

УДК 621.01

## ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО РИСКА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ МОРСКОГО ТЕРМИНАЛА, ДЛИТЕЛЬНО КОНТАКТИРУЮЩЕГО С НЕФТЕПРОДУКТАМИ<sup>1</sup>

*Вотинов А. В.<sup>2</sup>, Бледнова Ж. М.<sup>3</sup>*

EVALUATION OF MAN-CAUSED RISK WHEN OPERATING EQUIPMENT OF A MARINE  
TERMINAL, WHICH HAS BEEN IN LONG-TERM CONTACT WITH PETROLEUM PRODUCTS

Votinov A. V., Blednova Zh. M.

The analysis of possible losses from the failures of the most dangerous components of a marine terminal used to store and transport petroleum products has been carried out. Possible damage zones have been assessed with account to the whole spectrum of critical factors, cost of the damaged equipment and expenditures of pressing rescue operations. Risk assessment has been conducted considering generalized cost of losses and probability of failure appearance.

В соответствии с «Концепцией национальной безопасности Российской Федерации» и научной доктриной России обеспечение защищенности людей и среды обитания от чрезвычайных ситуаций техногенного характера является приоритетным направлением исследований [1–4]. Уникальность территориального образования Южного региона России с разнообразными природно-климатическими и геологическими условиями, большими запасами биогенных и минеральных ресурсов, со сложной транспортной инфраструктурой, к которой относится и трубопроводный транспорт с резервуарными парками для хранения нефти и газа, предопределяет наличие большого числа источников повышенной опасности. В этой связи оценка риска техногенного характера при эксплуатации оборудования морского терминала, длительно контактирующего с нефтепродуктами, является актуальной задачей.

Морской терминал ОАО «НК „Роснефть” – Туапсенефтепродукт», на базе которого проводились исследования, выполняет функции приема по подводящему трубопроводу от Ту-

апсинского нефтеперерабатывающего завода, хранения и отпуска нефтепродуктов. Морской терминал включает 2 резервуарных парка, 6 насосных станций, морской причал с глубоководным нефтепирсом (4 причала) и систему технологических трубопроводов, предназначенных для обвязки технологических сооружений. Важными составляющими звеньями нефтепродуктопроводной системы являются резервуарные парки, обеспечивающие устойчивую, бесперебойную поставку нефтепродуктов потребителям. Резервуарные парки ОАО «НК „Роснефть” – Туапсенефтепродукт» включают 59 резервуаров типа РВС, РГС, РВК различной вместимости, в основном серии РВС.

Рассматриваемый терминал расположен на Черноморском побережье Кавказа в зоне повышенной сейсмической активности с умеренно-теплым климатом. Средняя температура воздуха в районе терминала составляет плюс 13,4° С, абсолютный максимум — плюс 39° С, абсолютный минимум — минус 19° С, среднее годовое количество осадков 1264 мм.

<sup>1</sup>Работа выполнена в рамках ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям науки и техники гражданского назначения». Подпрограмма 08.02 «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф».

<sup>2</sup>Вотинов Андрей Валерьевич, первый заместитель генерального директора, технический директор ОАО «НК „Роснефть” – Туапсенефтепродукт».

<sup>3</sup>Бледнова Жесфина Михайловна, д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой динамики прочности машин Кубанского государственного технологического университета.

Эксплуатация терминала представляет определенную опасность для персонала, населения и окружающей среды, обусловленную большой массой опасного вещества, обращающегося в системе, пожароопасностью и высокой биологической активностью нефтепродуктов, способных оказать вредное воздействие на человека и экосистемы окружающей природной среды. Главным фактором риска является возможность возникновения аварии с разливом нефтепродуктов, образованием взрывопожароопасных концентраций паров нефтепродуктов, а также образованием в паровоздушном облаке источника зажигания.

Опыт эксплуатации такого рода объектов дает возможность из всех типов аварий выделить проектные и аварии, при которых происходит неконтролируемый выход продуктов из резервуаров, технологических трубопроводов и другого оборудования. Выход нефтепродуктов наружу происходит из-за нарушения герметичности резервуаров, технологических трубопроводов, запорной арматуры, аварийного пролива при выполнении технологических операций; отклонения от нормального режима технических средств и автоматики; ошибок производственного персонала; применения несоответствующего прочностным требованиям материала и запорной арматуры в технологическом процессе; внешнего воздействия на оборудование техногенного или природного характера; преднамеренных действий.

Анализ сведений об известных авариях на объектах, схожих по возможным опасностям с рассматриваемым морским терминалом, позволяет отметить некоторые общие закономерности их возникновения и развития. По данным [5, 6] на объектах транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов в Российской Федерации произошло 480 пожаров (20 пожаров в год), причем из них 227 случаев приходится на технологические объекты. В работе [5] на основании анализа 238 аварий установлена закономерность их возникновения: в 222 случаях (93,3 %) произошли аварии на наземных резервуарах типа РВС; в 194 (81,5 %) случаях — на резервуарах с бензином и сырой нефтью; в 83 случаях (34,9 %) возникли пожары при проведении зачистки и ремонта резервуаров. Пожары возникали на РВС 1000 в 9 случаях (3,78 %), на РВС 2000 — 26 случаев (10,9 %), на РВС 5000 — 85 случаев (35,71 %). Пожа-

ры возникали в резервуарных парках в 115 случаях (48,3 %), на перекачивающих станциях нефтепроводов и нефтепродуктопроводов в 24 случаях (10 %). Из 318 случаев аварийных ситуаций в резервуарных парках, произошедших за 35 лет эксплуатации, 65 связаны с полным или частичным разрушением резервуаров. Разрушение резервуара и разлитие нефти и нефтепродуктов в большинстве случаев (75 %) сопровождалось пожаром и взрывом. Анализ этих разрушений показал, что 50 % разрушенных резервуаров эксплуатировались более 40 лет, 30 % — не более 2 лет, 8 % — свыше 20 лет; 45 % разрушенных резервуаров составляют резервуары РВС 5000, 20 % — РВС 10000, РВС 20000, РВС 30000.

Отказы оборудования нефтебаз и нефтехранилищ вызваны физическим износом, коррозией, механическими повреждениями, браком при сварке, усталостью металла. Исходя из анализа неполадок и аварий, можно сделать вывод, что общая коррозия не приводит к серьезным последствиям. Однако локальные коррозионные повреждения (язвенная, ножевая коррозия) при несвоевременном устранении дефектов могут привести к разгерметизации элементов технологической системы. Механическое разрушение резервуаров в результате усталостных явлений, физического износа, ошибок при монтаже и ремонте опасно, поскольку при этом образуется мощная волна (высотой до 15 м), которая способна разрушить не только обвалование, но и близко расположенные резервуары.

На основе предварительного анализа опасностей выхода из строя оборудования морского терминала выделены потенциальные зоны разрушений (резервуары для хранения нефтепродуктов, технологические трубопроводы, соединительная и предохранительная арматура) и определены наиболее нагруженные участки. Анализ материалов показал, что наиболее опасным фактором возникающего при аварии пожара является гидродинамическое истечение горящего нефтепродукта. Характер истечения и воздействия волны прорыва при наличии защитной стенки и обвалования таков, что в 49 % случаев поток разрушал или промывал обвалование, а в 29 % — перехлестывал через него. Это объясняется тем, что нормативное обвалование рассчитывается на гидростатическое удержание вылившейся жидкости и не способно выполнить защитные функции при истечении. Только в 13,8 % слу-

чаев истечение жидкости происходило из частично заполненных резервуаров, разрушившихся от взрыва паровоздушной смеси внутри резервуара.

При анализе данных об авариях в резервуарных парках было установлено, что аварийное раскрытие резервуаров происходило в основном вследствие разрушения наиболее нагруженного конструктивного элемента — узла сопряжения стенки с днищем. При этом корпус резервуара разрушался по сварному шву на всю высоту стенки и за счет радиальных усилий, связанных с давлением жидкости на стенки при ее истечении. Групповые пожары (эффект «домино») связаны с загазованностью территории или вызваны распространением пожара на группу резервуаров в результате аварийного растекания нефтепродукта из разрушенного (взорвавшегося) резервуара или при его вскипании и выбросе.

Приведенные данные показывают, что аварии в парках хранения нефтепродуктов могут являться источниками ЧС с групповым поражением людей. Аварии могут сопровождаться пожарами, взрывами и загазованностью территории продуктами горения с поражением персонала. Основными поражающими факторами в случае аварий является ударная волна, тепловое излучение, открытое пламя, токсичность продуктов горения, осколки разрушенного оборудования, обрушение зданий и конструкций.

При анализе условий возникновения и развития аварий для получения более объективной оценки опасностей и риска рассмотрены наиболее характерные сценарии возможных аварий и чрезвычайных ситуаций. Расчет зон аварийного разлива нефтепродуктов из резервуаров и трубопроводов выполнен по методике № 1 [7], предусматривающей случай крупномасштабной аварии, связанной с квазимгновенным разрушением резервуаров, с разливом нефтепродукта в пределах ограждения (рис. 1). Для вариантов аварии, связанной с полным разрушением резервуара РВС, прогнозируемая площадь растекания нефтепродукта определена исходя из площади территории внутри ограждения с учетом площадей, занятых резервуарами.

При повреждении участка технологического трубопровода прогнозируемая площадь растекания определяется  $A = \pi d^2/4$ , где  $A$  — прогнозируемая площадь разлива,  $m^2$ ;  $d = \sqrt{25,5V}$ ,  $d$  — диаметр разлива,  $m$ ;  $V$  —

объем нефтепродукта,  $m^3$ ; размер аварийного разлива нефтепродукта на водной поверхности определяется  $A_B = V/\delta$ ,  $A_B$  — площадь разлива на водной поверхности;  $\delta$  — средняя толщина пленки нефтепродукта на поверхности воды,  $m$  (принята равной 0,002  $m$ ). Результаты расчета зон разлива приведены в табл. 1.

В табл. 1–6 рассматриваются возможные сценарии аварийной ситуации и применяются следующие обозначения:

$A$  — разлив нефтепродуктов вследствие полного (квазимгновенного) разрушения РВС 20000 с дизельным топливом;

$B$  — то же, но РВС 10000 с бензином;

$C$  — то же, но РВС 5000 с бензином;

$D$  — то же, но РВС 400 с бензином;

$A_0$  — разлив нефтепродуктов при частичном разрушении РВС 20000 с дизельным топливом;

$E$  — разлив нефтепродуктов вследствие разрушения технологического трубопровода при аварийном отверстии  $D_y = 500$   $mm$ ;

$E_0$  — то же, но при аварийном отверстии  $D_y = 50$   $mm$ ;

$F$  — разлив нефтепродуктов вследствие разрушения технологического трубопровода на морском причале при аварийном отверстии  $D_y = 500$   $mm$ ;

$F_0$  — то же, но при аварийном отверстии  $D_y = 50$   $mm$ .

Зоны взрывоопасных концентраций при испарении нефтепродукта с поверхности разлива определялись для наиболее неблагоприятного варианта — при подвижности воздуха, равной нулю, и температуре, равной среднемесячной температуре июля месяца. Радиус взрывоопасной зоны  $X_{звк}$  определялся по методике [7]. Результаты расчетов взрывоопасных зон приведены в табл. 1. Размеры области действия опасных давлений ударной волны взрыва определены для чрезвычайных ситуаций, связанных с аварийным разливом нефтепродукта и его испарением по рассмотренным сценариям.

Результаты расчета зон избыточного давления ударной волны взрыва, соответствующие малым, умеренным, средним, сильным и полным разрушениям зданий и сооружений приведены на рис. 2. Анализ расчетов взрывоопасных зон показывает, что при прогнозируемых вариантах чрезвычайных ситуаций взрывоопасное облако может охватить значительную территорию и дальнейшее развитие со-



Таблица 1. Объем, зона разлива нефтепродуктов и зона опасной концентрации паров

Тип сценария	V, м <sup>3</sup>	A, м <sup>2</sup>	R, м	X <sub>звк</sub> , м
A	18 000	90 000	169	100
A <sub>0</sub>	18 000	5 144		68
B	9 000	28 438		257
C	5 000	22 500	85	228
E	180	3 600	34	91
E <sub>0</sub>	32	640	14	39
F	14	280	9	26
F <sub>0</sub>	9	180	8	20

Таблица 2. Избыточное давление ударной волны взрыва

Тип сценария	Масса испарившихся нефтепродуктов	Радиус зоны избыточного давления, ΔP, кПа				
		>100	53	28	12	5
B	15513	73	107	184	535	1070
A <sub>0</sub>	14323	71	104	179	521	1042
C	12274	67	99	170	495	990
E	153	4	6	11	32	64
E <sub>0</sub>	98	3	5	8	24	48
F	153	4	6	11	32	64
F <sub>0</sub>	98	3	5	8	24	48

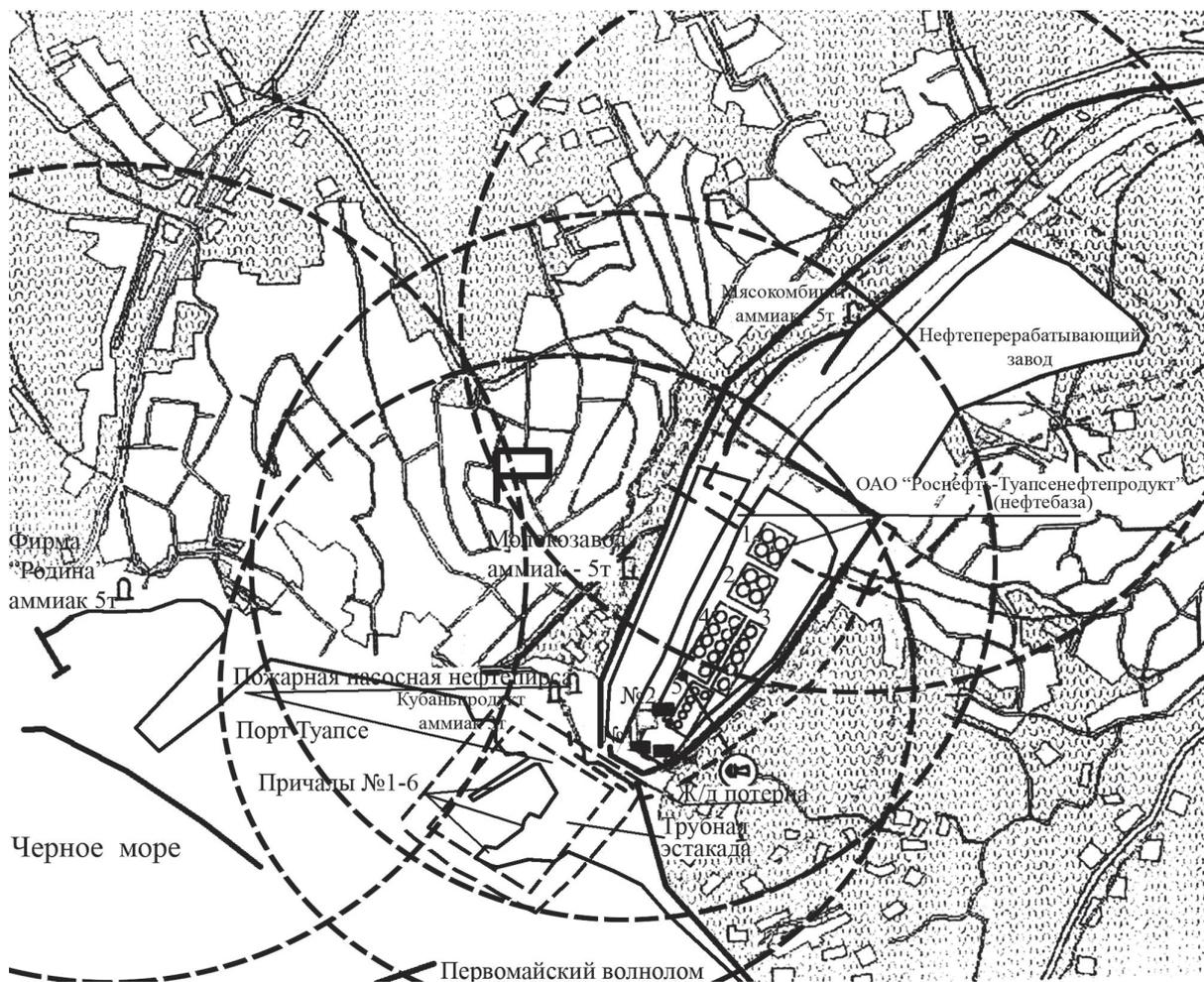


Рис. 2. Зоны опасных давлений ударной волны взрыва

Таблица 3. Безвозвратные и санитарные потери от наиболее тяжелых аварий

Тип аварийной ситуации	На исследуемом объекте				На других объектах	
	Пожар		Взрыв		Взрыв	
	Безвозвр.	Санитарн.	Безвозвр.	Санитарн.	Безвозвр.	Санитарн.
А	13	10	–	–	–	–
В	19	2	–	20	–	125
С	64	101	79	115	–	125
Е	2	1	–	9	–	–
F	–	–	–	12	–	8

бытий может протекать следующим образом (табл. 2):

– при отсутствии источника зажигания в пределах взрывоопасного облака произойдет ухудшение санитарно-экологической обстановки;

– при появлении источника зажигания в пределах взрывоопасного облака произойдет взрыв или пожар.

При оценке гуманитарных потерь среди персонала (населения) в результате воздействия избыточного давления ( $\Delta P_{\Phi}$ ) и теплового излучения пожара учитывались параметры поражающего фактора ( $\Delta P_{\Phi}$ , величина теплового потока  $g$  и время экспозиции  $t_s$ ), а также условия размещения людей в зоне поражения (расстояние от эпицентра взрыва или пожара в открытом пространстве или здании). Выполнен расчет безвозвратных потерь в результате воздействия на людей теплового излучения при горении нефтепродуктов (табл. 3).

Возникновение аварийной ситуации сопровождается ущербом для окружающей природной среды, а также для физических и юридических лиц и зависит от степени разрушения (повреждения оборудования, числа людей, попавших в зону поражения, степени травмирования, стоимости лечения пострадавших и компенсации семьям погибших).

Наиболее обоснованной мерой опасности в настоящее время считается риск (индивидуальный, потенциальный территориальный, социальный, коллективный) [8–10]. Ниже приведены показатели вероятности причинения вреда персоналу, населению, ущерба имуществу и окружающей природной среде.

**Сценарий 1.** Пожар вследствие разгерметизации технологического трубопровода диаметром 500 мм с бензином (3 человека пострадавших, смертельных случаев нет). Риск составляет  $1,6 \cdot 10^{-4}$  чел. в год.

**Сценарий 2.** Взрыв паровоздушных смесей вследствие полного разрушения резервуара РВС 5000 с бензином (319 человек пострадавших, из них 70 случаев со смертельным исходом). Риск составляет  $2 \cdot 10^{-7}$  чел. в год.

– коллективный риск смертельного поражения персонала составляет  $8,38 \cdot 10^{-4}$  чел. в год;

– риск нанесения ущерба имуществу составляет 8145 р. в год;

– риск нанесения ущерба окружающей среде 81 р. в год.

**Сценарий 3.** Взрыв паровоздушной смеси вследствие частичного разрушения резервуара РВС 400 с бензином (50 человек пострадавших, смертельных случаев нет). Риск составляет  $2 \cdot 10^{-6}$  чел. в год;

– коллективный риск смертельного поражения персонала составляет  $5,07 \cdot 10^{-4}$  чел. в год;

– риск нанесения ущерба имуществу составляет 1468 р. в год;

– риск нанесения ущерба окружающей среде 40 р. в год.

Коллективный риск смертельного поражения персонала в целом по рассматриваемому объекту составляет  $1,64 \cdot 10^{-3}$ , индивидуальный риск смертельного поражения персонала составляет  $1,66 \cdot 10^{-6}$  чел в год. На рис. 3 представлены поля получения ранений средней тяжести при авариях на территории терминала.

Для выявления причинно-следственных связей между событиями, характеризующими возникновение и развитие аварийных ситуаций, использовался логико-графический метод деревьев отказов и событий. На основе этого метода выявлялись комбинации отказов оборудования, ошибок персонала и внешних воздействий, приводящие к аварийным ситуациям. Исходные данные частот отказов для резервуаров и технологических трубопрово-

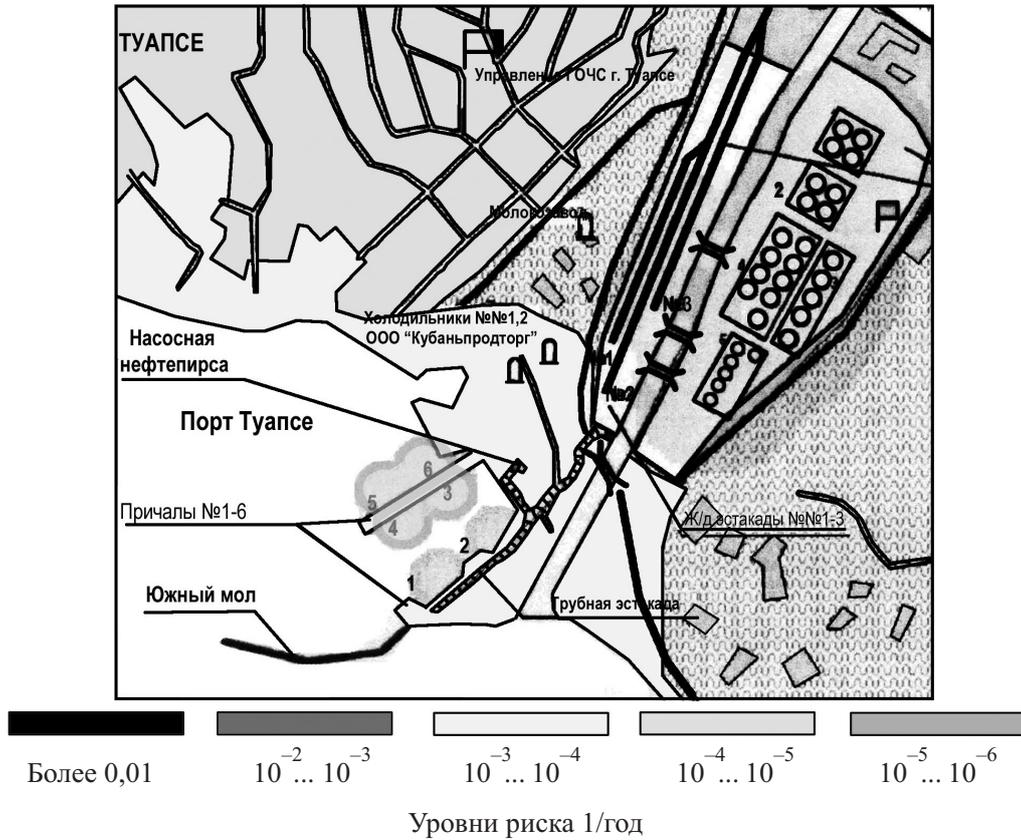


Рис. 3. Распределение потенциального риска ранений средней тяжести и смертельного поражения

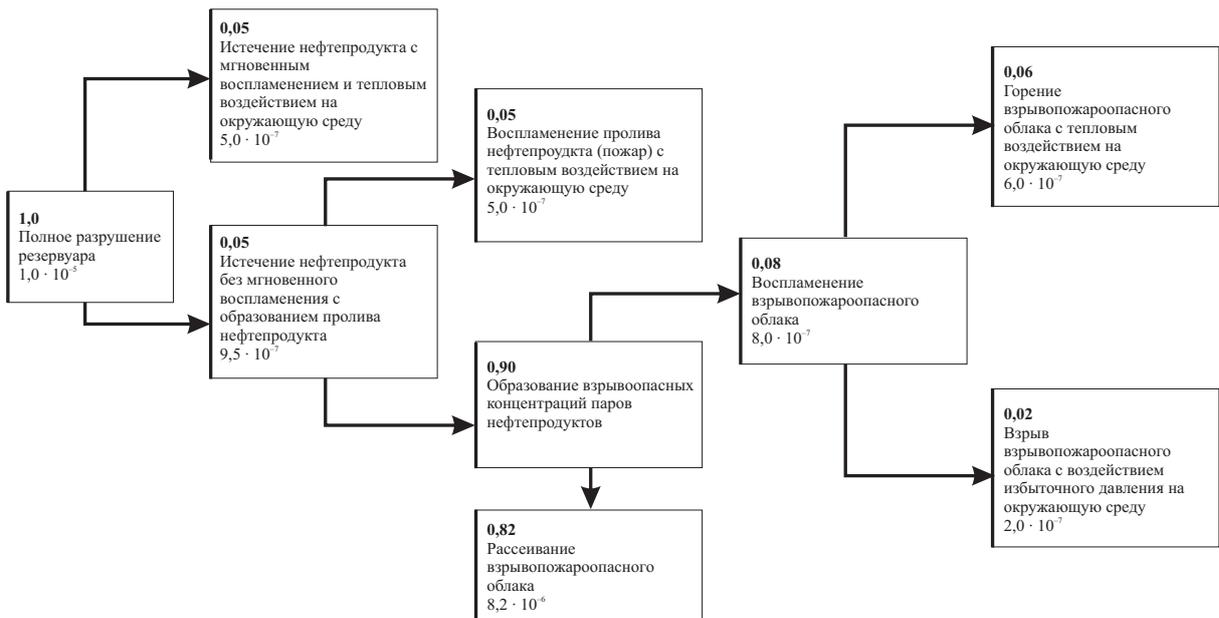


Рис. 4. Дерево отказов и событий при полном разрушении резервуара

Таблица 4. Ущерб организации, эксплуатирующей объект

Тип аварийной ситуации	Ущерб, тыс. р.				Всего, тыс. р.
	Прямые потери (в результате уничтожения фондов предприятия и продукции)	Затраты на аварийно-восстановительные работы	Социально-экономические потери	Величина возможного ущерба сторонней организации	
С	63917	17010	37350	3750	122027
Е	302	213	150	0	665
Д	5095	1701	4600	540	11936
F	1503	464	600	240	2807

Таблица 5. Ущерб от выбросов в атмосферу паров нефтепродуктов

Тип аварийной ситуации	$\Sigma_{\text{пл.загр.}}$ , р.
А	1295366
В	348081
С	464108
Е	9223
Д	18666
F	724

Таблица 6. Вероятность возникновения наиболее крупных аварий

Тип аварийной ситуации	Пожар (в год)	Взрыв (в год)
А	$1,6 \cdot 10^{-6}$	–
В	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$
С	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$
Е	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$
Д	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$
F	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$

дов приняты по РД 03-357-00. Анализ дерева событий использовался для построения сценариев и расчета стадий (фаз) аварийной ситуации (рис. 4).

Оценка возможных последствий аварии предполагает учет всей совокупности возможных факторов: места распространения аварии на окружающем ландшафте (грунт, озеро, море); основных экологических эффектов, возникающих из-за аварии; учет повреждения для каждого элемента риска (население, здания, операторы) из-за загрязнения или высвобождения энергии. Расчет ущерба организации, эксплуатирующей объект, от наиболее вероятных и тяжелых по своим последствиям аварий выполнен на основе требований РД 03-496-02 [11] и приведен в табл. 4. По некоторым сценариям определен ущерб в результате загрязнения нефтепродуктами атмосферного воздуха и водной поверхности. Ущерб от выбросов в атмосферу паров нефтепродуктов определен по методике [12]. Результаты расчета ущерба от загрязнения выбросами вредных веществ атмосферы с учетом всех возможных факторов приведены в табл. 5.

В качестве комплексных показателей риска эксплуатации морского терминала для населения и территории с учетом индивидуаль-

ного и социального риска рассматривались: частота гибели людей и материальный ущерб различного масштаба от техногенных чрезвычайных ситуаций. Анализ риска с использованием деревьев событий позволил оценить вероятность возникновения аварии (табл. 6), частоты гибели людей с построением F-N диаграммы (где N — количество погибших или пострадавших людей; F — частота рассматриваемого события) (рис. 5) и возникновение материального ущерба (табл. 7).

F-N — диаграмма, характеризующая социальный риск при авариях на исследуемом объекте, приведена на рис. 5.

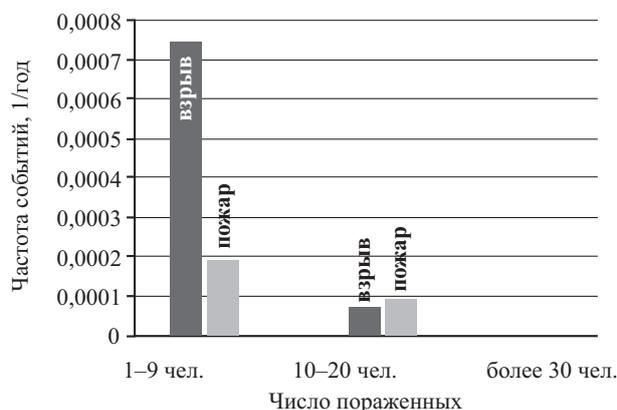


Рис. 5. F-N — диаграмма

Таблица 7. Показатели ущерба по наиболее крупным авариям

№ п/п	Наименование показателя	Составляющие объекта исследования		
		Цех № 1	Цех № 2	Морской причал
1	Количество опасного вещества, т	267826	1940	265
2	Максимально возможное количество пострадавших, чел.	319	50	20
3	Прямые потери (ущерб в результате уничтожения фондов предприятия и продукции), тыс. р.	63917	5095	1503
4	Затраты на аварийно-восстановительные работы, тыс. р.	17010	1701	464
5	Социально-экономические потери (затраты понесенные вследствие гибели и травматизма людей), тыс. р.	37350	4600	600
6	Величина возможного ущерба сторонним организациям, тыс. р.	3750	540	240
7	Величина возможного ущерба окружающей среде, тыс. р.	469	19	0,8
8	Коллективный риск, чел. в год	$8,38 \cdot 10^{-4}$	$5,07 \cdot 10^{-4}$	$2,95 \cdot 10^{-4}$
9	Материальный ущерб имуществу, тыс. р.	8145	1468	1120
10	Материальный ущерб окружающей природной среде, тыс. р. в год	81	2	40

В результате исследования определены наиболее опасные показатели самых крупных возможных аварий:

- количество опасного вещества (нефтепродукта);
- максимально возможное количество пострадавших;
- величина максимально возможного материального ущерба;
- коллективный риск поражения персонала.

Обеспечение техногенной безопасности и приемлемого риска морского терминала может быть достигнуто за счет тщательного мониторинга состояния оборудования и совершенствования методов прогнозирования остаточного ресурса металлоконструкций. Для выполнения этих задач предложен ряд конструктивно-технологических решений [13, 14].

### Литература

1. Безопасность России. Функционирование и развитие сложных народнохозяйственных технических, энергетических, транспортных систем, систем связи и коммуникаций: В 2 ч. М.: Знание, 1998. Ч. 1. 448 с.; Ч. 2. 416 с.
2. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность трубопроводного транспорта. М.: Знание, 2002. 750 с.
3. *Махутов Н. А.* Конструкционная прочность, ресурс и техногенная безопасность: в 2 ч. Новосибирск: Наука, 2005. Ч. 1. 493 с.; Ч. 2. 609 с.
4. *Махутов Н. А.* Проблемы снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера // Управление рисками чрезвычайных ситуаций: Материалы шестой Всероссийской научно-практ. конф. 2001. С. 45–54.
5. *Сучков В. П.* Актуальные проблемы обеспечения устойчивости к возникновению и развитию пожара, технологий хранения нефти и нефтепродуктов. Обзорная информация. Серия: Транспорт и хранение нефтепродуктов. НИИТЭнефтехим. Вып. 3. 1995. 68 с.
6. *Сучков В. П., Безродный И. Ф. и др.* Пожары резервуаров с нефтью и нефтепродуктами. Обзорная информация. Серия: Транспорт и хранение нефтепродуктов. НИИТЭнефтехим, 1992. Вып. 3–4. 100 с.
7. Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС. Книга 2. Методика оценки последствий аварий на пожаровзрывоопасных объектах. М.: МЧС России, 1994. 380 с.
8. *Шалхраманьян М. А., Ларионов В. И., Нигметов Г. М. и др.* Комплексная оценка риска от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Безопасность жизнедеятельности. 2001. № 12. С. 8–14.

9. *Елохин А. Н.* Анализ и управление риском: Теория и практика. М.: Лукойл, 2000. 431 с.
10. *Лепихин А. М., Махутов Н. А., Москвичев В. В., Черняев А. П.* Вероятностный риск-анализ конструкций технических систем. Новосибирск: Наука, 2003. 170 с.
11. РД 03-496-02. Методические рекомендации по оценке ущерба на опасных производственных объектах. Постановление Ростехнадзора России № 63 от 29.10.02. 36 с.
12. Методика определения ущерба окружающей природе при авариях на магистральных нефтепроводах. Руководящий документ. Минтопэнерго РФ. М.: ТрансПресс, 1996. 211 с.
13. Положительное решение по заявке на патент № 2004128659/6 (031012). Компенсатор трубопроводов. Авторы: Ж. М. Бледнова, М. И. Чаевский, А. В. Вотинов, Д. А. Стрелевский. Приоритет от 09.04.05.
14. Пат. ПМ № 49265. Установка для испытания на длительную прочность и малоцикловую усталость. Авторы: А. В. Вотинов, Ж. М. Бледнова, М. И. Чаевский, Д. А. Стрелевский.

---

Статья поступила 18 ноября 2005 г.

Кубанский государственный технологический университет

© Вотинов А. В., Бледнова Ж. М., 2006