

УДК 546.171.1:621.643.2.004.65.003.12

© Коллектив авторов, 2003

## ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙ НА МАГИСТРАЛЬНОМ АММИАКОПРОВОДЕ «ТОЛЬЯТТИ—ОДЕССА»

Ю.А. ДАДОНОВ, Д.В. ДЕГТЯРЕВ, И.А. КРУЧИНИНА, канд. техн. наук, М.В. ЛИСАНОВ, д-р техн. наук (ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность»), С.И. СУМСКОЙ (МИФИ), В.Е. БУРДАЧЕВ (ОАО «Трансаммиак»)

В соответствии с требованиями Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 № 116-ФЗ специалисты ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность» и ОАО «Трансаммиак» разработали декларацию промышленной безопасности действующего опасного производственного объекта — магистрального аммиакопровода «Тольятти—Одесса» ОАО «Трансаммиак». Схема расположения аммиакопровода протяженностью 1396 км, диаметром 355,6 мм, толщиной стенки 8 мм (на водных преградах 12,7 мм), введенного в эксплуатацию в 1981 г., представлена на рис. 1.

Среднюю (с учетом сценариев) массу аммиака, вытекшего при аварии, находили по формуле

$$M = \rho \sum_i f_i V_i,$$

где  $\rho$  — плотность аммиака;  
 $f_i$  — вероятность реализации  $i$ -го сценария;  
 $V_i$  — объем аммиака, вытекшего во время аварии, зависит от удаленности аварийно-восстановительных пунктов от места аварии, рельефа местности.

Ожидаемые потери аммиака определяли как

$$M_3 = \lambda_n M,$$

где  $\lambda_n$  — удельная частота аварии.

Ущерб от возможных аварий оценивали, исходя из стоимости аварийных потерь аммиака и экологического урона. Ожидаемый ущерб от загрязнения окружающей среды (ОС)  $R_d$  вычисляли как сумму ожидаемых ущербов от загрязнения воздуха, почвы и водных объектов согласно Базовым нормативам платы за выбросы, сбросы загрязняющих веществ в окружающую природную

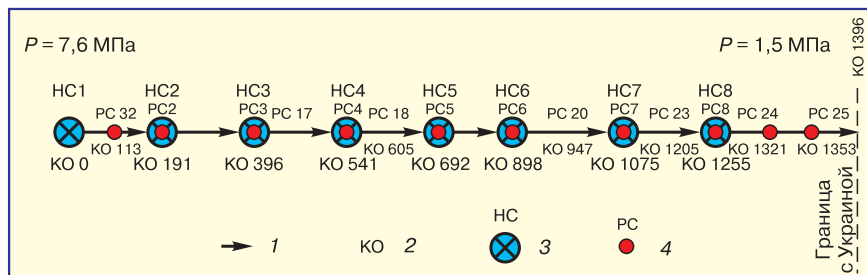


Рис. 1. Схема магистрального аммиакопровода «Тольятти—Одесса» ОАО «Трансаммиак»:

1 — линейная часть аммиакопровода; 2 — километровая отметка; 3, 4 — станции соответственно насосная и раздаточная

При количественной оценке риска линейной части аммиакопровода рассчитывались интегральные (по всей длине трассы аммиакопровода) и удельные (на единицу длины аммиакопровода) значения ожидаемых потерь аммиака от аварий; ожидаемого ущерба; показателей риска гибели людей при токсическом поражении аммиаком и др.

Учитывая, что с момента ввода аммиакопровода в эксплуатацию ни одной аварии не было, частота аварий принималась равной 0,048 1/год, что соответствует удельной интенсивности (частоте) аварий  $3,4 \cdot 10^{-5}$  1/год.

На основе работы [1] и действующей системы обнаружения утечек аммиака уточнен алгоритм оценки последствий аварий, который отображен на рис. 2.

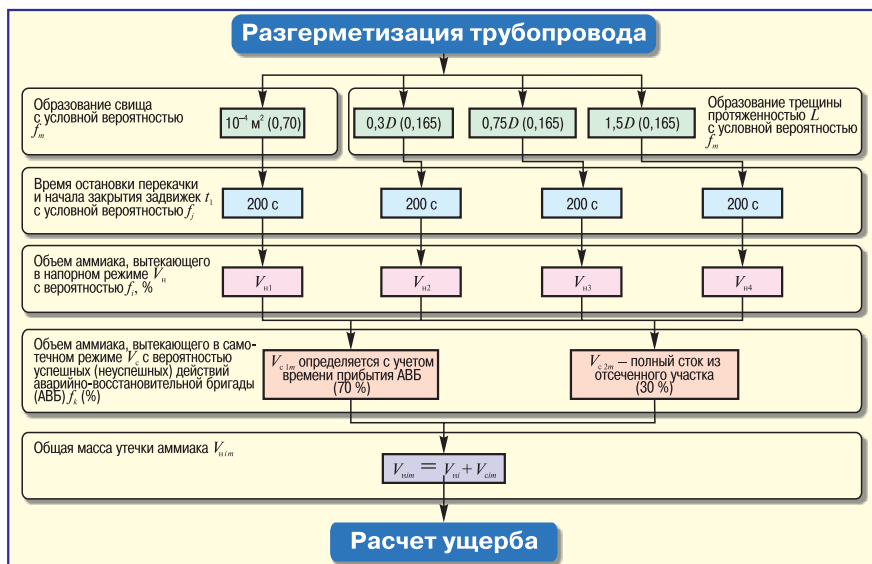
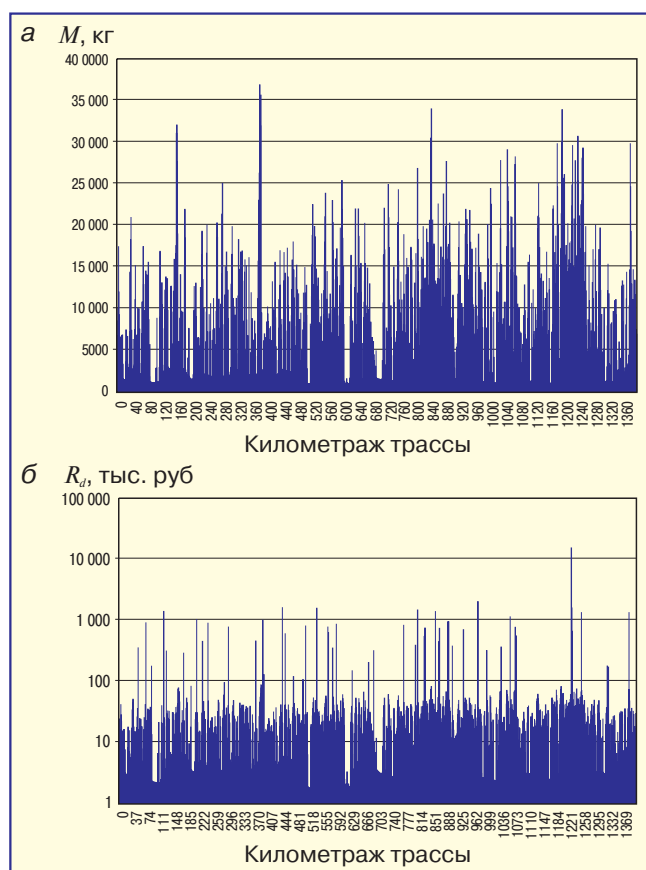


Рис. 2. Алгоритм расчета аварийных утечек аммиака (D — диаметр трубопровода)

среду и размещение отходов (приказ Минприроды России от 27 ноября 1992 г., с изменениями на 25 декабря 1998 г. и примечанием от 25 ноября 1999 г.). Максимальных значений риск загрязнения ОС достигает при авариях на подводных участках аммиакопровода. Распределение средневзвешенных аварийных потерь аммиака  $M$  и платы за загрязнение ОС  $R_d$  вдоль трассы аммиакопровода «Тольятти—Одесса» представлено на рис. 3. Удельная частота возникновения утечки в год на 1000 км трассы составляет при ее массе, т:

≤ 100 .....	0,0340
> 100 .....	0,0100
> 500 .....	0,0001
> 1000 .....	0
> 5000 .....	0



**Рис. 3. Распределение средневзвешенных аварийных потерь аммиака (а) и платы за загрязнение ОС (б) вдоль трассы аммиакопровода**

Утечки более 1000 т невозможны, так как объем отсекаемых участков ограничен (не более 773 т аммиака в одном участке), предполагается своевременное срабатывание шаровых кранов и прибытие аварийных бригад. Объем аммиака, участвующего в выбросе, использовался при расчете зон токсического поражения людей по методике оценки последствий химических аварий [2].

Для линейной части рассматриваемого аммиакопровода были рассчитаны следующие основные показатели риска:

Частота аварий, 1/год:	
на трассе (1396 км) .....	0,048
на 1000 км трассы .....	0,034
Средняя масса аммиака, вытекшего при аварии, т .....	82,4
Удельная ожидаемая масса потерянного при утечке аммиака на 1000 км трассы, т/год .....	2,8
Ожидаемая по трассе средняя масса потерянного при утечке аммиака, т/год .....	3,9
Средний размер ущерба от аварии, тыс. руб. ....	260
В том числе: .....	
плата за загрязнение ОС .....	55
стоимость потерь аммиака .....	205
Интегральный риск, руб/год:	
загрязнения ОС .....	2615
потерь аммиака .....	9779
Удельный риск по километровому участку трассы, руб/год: .....	9
загрязнения ОС .....	2
потерь аммиака .....	7
Средний риск, 1/год:	
индивидуальный смертельного поражения персонала декларируемого объекта .....	$3 \cdot 10^{-6}$
поражения третьих лиц .....	$1 \cdot 10^{-7}$
Коллективный риск смертельного поражения, чел/год:	
персонала декларируемого объекта .....	$2,3 \cdot 10^{-3}$
населения и персонала близлежащих объектов ...	$1,03 \cdot 10^{-2}$

Количество пострадавших (погибших) при аварии может составлять несколько человек из числа персонала при нахождении их вблизи источника выброса (например, во время ремонта трубопровода). Наиболее тяжелые аварии, с гибелью нескольких десятков человек, могут быть при попадании в зону распространения облака аммиака транспортных средств, населенных пунктов, близлежащих предприятий и организаций.

Один из наиболее значимых факторов, влияющих на тяжесть последствий аварий на линейной части аммиакопровода, — эффективность оповещения населения и персонала близлежащих объектов. Предполагалось, что своевременное оповещение людей уменьшает время экспозиции (время нахождения людей в зоне токсического поражения). Размеры зон токсического поражения, в зависимости от разрыва трубопровода и времени экспозиции, приведены в табл. 1, из которой следует, что максимальная зона смертельного поражения 2230 м (гилютинный разрыв, время экспозиции 30 мин) при своевременном оповещении и адекватных действиях людей во время выхода из зоны токсического поражения (время экспозиции 2–5 мин) может уменьшиться до 1000 м.

Следует отметить, что все населенные пункты находятся на расстоянии не менее 1 км от трубопровода. Наибольшую опасность с точки зрения поражения людей представляют места прохождения аммиакопровода вблизи промышленных объектов. Повышенный коллективный риск (рис. 4) для Самарской обл. обусловлен именно близостью соседних предприятий (например, ОАО «Тольяттиазот»), расстояние от них до трассы аммиакопровода менее 1 км. Показатели риска различных линейных участков аммиакопровода приведены в табл. 2.

Таблица 1

Сценарий	Поражение (время экспозиции)	Длина, ширина, высота зоны токсического воздействия, м
Образование свища	Смертельное (2 мин)	120/20/3
	—«— (5 мин)	200/20/4
	—«— (30 мин)	290/40/6
	Пороговое	1780/180/28
Образование трещины с характерным размером: 0,3D	Смертельное (2 мин)	300/40/6
	—«— (5 мин)	500/60/9
	—«— (30 мин)	1190/120/20
	Пороговое	4190/420/56
0,75D	Смертельное (2 мин)	600/60/9
	—«— (5 мин)	830/80/15
	—«— (30 мин)	1730/180/28
	Пороговое	6160/640/70
1,5D (гильтинный разрыв)	Смертельное (2 мин)	640/60/11
	—«— (5 мин)	1060/120/18
	—«— (30 мин)	2230/220/34
	Пороговое	8000/840/70

Таблица 2

Область	Протяженность участка аммиакопровода, км	Частота аварии, 1/год	Риск			
			индивидуальный, 1/год	коллективный, чел/год	удельный по однокилометровому участку трассы, руб/год	интегральный, руб/год
Филиал «Приволжское управление»						
Самарская	351	0,012	$1,8 \cdot 10^{-7}$	0,0053	6,5	2311
Филиал «Саратовское управление»						
Саратовская	553	0,018	$5,1 \cdot 10^{-8}$	0,0009	9,0	4912
Филиал «Воронежское управление»						
Тамбовская	55	0,002	$5,7 \cdot 10^{-8}$	0,0009	9,4	516
Воронежская	345	0,011	$6,7 \cdot 10^{-8}$	0,0027	11,8	4079
Белгородская	80	0,003	$7,3 \cdot 10^{-8}$	0,0006	7,1	567

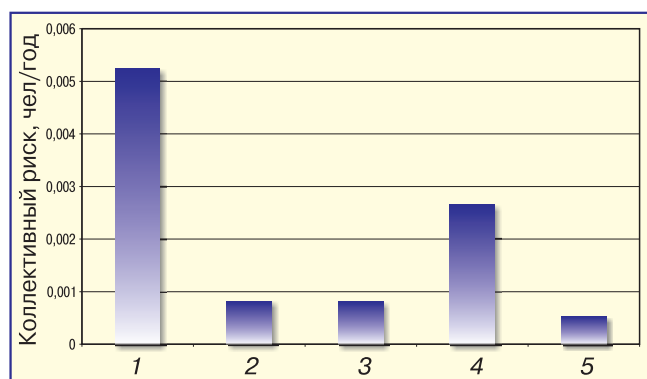


Рис. 4. Распределение коллективного риска по областям:

1 —Самарская; 2 — Саратовская; 3 — Тамбовская;  
4 — Воронежская; 5 — Белгородская

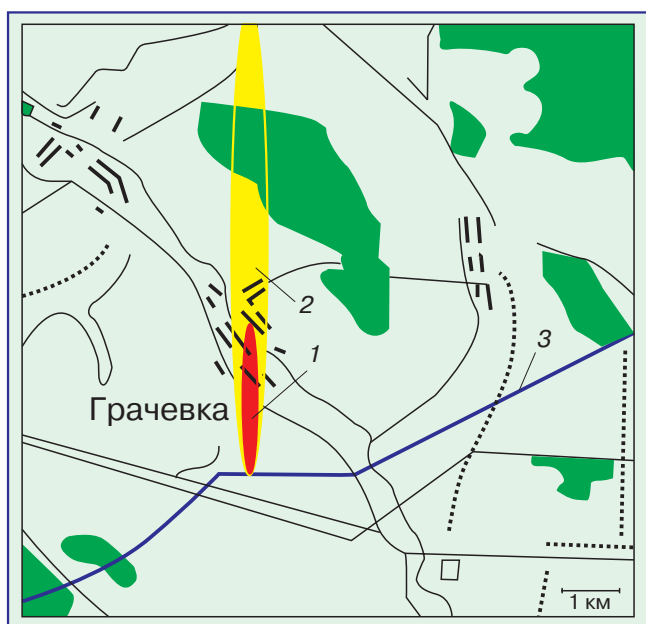
Наибольшее влияние на рассчитываемые показатели опасности оказывает среднестатистическая за все время эксплуатации аммиакопровода «Тольятти—Одесса» частота аварий, равная  $3,4 \cdot 10^{-5}$  1/год. Необходимо отметить, что в ближайшее время могут проявиться факторы, связанные со старением трубопровода, так как магистральный аммиакопровод «Тольятти—Одесса» эксплуатируется уже более 20 лет. Современные исследования [3] показывают, что в связи с этим частота аварий может возрасти.

Для определения характера влияния базовой частоты аварий на итоговые показатели опасности линейной части аммиакопровода выберем пессимистический экспертный вариант: базовая частота аварии в 1,5 раза выше среднестатистической (вследствие старения и коррозии стали трубопровода), т.е. равна  $5,1 \cdot 10^{-5}$  1/год. В этом случае интегральный риск загрязнения ОС на линейной части аммиакопровода будет составлять 2615–3920 руб/год.

При оценке риска аварий на площадочных объектах (насосные и раздаточные станции) помимо методики «Токси-2» [2] применяли также Методику Всемирного банка оценки опасности промышленных производств [4] и Методику оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (РД 03-409—01) для оценки последствий разгерметизации емкостей со смесью пропана и бутана, используемой в факельной установке.

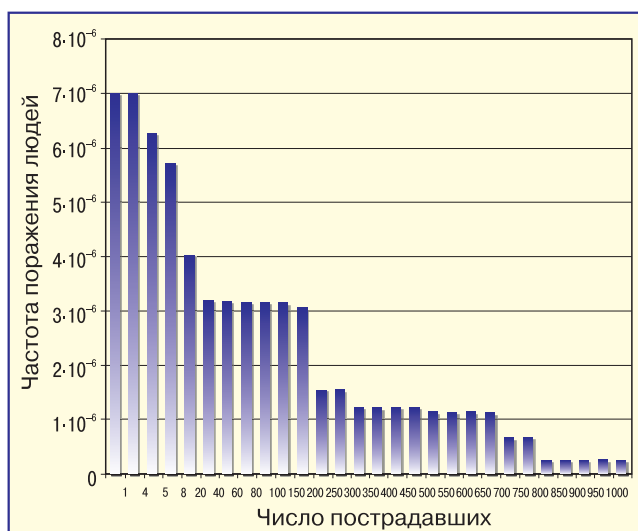
Зоны поражения при разрушении линейной части трубопровода (температура воздуха 20 °С, скорость ветра 1 м/с, масса выброса аммиака 174 т) показаны на рис. 5. На данном участке трубопровода (длина 1 км) частота аварии равна  $3,4 \cdot 10^{-5}$  1/год, с гильотинным разрывом (см. рис. 5) —  $1 \cdot 10^{-6}$  1/год. Частота реализации такого сценария при наиболее неблагоприятных условиях рассеяния (класс устойчивости F) —  $2,1 \cdot 10^{-8}$  1/год. При времени экспозиции 30 мин длина области токсического воздействия со смертельным исходом составит 1547 м, порогового — 6203 м; в зоне смертельного поражения могут оказаться до 80 чел. (проживающие в ближайшем населенном пункте — пос. Грачевка).

Еще один показатель риска — социальный риск, отображающий зависимость частоты смертельного поражения людей при аварии от их числа, представлен на рис. 6. Результаты анализа риска аварий на насосных и раздаточных станциях показали, что зоны действия факторов, приводящих к поражению людей, практи-



**Рис. 5. Зоны поражения при разрушении линейной части магистрального аммиакопровода «Тольятти—Одесса»:**

1, 2 — зоны поражения соответственно смертельного и порогового; 3 — трасса аммиакопровода



**Рис. 6. Зависимость частоты поражения людей от их числа**

Согласно расчетам, ожидаемый ущерб от выброса аммиака, связанный с гибелью третьих лиц и загрязнением ОС, не превышает 30 тыс. руб./год, что может быть учтено при перезаключении договоров страхования.

чески не выходят за пределы, установленные буферной (санитарно-защитной) зоной (1000 м). При авариях на площадочных сооружениях реально может пострадать лишь обслуживающий персонал, а на линейной части существует возможность людских потерь в близлежащих населенных пунктах и в местах пересечения аммиакопроводом транспортных магистралей. В декларации такие участки специально выделяли в целях разработки соответствующих мер безопасности.

Сравнивая полученные результаты с удельными показателями аварийности на линейной части отечественных магистральных нефтепроводов (табл. 3) можно видеть, что показатели риска магистрального аммиакопровода «Тольятти—Одесса» не превышают соответствующих показателей Каспийского трубопроводного консорциума (КТК-Р), Балтийской трубопроводной системы (БТС), магистрального нефтепровода «Дружба» (Брянское районное управление). Так, рассчитанная удельная (на 1000 км трассы) частота аварий магистрального аммиакопровода «Тольятти—Одесса» равна 0,034 1/год, что на порядок ниже среднестатистической удельной частоты аварий на российских магистральных нефтепроводах, которая составляет 0,265 1/год (данные Госгортехнадзора России за последние 10 лет). Ущерб от аварии на магистральном аммиакопроводе «Тольятти—Одесса» (260 тыс. руб.) также значительно ниже аналогичного показателя для магистральных нефтепроводов (см. табл. 3).

**Таблица 3**

Показатели риска	Трубопровод			
	КТК-Р	БТС	«Дружба»	«Тольятти—Одесса»
Частота аварий на трассе, 1/год	0,145	0,305	0,273	0,048
Частота аварий на 1000 км трассы, 1/год	0,138	0,229	0,548 (две нитки)	0,034
Средний размер ущерба от аварии, тыс. руб.	1703	2356	4115	260
В том числе:				
плата за загрязнение ОС	981	1919	2912	55
стоимость потерянного продукта	722	437	1203	206
Интегральный риск аварии, руб/год	262 064	700 663	1 150 347	12 394
Удельный риск аварии по однокิโลметровому участку трассы, руб/год	251	528	1483	9
Коллективный риск гибели людей, чел/год	$6,4 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$7,8 \cdot 10^{-3}$	$1,26 \cdot 10^{-2}$
Индивидуальный риск поражения людей, 1/год	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-7}$

**Список литературы**

1. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах // Сб. док. — М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2000. — Сер. 27, вып. 1. — 95 с.
2. Методика оценки последствий химических аварий (Методика «ТОКСИ». Редакция 2.2) // Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах: Сб. док. — М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2001. Сер. 27, вып. 2. — С. 121—204.
3. Гумеров А.Г., Гумеров Р.С., Гумеров К.М. Безопасность длительно эксплуатируемых магистральных нефтепроводов. — М.: Недра, 2003.
4. *Techniques for Assessing Industrial Hazards: a Manual* // World Bank Tech. Paper. — No. 55, 1988.