Energy Board – NEB) <http://www.neb.gc.ca>;
- Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) www.gosnadzor.ru/osnovnaya_deyatelnost_otchet.

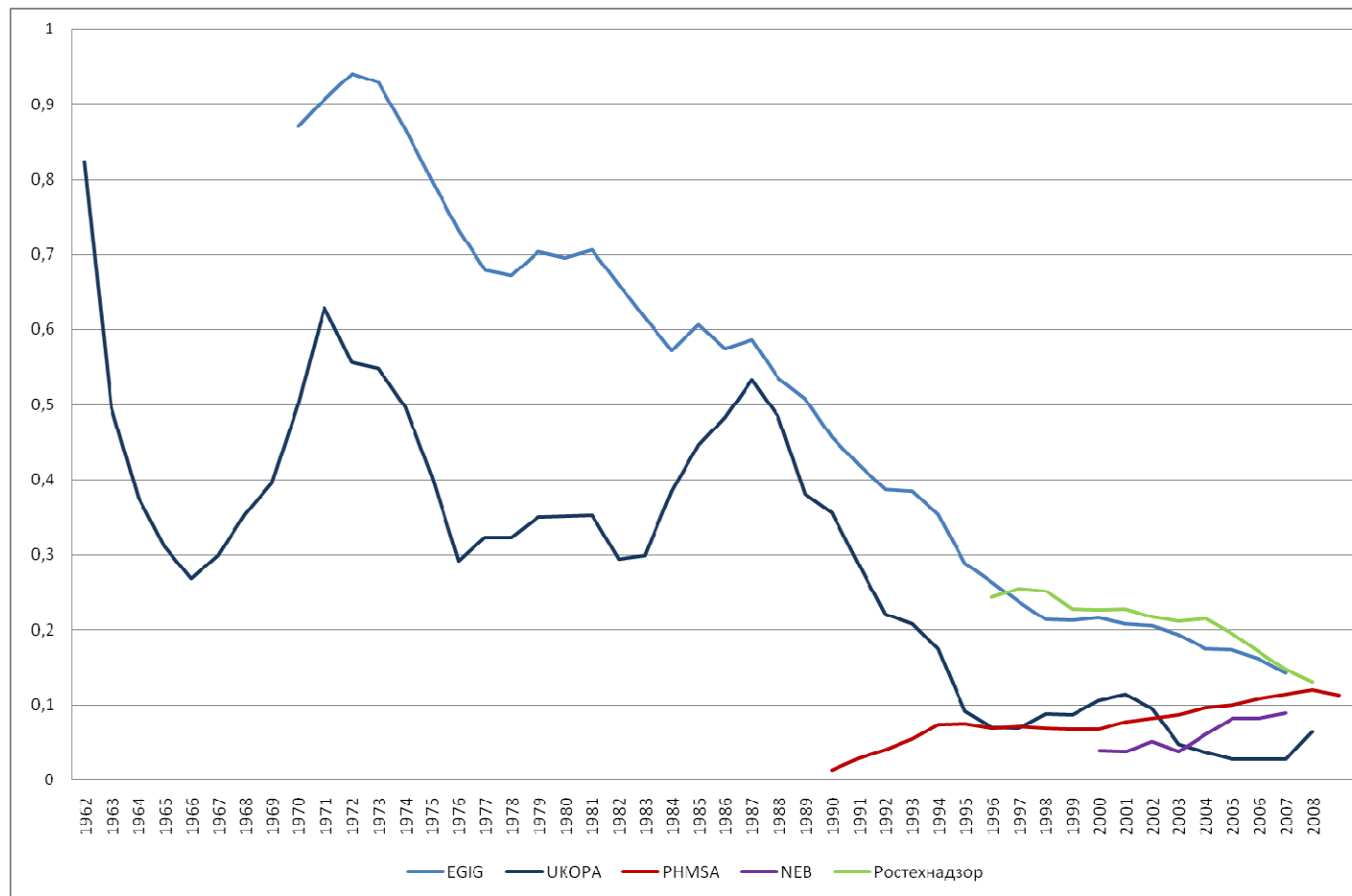
Основные характеристики объектов исследования - МТ

	EGIG	CONCAWE	УКОРА	NEB	PHMSA	Ростехнадзор
Объекты исследования	Только линейная часть	Линейная часть, а также насосные и промежуточные парки хранения	Только линейная часть	Линейная часть, а также все площадочные объекты и любое оборудование	Линейная часть, а также все площадочные объекты и любое оборудование	Линейная часть, а также все площадочные объекты и любое оборудование
Материал трубопроводов	Сталь	Сталь	Сталь, пластик, другие	Сталь	Сталь, пластик, другие	Сталь
Транспортируемые вещества	Природный газ	Сырая нефть и нефтепродукты	В основном природный газ	Природный газ, нефть, нефтепродукты	Природный газ, сырая нефть, нефтепродукты, опасные вещества, CO ₂ и др.	Природный газ, нефть, нефтепродукты
Морские/континентальные	континентальные	континентальные	континентальные	в основном континентальные	морские и континентальные	морские и континентальные
Типы нефтепроводов	магистральные (с давлением > 15 бар)	магистральные	магистральные	магистральные и часть промысловых	промысловые, магистральные, распределительные	Магистральные, промысловые
Общая протяженность, тыс. км	129,7	34,7	22,3 (из них магистральные газопроводы – 20,6)	газопроводы – 26,3; нефте- и нефтепродуктопроводы – 40,6	газопроводы – 471,1; нефтепроводы – 83,1; н/продуктопроводы – 98,2	242,7 (166 – магистральные газопроводы; 52,5 – нефтепроводы; 21,8 – продуктопроводы)
Период сбора	1971-2007	1971-2007	1962-2008	1991-1999, 2000-2007	1970-1984, 1984-2002, 2002-2009	1996-2009
Кол-во произошедших аварий за весь период сбора (за последние 5 лет)	1172 (88)	457 (49)	179 (7)	32 (2)	3526 (810)	525 (168)

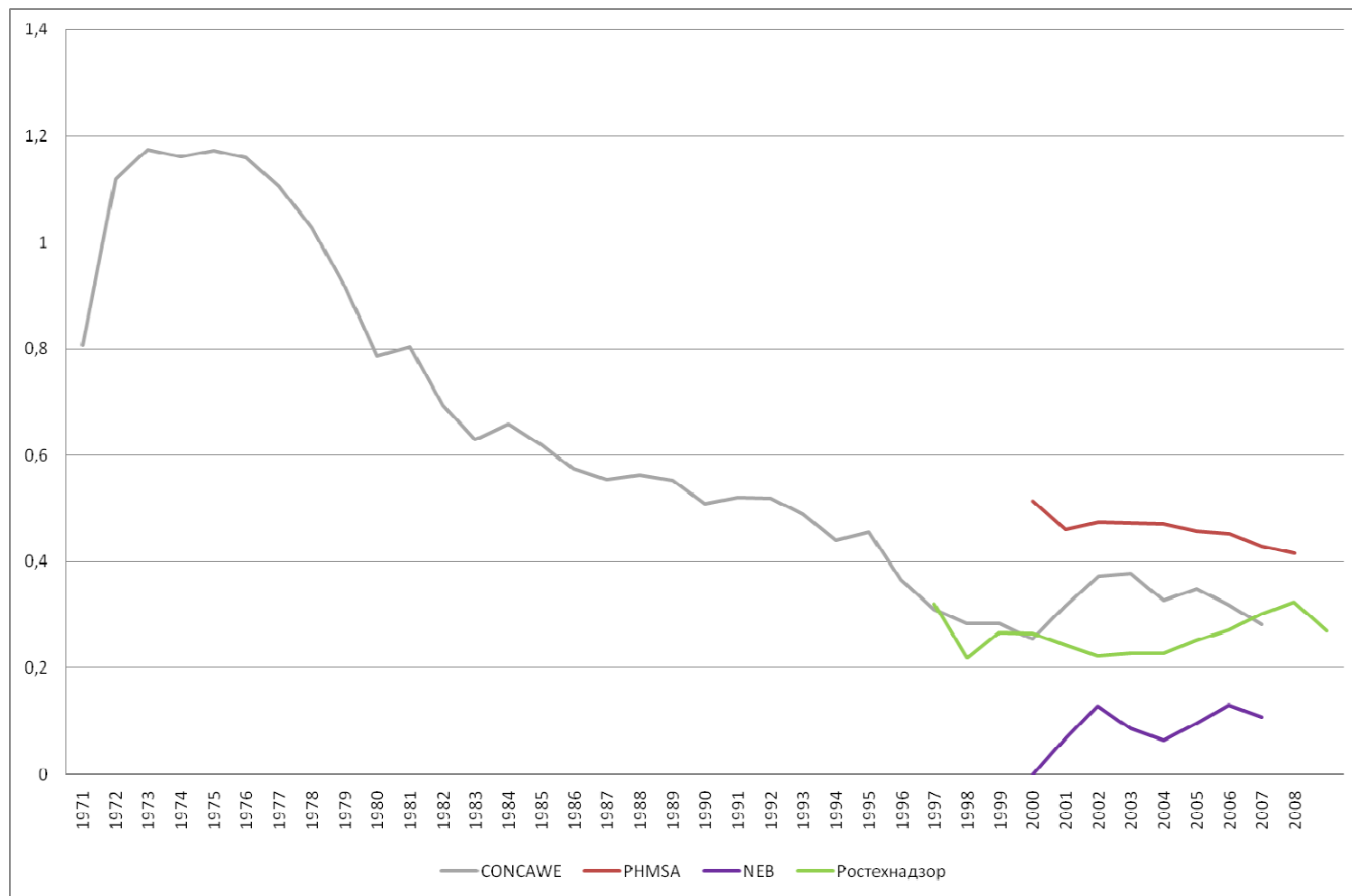
Различия в определении понятия «инцидент»

	Рассматриваемые инциденты
PHMSA	<ul style="list-style-type: none"> • наличие смертельно травмированных людей или получение травм требующих госпитализации; • оцененный ущерб превышает 50 000 долларов США; • наличие выброса высоко опасной жидкости свыше 5 баррелей (0,8 м³) или других жидкостей свыше 50 баррелей (8 м³); • выброс вещества сопровождающийся взрывом или пожаром.
NEB	<ul style="list-style-type: none"> • смерть или серьезный несчастный случай; • серьезное воздействие на окружающую среду; • пожар или взрыв; • выброс углеводородов низкого давления более 1,5 м³; • выброс газа или углеводородов высокого давления; • эксплуатацию трубопровода с нарушением предельных проектных параметров, установленных законодательством.
CONCAWE	все случаи сопровождающиеся утечкой не менее 1 м ³
EGIG	все утечки независимо от объема
UKOPA	все утечки независимо от объема и случаи дефектов и повреждений стенки трубопровода (не повлекшие, но могущие повлечь в дальнейшем разгерметизацию трубопровода).
Ростехнадзор	<ul style="list-style-type: none"> • смертельное травмирование/ травмирование с потерей трудоспособности; • воспламенение опасной жидкости или взрыв ее паров/ взрыв или воспламенение газа; • повреждение или разрушение других объектов; • загрязнение водных объектов; • объем утечки более 10 м³ жидкости/ более 10 000 м³ газа.

Удельная интенсивность аварий на магистральных газопроводах осредненная по пятилетним периодам (1/год/1000 км)



Удельная интенсивность аварий на магистральных нефте- и нефтепродуктопроводах осредненная по пятилетним периодам (1/год/1000 км)



Показатели аварийности европейских и американских трубопроводных систем

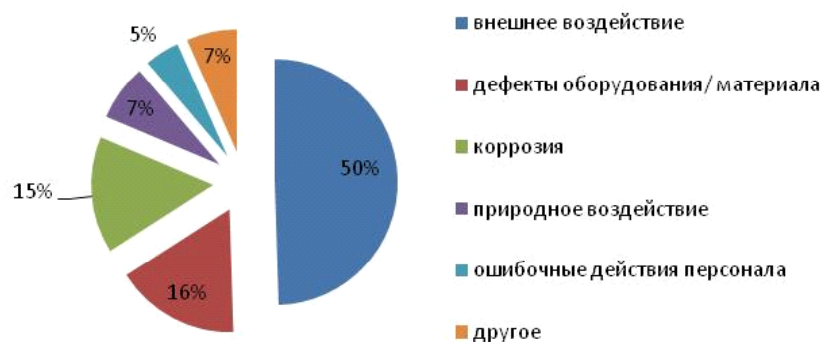
Частота инцидентов 1/год/1000км					
Период	Европа	Великобритания	США	Канада	Россия
Магистральные газопроводы					
Семидесятые годы	0,84	0,5	1,48	-	-
За весь период наблюдений	0,37	0,24	0,14	0,09	0,19
Последние пять лет	0,14	0,06	0,12	0,11	0,13
Магистральные нефте- и нефтепродуктопроводы					
Семидесятые годы	1,17	-	-	-	-
За весь период наблюдений	0,55	-	0,43	0,10	0,25
Последние пять лет	0,28	-	0,39	0,11	0,27

Травматизм при авариях на нефте- и газопроводах, чел./год/1000 км

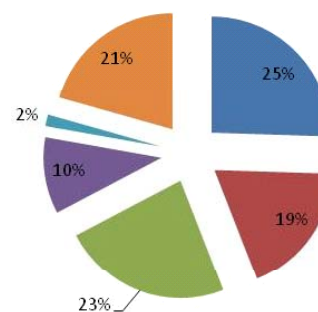
	Нефте- и нефтепродуктопроводы	Газопроводы
США (PHMSA)	$4,6 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$
Европа (CONCAWE, EGIG)	$1,9 \times 10^{-2}$	$0,35 \times 10^{-2}$
Россия (Ростехнадзор)	$3,6 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^{-2}$

Причины их возникновения аварии на магистральных газопроводах

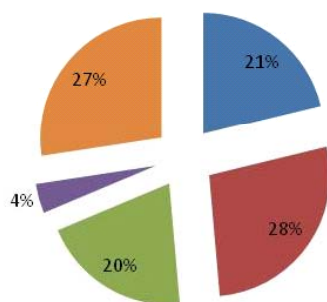
EGIG (1970-2008)



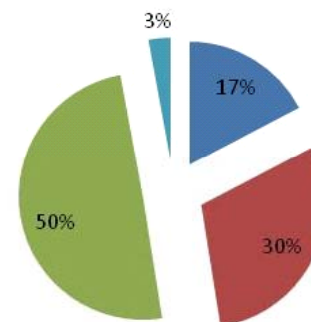
PHMSA (1988-2008)



УКОРА (1962-2008)



Ростехнадзор (2000-2008)

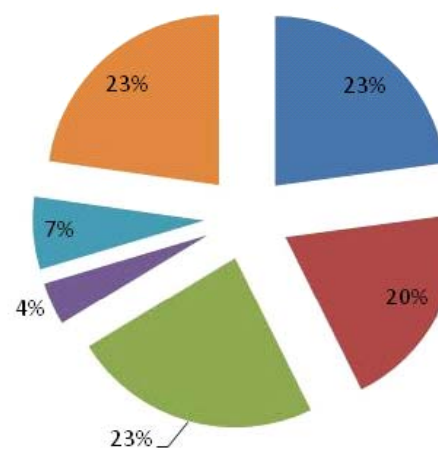


Причины их возникновения аварий на нефтепродуктопроводах

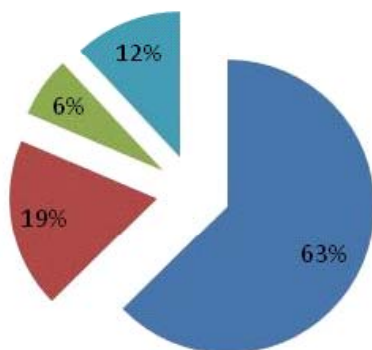
CONCAWE (1971-2007)



PHMSA (1988-2008)



Ростехнадзор (1996-2008)



Доступные данные		
CONCAWE	<p>Частота возникновения аварий Причины возникновения аварии Случаи травматизма в результате аварии Воспламенение утечки Объем разлива, потери нефти Оценка загрязнения земель, водных объектов</p>	<p>Зависимости размера утечки от причины возникновения аварии Частоты возникновения отверстий разгерметизации разного размера Зависимости частоты разгерметизации от диаметра трубопровода Зависимости частоты разгерметизации от месторасположения и способа прокладки трубопровода Распределения утечек по типам обнаружения</p>
EGIG	<p>Частота возникновения аварий Причины возникновения аварии (в т.ч. для разных размеров утечки) Распределения утечек (различного размера) по типам обнаружения</p>	<p>Зависимость интенсивности аварий (для различных размеров утечки) от:</p> <ul style="list-style-type: none"> •диаметра трубопровода / толщины стенки/ глубины залегания трубопровода (для внешних воздействий) •возраста трубопровода /материала покрытия/ толщины стенки (для коррозионных воздействий)
	<p>Зависимость частоты воспламенения от размера утечки и диаметра трубопровода Случаи травматизма в результате аварии</p>	<ul style="list-style-type: none"> •года производства трубопровода (для аварий, произошедших по причине дефекта оборудования) Авариями по причине природного воздействия (движением грунта) и диаметром трубопровода
УКОРА	<p>Частота возникновения аварий Причины возникновения аварии Распределение утечек по способам обнаружения</p>	<p>Зависимость интенсивности аварий (для различных размеров утечки) от:</p> <ul style="list-style-type: none"> •диаметра, толщины стенки трубопровода •местоположения трубопровода, плотности населения (для утечек, связанных с внешними воздействиями) •типа покрытия, толщины стенки, возраста трубопровода, типа грунта (для утечек по причине коррозии)
NEB	<p>Частота возникновения аварий Причины возникновения аварии Количество и объем разливов нефти превышающих 1,5 м³ Производственный травматизм и его причины</p>	
Ростехнадзор	<p>Частота возникновения аварий Причины возникновения аварии Число смертельно травмированных Описание наиболее крупных аварий Направления по повышению промышленной безопасности трубопроводного транспорта</p>	
PHMSA	<p>Частота возникновения аварий Причины возникновения аварии Подробная информация обо всех произошедших авариях для самостоятельного анализа</p>	

Внешнее воздействие

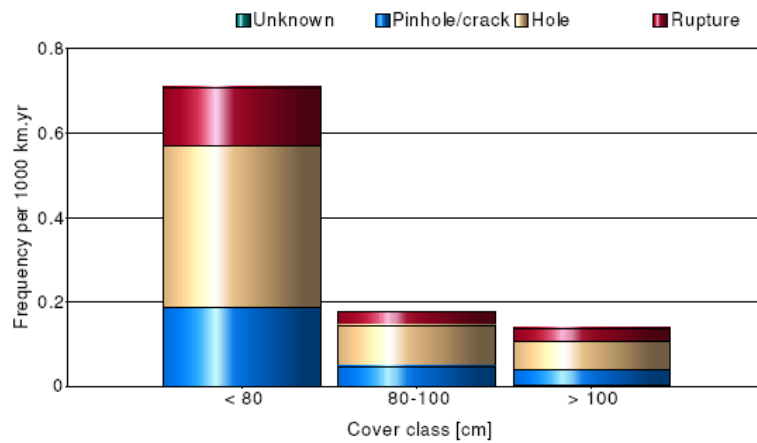


Figure 19: Relationship between external interference, size of leak and depth of cover class

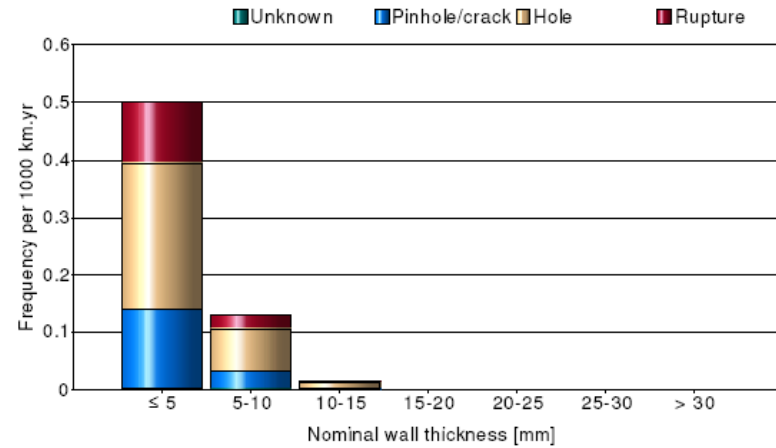


Figure 20: Relationship between external interference, size of leak and wall thickness class

EGIG 7th report (1970-2007)

Условная вероятность образования различных типов дефектных отверстий

	Свищи (Pinhole)	Трещины (Puncture)	Разрывы (Rupture)
8-10 дюймов	0.68	0.26	0.06
10-20 дюймов	0.65	0.22	0.13
Свыше 20 дюймов	0.67	0.21	0.12

PHMSA 2002-2009 гг.

Вероятность воспламенения утечки

	Наземные участки			Подземные участки			Средняя условная вероятность
	Общее число утечек	Число утечек, с пожаром	Условная вероятность	Общее число утечек	Число утечек, с пожаром	Условная вероятность	
Сырая нефть (Crude oil)	57	2	0.04	684	13	0.02	0.02
Дизельное топливо (Diesel Fuel)	10	0	< 0.01	95	2	0.02	0.02
Котельное топливо (Fuel Oil)	7	1	0.14	95	0	< 0.01	0.02
Бензин (Gasoline)	10	1	0.10	298	12	0.04	0.04
Реактивное топливо (Jet Fuel)	3	0	< 0.01	34	1	0.03	0.02
ШФЛУ (Natural Gas Liquid)	3	1	0.33	118	13	0.11	0.12
Средние величины	90	5	0.06	1324	41	0.03	0.03

Основные выводы и рекомендации

- МТ промышленно развитых стран и РФ в целом технологически подобны (1. гидродинамическая технология транспортировки 2. сходный возраст создания – вторая половина XX-го века, технологии строительства, 3. удельный масштаб транспортировки)
- Различны: природно-климатические условия, антропогенная внешняя нагрузка, ориентированность на экспорт/ импорт; техническая культура обслуживания
- Уровень аварийности и травматизма на МТ РФ и Западных МТ сопоставимы по порядку величин
- В большинстве случаев: сходные причины возникновения аварий (одно из ярких различий - врезки для хищения на нефтепроводах, КРН – на газопроводах большого диаметра)
- В виду нехватки открытой отечественной статистики, целесообразно использовать статистический анализ по западным МТ (размеры аварийных отверстий, вероятность воспламенения)
- Западные МТ – поставщик сигналов о будущих опасностях для МТ РФ

Зависимость частоты разгерметизации трубопроводов от размеров отверстий разгерметизации

для наземных (внутриплощадочных) трубопроводов :

Размер отверстия разгерметизации	Условная вероятность	Интенсивность аварии, год ⁻¹
Дэк=10 D (маленькая утечка)	0,59	$2,8 \times 10^{-7} L/D$
Дэк=0,22 D (средняя утечка)	0,25	$1,2 \times 10^{-7} L/D$
Дэк=0,45 D (большая утечка)	0,11	$5,0 \times 10^{-8} L/D$
Дэк= D (разрыв)	0,05	$2,2 \times 10^{-8} L/D$
Итог		$4,72 \times 10^{-7} L/D$

L – длина трубопровода, м

D – диаметр трубопровода, м

Дэк – эквивалентный диаметр отверстия разгерметизации

Частоты утечек из технологических трубопроводов
 (Методика определения расчетных величин пожарного риска на
 производственных объектах, утв. приказом МЧС России
 от 10 июля 2009 года N 404)

Диаметр трубопровода, мм	Частота утечек, (м ⁻¹ · год ⁻¹)				
	Малая (диаметр отверстия 12,5 мм)	Средняя (диаметр отверстия 25 мм)	Большая (диаметр отверстия 50 мм)	Большая (диаметр отверстия 100 мм)	Разрыв
50	$5,7 \cdot 10^{-6}$	$2,4 \cdot 10^{-6}$	-	-	$1,4 \cdot 10^{-6}$
100	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$4,7 \cdot 10^{-7}$	-	$2,4 \cdot 10^{-7}$
150	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$7,9 \cdot 10^{-7}$	$3,1 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$
250	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$4,7 \cdot 10^{-7}$	$1,9 \cdot 10^{-7}$	$7,8 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-8}$
600	$4,7 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$	$7,9 \cdot 10^{-8}$	$3,4 \cdot 10^{-8}$	$6,4 \cdot 10^{-9}$
900	$3,1 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$5,2 \cdot 10^{-8}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-9}$
1200	$2,4 \cdot 10^{-7}$	$9,8 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-8}$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$3,2 \cdot 10^{-9}$

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ