

**Э.А. ГРАНОВСКИЙ, Я.М. ЛАНДЕСМАН, Н.В. БЕЛИНСКАЯ,
Л.А. МОСКАЛЕВА**

ООО «Научный центр изучения рисков «Ризикон», г. Северодонецк

**ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ О ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ РАЗВИТИИ г. ОДЕССЫ
В РАЙОНЕ ПЕРЕСЫПИ И РАСШИРЕНИИ РАСПОЛОЖЕННОГО В ЭТОМ
РАЙОНЕ НЕФТЕГАЗОПЕРЕВАЛОЧНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ
АНАЛИЗА РИСКОВ**

С использованием информационных технологий выполнено моделирование аварий и оценка риска предприятий нефтегазоперевалочного комплекса в г. Одесса с целью принятия решений о развитии градостроительства вблизи комплекса и возможности его расширения. На основании анализа рисков, существующих независимо от рисков, создаваемых предприятиями комплекса, установлены приемлемые риски для реципиентов, находящихся в опасной зоне. Определены неприемлемые риски и предложены решения по их снижению.

При реконструкции и расширении опасных промышленных объектов или развитии градостроительства происходит изменение риска для населения, элементов экосистемы и объектов жизнедеятельности, находящихся в зоне возможного воздействия поражающих факторов техногенных аварий.

Необходимость оценки риска, создаваемого предприятиями нефтегазоперевалочного комплекса (далее комплекс), расположенными в районе Пересыпи в Одессе, возникла как в связи с расширением некоторых из них, так и в связи с планированием жилой застройки полей фильтрации, примыкающих к предприятиям комплекса.

В данной работе анализ риска и разработка решений по обеспечению достаточной безопасности при реализации планов развития выполнялся в следующей последовательности:

- на основании анализа рисков, существующих в г. Одесса независимо от рисков, создаваемых предприятиями комплекса, устанавливаются приемлемые риски для реципиентов, находящихся в опасной зоне;
- проводится анализ и оценка риска, создаваемого как каждым из предприятий комплекса, так и суммарного риска;
- производится сравнение расчетных значений риска с приемлемым уровнем и делается вывод о достаточной или недостаточной безопасности эксплуатации комплекса;
- проводится поиск решений, обеспечивающих снижение риска до приемлемого уровня.

Анализ показал, что аварии на объектах комплекса могут создавать угрозу негативных последствий для жизни и здоровья людей, для имущества физических и юридических лиц, акватории города Одесса, воздуху и земле.

Для выбора приемлемого уровня риска для жизни и здоровья людей выполнен анализ такого риска, создаваемого в быту. В соответствии с данными Госкомстата Украины [1], риск летального исхода от несчастных случаев в быту находится на уровне 10^{-3} (таблица 1).

Таблица 1. Смертность населения от несчастных случаев в быту [1] (чел.)

Регион	Городские поселения и сельская местность		Городские поселения		Сельская местность	
	всего	на 100 тыс. жителей	всего	на 100 тыс. жителей	всего	на 100 тыс. жителей
Украина	64326	138,3	40156	126,6	24170	163,5
Одесская область	3884	162,2	2280	143,6	1604	198,6

Учитывая масштабы возможных последствий аварий на объектах повышенной опасности, приемлемый риск, создаваемый ими для населения, должен быть не менее чем на два порядка меньше [2].

Для имущественных и социально важных объектов и объектов жизнедеятельности уровень приемлемого риска не регламентируется. В [2] предлагается устанавливать приемлемый уровень риска для этих объектов на основе соглашения заинтересованных сторон с учетом уровня наступления аналогичных событий вблизи объекта повышенной опасности по другим причинам.

Для определения приемлемого уровня риска имуществу физических и юридических лиц в качестве базы сравнения использовался риск гибели имущества вследствие возможных землетрясений в регионе расположения комплекса. Учитывались данные о сейсмической опасности, зависимость степени возможных разрушений зданий от интенсивности землетрясений в соответствии со шкалой MSK-64, данные о стоимости жилья в Одессе и данные о нормах плотности населения в районах городской застройки.

В результате было получено, что ожидаемый ущерб для одного жилого здания составит порядка $U=6128$ гривен, для n зданий - $U_n=6128 \cdot n$.

В действительности риск потери имущества намного выше, потому что, кроме землетрясений, необходимо учитывать также риски потери имущества от пожаров, взрывов бытового газа, затопления водой, противоправных действий третьих лиц и т.п.

С учетом этих факторов, приемлемый уровень риска, создаваемый объектами комплекса для имущества физических и юридических лиц, определялся по ожидаемому убытку, который принят на порядок меньше убытка от землетрясений. В этом случае вероятность убытка более 2500000 гривен [2] должна быть

$$P_{\text{имущ.}}^{\text{пр}} \leq \frac{613n}{2500000} = 4,3 \cdot 10^{-4} n$$

Для обоснования приемлемого уровня риска загрязнения водной среды при транспортировке и перевалке нефтепродуктов предприятий комплекса использовались:

- статистика аварий при транспортировке нефти и нефтепродуктов морским транспортом в Балтийском море [3]
- статистика ИМО разливов нефтепродуктов в портах [4].

В первом случае вероятность образования значительного нефтяного пятна:

$$P_{\text{рп}} = \lambda \frac{S_{\text{ао}}}{S_{\text{Бм}}} = 2,9 \frac{3850}{415000} = 2,7 \cdot 10^{-2}$$

где λ , $S_{\text{ао}}$, $S_{\text{Бм}}$ – частота аварий с проливом нефти и нефтепродуктов в Балтийском море, площади акваторий Одесской бухты и Балтийского моря, соответственно.

Во втором случае рассматривались средние выбросы при авариях на танкерах в соответствии с классификацией Международной федерации владельцев танкеров. Учитывались данные о перевозке нефти, нефтепродуктов, сжиженных газов и жидких опасных химических веществ за 2007 год через Одесский и Ильичевский порты, порт «Южный», а также Припортовый завод. С учетом того, что вероятность аварии в течение одного года с разливом нефти больше 160 м^3 (средние аварии) на километр маршрута

танкера по данным [4] равна $5,3 \cdot 10^{-7}$, вероятность такой аварии, с учетом числа танкеров, проходящих акватории Одесской бухты и протяженности их маршрутов, составляет

$$P_{\text{рн}} = 3,7 \cdot 10^{-2}$$

Принимая более консервативную оценку, полагается, что с учетом возможных направлений ветра вероятность загрязнения берега и прибрежных вод Одесской бухты будет составлять $P_{\text{рн}} = 0,9 \cdot 10^{-2}$.

Видно, что оценки вероятности аварии танкеров в акватории г. Одесса, выполненные по статистике таких аварий в Балтийском море и по статистике аварий танкеров на 1 километр маршрута, близки между собой.

Учитывая, что вероятность загрязнения берега моря в Одесской бухте, с учетом состояния канализационных и очистных сооружений, будет только повышаться, приемлемый уровень риска аварийного выброса в течение года более 160 м^3 нефти и нефтепродуктов при заполнении танкеров из стендеров предприятиями комплекса принят на два порядка ниже сделанной оценки, т.е. $P_{\text{рн}} \leq 10^{-4}$.

Полагается, что основным источником загрязнения атмосферы вблизи предприятий комплекса по не зависящим от него причинам являются пожары в быту. В соответствии со статистическими данными [5], вероятность пожара в быту близка к 1. При этом необходимо учитывать, что в отличие от пожаров при горении нефтепродуктов, когда состав продуктов сгорания известен, при пожарах в быту могут гореть краски, клеи, растворители, изделия из пластмасс, резины и т.п., продукты горения которых неизвестны и намного более токсичны, чем продукты сгорания углеводородов.

В качестве приемлемого уровня риска загрязнения атмосферы принималась вероятность загрязнения атмосферы в результате хотя бы одного пожара при полном разрушении резервуара на предприятиях комплекса на два порядка ниже пожара в быту т.е. $P_{\text{пж}} \leq 10^{-2}$.

При обосновании приемлемого уровня риска загрязнения земельных ресурсов учитывалось, что, кроме выбросов нефтепродуктов при эксплуатации объектов ОНГПК, разливы нефтепродуктов на почву могут происходить при ДТП с бензовозами, при сливе нефтепродуктов на АЗС, при авариях с железнодорожными цистернами, перевозящими нефтепродукты. При оценке приемлемого уровня риска использовались статистические данные о количестве ДТП в Украине и их причинах [5], данные о количестве бензовозов, обслуживающих АЗС в Суворовском районе. Полагалось, что выброс всего нефтепродукта (7 т) из бензовоза в результате ДТП может произойти при его опрокидывании только в одном случае из десяти. Вероятность такого события составила $P_{\text{дтп}}^6 = 10^{-3}$. Тогда для трубопроводов объектов комплекса как приемлемый риск утечки в течение одного года более 7 т нефтепродуктов за пределами их территории может быть принята величина на порядок меньшая, т.е. $P_{\text{тп}}^{\text{нр}} \leq 10^{-4}$.

Обоснованные уровни приемлемого риска согласованы Одесским городским Советом.

Для каждого объекта нефтегазоперевалочного комплекса был выполнен анализ опасности и оценка риска, включая исследование опасности и выявление событий, инициирующих аварии; определение вероятности возникновения и развития аварий; моделирование аварийных событий; определение вероятности их последствий и интегральных показателей риска; принятие решений о снижении риска на основе сравнения с приемлемым риском.

Как показал предварительный анализ, зоны поражений от аварий на предприятиях комплекса, на которых хранятся и перегружаются нефть и нефтепродукты, локализованы территорией существующей промышленной зоны и территорией существующей городской застройки. Только поражающие факторы от аварий на базе сжиженных

углеводородных газов (ООО «Укрлоудсистем») могут распространяться на территорию перспективной застройки. По этой причине далее подробный анализ приводится только этого объекта, в состав которого входят 4 парка СУГ (49 емкостей по 200 м³), и трубопроводы. Трубопроводы (два $d_y=250$ мм для пропана и бутана, один $d_y=150$ мм для СПБТ) идут к стендерам, находящимся в нефтегавани на расстоянии 3,7 км от комплекса. Через стендеры производится налив сжиженных газов в газовозы. Запроектировано строительство еще двух парков хранения сжиженных газов, каждый из которых будет включать по 12 емкостей объемом 200 м³.

Анализ проводился с использованием информационных технологий программного комплекса «РизЭкс-2».

Для моделирования случайного процесса возникновения аварии использовался метод «дерево отказов» [6]. Анализ случайных процессов развития аварий проводился методом «дерево событий» в соответствии с [7].

При моделировании процессов формирования аварийных ситуаций рассматривалось изотермическое истечение газа в соответствии с [8], истечение сжиженных газов как истечение жидкости по [9] с мгновенным испарением за счет перегрева; испарение сжиженных газов из пролива моделировалось с учетом теплообмена с грунтом и с воздухом. Учитывался также радиационный поток, включая коротковолновую и длинноволновую радиацию [10]. Разлет осколков при разрушении резервуаров и возможность пробития с возникновением эффекта «домино» определялись по [11]. Рассеяние горючих и взрывоопасных газов моделировалось в соответствии с [12].

По результатам анализа опасности были выделены следующие причины, приводящие к разгерметизации и выбросу сжиженных газов в парках хранения:

- рост давления в емкости выше давления гидравлического испытания вследствие нагрева емкости прямыми солнечными лучами или вследствие теплового расширения жидкости при переполнении (технологические причины);
- аварии на соседних объектах (разрушение емкостей с разлетом осколков, факел пожара).

Для вновь проектируемых парков дополнительно учитывались возможные отказы и ошибки при строительстве, монтаже и вводе в эксплуатацию, по которым могут возникнуть дополнительные опасные напряжения в металле корпуса емкостей. Учитывались операции, выполняемые при строительстве фундамента и опор, способ закрепления емкостей в опорах, вероятность опасных температурных колебаний, порядок контроля и приема работ и объекта в целом и др.

В качестве причин, приводящих к разгерметизации оборудования на сливной эстакаде, были выделены:

- рост давления в ж/д цистерне вследствие теплового расширения жидкости при переполнении;
- разрушение цистерны в результате опрокидывания либо механического воздействия;
- срабатывание и заклинивание предохранительного клапана на цистерне;
- срыв металлорукава (ошибки персонала при проведении операции слива).

К разгерметизации трубопроводов подачи СУГ в нефтегавань могут привести следующие причины:

- рост давления в трубопроводе выше давления гидравлического испытания вследствие гидроудара или теплового расширения жидкости (наличие СУГ между двумя перекрытыми арматурами);
- внешние воздействия (повреждения трубопровода автотранспортом либо при проведении землеройных работ);

– повреждение (обрыв) соединения стендеров с манифольдом танкера в результате несанкционированного сдвига танкера либо некачественного подсоединения (ошибки персонала).

Определение вероятности возникновения в течение года событий, приводящих к аварии, проводилось построением «дерева отказов». Учитывались как отказы оборудования и арматуры, так и отказы систем контроля и защиты. Во всех случаях учитывались в соответствии с выполняемыми функциями и действиями ошибки персонала [16, 17].

Для емкостей при построении «дерева отказов» учитывалось наличие в системе приема, хранения и перевалки сжиженных газов:

- трех независимых систем контроля (СК), сигнализации (СС) и блокировки (СБ), температуры с автоматическим включением орошения емкостей при ее повышении;
- двух независимых СК, СС и СБ повышения давления со сбросом газовой фазы в аварийную емкость;
- двух предохранительных клапанов (рабочий и контрольный) со сбросом газов на факел;
- двух независимых СК, СС и СБ уровня, с автоматическим прекращением подачи продукта в емкость при повышении уровня выше регламентного, и независимой СК и СС уровня «Садко»;

Учитывалось, что контроль параметров и работы АСУ процессом приема, хранения и перевалки сжиженных газов осуществляется независимо двумя операторами.

Для оборудования сливной эстакады при построении «дерева отказов» учитывалось наличие:

- предохранительного клапана со сбросом газов в атмосферу;
- контроля при операции слива ж/д цистерны;

Для трубопроводов при построении «дерева отказов» учитывалось наличие:

- двух независимых СК, СС и СБ давления (остановка насоса при повышении давления);
- двух независимых СК, СС и СБ температуры (остановка насоса при повышении температуры);
- предохранительного клапана со сбросом газов в аварийные емкости.

Для определения вероятности разрушения трубопроводов подачи нефтепродуктов в нефтегавань использовались статистические данные по аварийности внутризаводских трубопроводов Российской Федерации [14]. Вероятность возникновения незначительной утечки (свища) в трубопроводе оценивалась согласно методике, изложенной в [15].

Очевидно, что при полном разрушении оборудования и выбросе значительного количества опасного вещества системы защиты, предусмотренные на технологической площадке, не могут повлиять на возможное развитие аварии. Поэтому в данном случае при построении «дерева событий» значения вероятностей реализации разных сценариев развития аварии принимались по данным [13].

При определении вероятности развития аварии вследствие разгерметизации оборудования в «дереве событий» учитывалось наличие следующих систем:

- обнаружения утечек (сигнализаторы дозрывных концентраций);
- подачи пара к месту разгерметизации;
- аварийного опорожнения оборудования;
- обнаружения пожара (пожарные извещатели с выдачей сигнала на приемную станцию пожарной части);
- водяного орошения емкостей.

Кроме учета отказов систем, описанных выше, учитывались отказы по общим причинам.

На основе анализа условий возникновения и развития аварий методами «дерево отказов» и «дерево событий» с учетом описанных выше систем защиты и моделирования случайных аварийных процессов с использованием программного комплекса «РизЭкс-2» определены территориальный и индивидуальный риски для населения и вероятность негативных последствий для всех выделенных реципиентов.

Расчеты показали, что территориальные риски, создаваемые объектами комплекса, не создают зон опасного совместного воздействия. Поражающие факторы аварий выходят за пределы территории объектов комплекса только при транспортировании продуктов хранения к нефтегавани в районе существующей застройки. В район планируемой застройки полей фильтрации на незначительное расстояние с очень незначительной вероятностью, обусловленной описанными системами защиты, как от возникновения аварии, так и от ее развития, выходят поражающие факторы аварий, возможные для парков СУГ (ООО «Укрлоудсистем»).

Результаты расчетов полей территориального риска для парков СУГ (с учетом проекта расширения) представлены на рис. . 1.

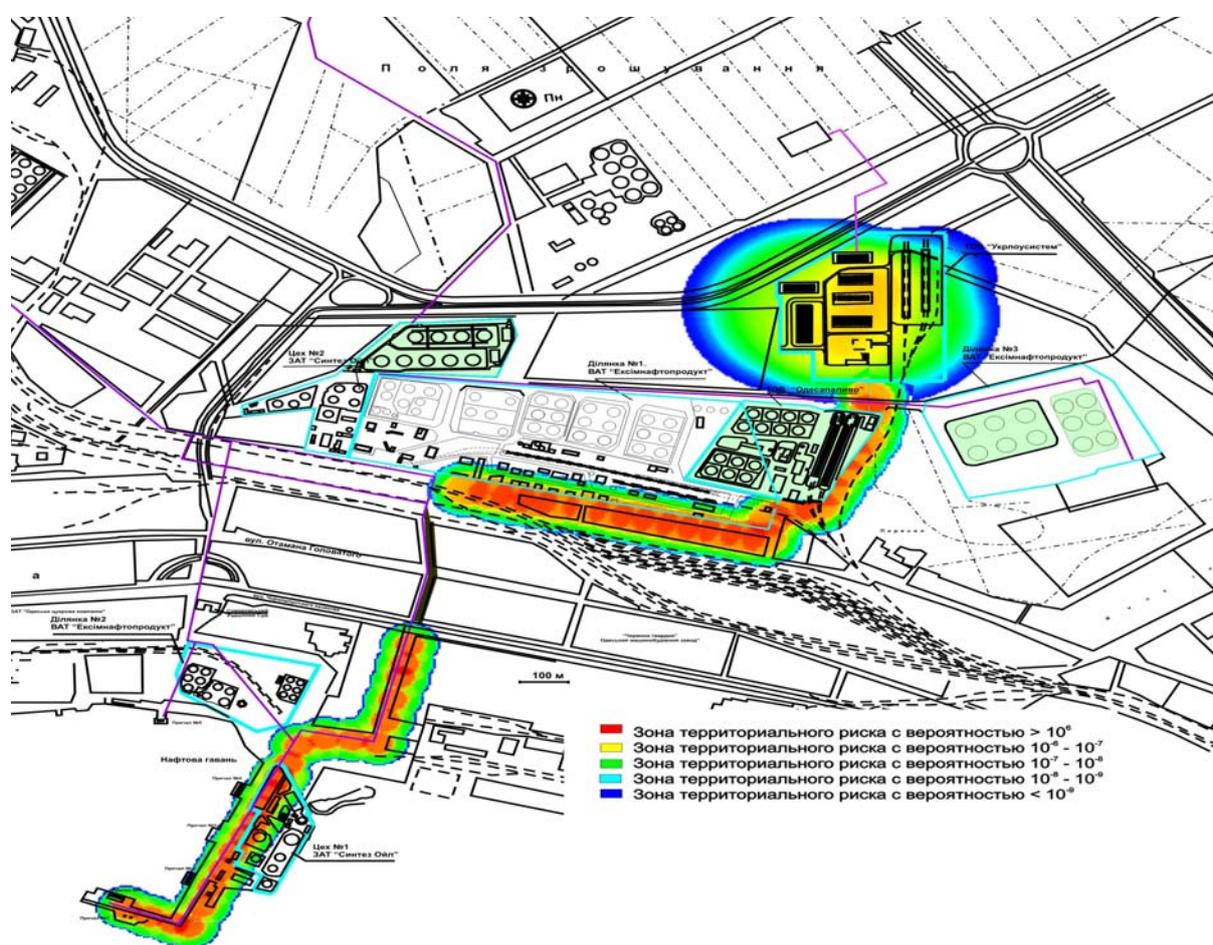


Рис. 1. Поля территориального риска

Ниже в таблице 2 приведены обоснованные уровни приемлемого риска и рассчитанные уровни риска, создаваемые объектами нефтегазоперевалочного комплекса.

Таблица 2. Уровни приемлемого риска и рассчитанные уровни риска, создаваемые объектами нефтегазоперевалочного комплекса

№ п/п	Рассматриваемые последствия	Событие	Приемлемый уровень риска	Рассчитанная величина
1	2	3	4	5
1	Вред, причиненный жизни и здоровью людей	Летальный исход для индивидуума (индивидуальный риск)	$\leq 10^{-6}$	$\leq 10^{-7}$
2	Ущерб имуществу физических и юридических лиц	Авария в течение 1 года с ущербом имуществу более 2500000 грн.	$\leq 4,3 \times 10^{-4} \cdot n$ ($1,4 \times 10^{-2}$)	$3,6 \times 10^{-6}$
3	Загрязнение водной среды (акватории Одесской бухты)	Авария в течение 1 года с выбросом в акваторию бухты более 160 м ³ нефтепродуктов	$\leq 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-5}$
4	Загрязнение воздуха	Пожар в течение 1 года при полном разрушении резервуара	$\leq 10^{-2}$	$5,7 \times 10^{-4}$
5	Загрязнение земли (грунта)	Авария в течение 1 года с утечкой более 7 т нефтепродуктов	$\leq 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-3}$

Из приведенных данных видно, что для всех рассматриваемых последствий рассчитанная величина риска значительно меньше приемлемого уровня. Исключение составляет риск загрязнения земли (грунта) за пределами территории объектов ОНГПК – он превышает обоснованный выше и согласованный Одесским городским Советом уровень приемлемого риска.

Для его снижения предложены следующие мероприятия:

- установить наземные обозначения места и направления пролегания трассы трубопроводов;
- ввести порядок согласования работ, проводимых в районе пролегания трассы;
- сократить сроки между осмотрами и срок эксплуатации трубопроводов по сравнению с нормативными, усилить контроль соблюдения этих сроков;
- прокладку подземных труб осуществлять на бетонированное ложе с гидроизоляцией;
- обеспечить дренаж утечки и возможность его контроля.

Такие меры могут снизить вероятность загрязнения почвы нефтепродуктами на два - три порядка.

1. Экспрес-выпуск Державного комітету статистики України “Смертність населення від зовнішніх причин у побуті у січні-грудні 2007 року”. <http://www.ukrstat.gov.ua/>

2. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування об’єктів підвищеної небезпеки. – К.: Основа, 2003.

3. Кабелкайте Ю.А. Экологические проблемы и международное сотрудничество в регионе Балтийского моря. <http://geo.1september.ru/articlef.php?ID=200303202>

4. Журнал "Транспортная безопасность и технологии". – 2005. – №2. http://www.securpress.ru/issue/Tb/2005_2/neft_razliv.htm

5. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році. http://www.mns.gov.ua/annual_report/2007/content_1.ua.php?m=B5

6. Международный стандарт МЭК 1025, 1990г. Анализ с использованием деревьев

отказов.

7. Probabilistic Risk Assessment, Procedures Guide for NASA Managers and Practitioners NASA Headquarters, Washington, DC 20546.

8. Техническая термодинамика: учебник для вузов / [под ред. В. И. Крутова] – М.: Высш. шк., 1971. – 472 с.

9. Справочник химика / [Григоров О.Н., Позин М.Е., Порай-Кошиц Б.А. и др.], гл. ред. Б. П. Никольский. – [2-е изд.]. – М. – Л.: Химия, 1968. – Т. 5. – 974 с.

10. C. J. H. van den Bosch, Yellow Book, Methods for the calculation of the physical effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases), Committee for the Prevention of Disasters, CPR-14E, The Hague, The Netherlands, Third edition, 1997.

11. Взрывные явления. Оценка и последствия: в 2-х кн. [пер. с англ.] / Бейкер У., Кокс П., Уэстайн П. и др.; [под ред. Я. Б. Зельдовича, Б. Е. Гельфанда]. – М.: Мир, 1986. – 319 с.

12. Методика оценки последствий химических аварий (Методика «Токси», редакция 2.2.) в сб. документов «Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах». Федеральная служба по экологическому и атомному надзору. М.: НТЦ «Промышленная безопасность» Госгортехнадзора России, 2005. – (Сер. 27, вып. 2. 3-е изд. испр. и доп.).

13. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

14. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2004 -2005 год.

15. Методическое руководство по оценке степени риска на магистральных нефтепроводах. Согласовано письмом Госгортехнадзора России от 07.07.99г. № 10-03/418.

16. Белов П.Г. Моделирование опасных процессов в техносфере. – М.: Изд-во Академии гражданской защиты МЧС РФ. – 1999. – 124с.

17. СТО РД Газпром 39-1.10-084-2003г.

Е.А. Грановський, Я.М. Ландесман, Н.В. Белінська, Л.А. Москалева

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПО МІСТОБУДІВНОМУ РОЗВИТКУ М. ОДЕСИ В РАЙОНІ ПЕРЕСИПИ І РОЗШИРЕННІ РОЗТАШОВАНОГО В ЦЬОМУ РАЙОНІ НАФТОГАЗОПЕРЕВАЛОЧНОГО КОМПЛЕКСУ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ

З використанням інформаційних технологій виконано моделювання аварій і оцінку ризику підприємств нафтогазоперевалочного комплексу в м. Одеса з метою прийняття рішень про розвиток містобудівництва поблизу комплексу і можливості його розширення. На основі аналізу ризиків, існуючих незалежно від ризиків, які створюються підприємствами комплексу, встановлені прийнятні ризики для реципієнтів, що знаходяться у небезпечній зоні. Визначено неприйнятні ризики та запропоновано рішення з їх зниження.

E.A. Granovskyi, Ya.M. Landesman, N.V. Belinska, L.A. Moskaleva

DECISION-MAKING ON TOWN PLANNING DEVELOPMENT OF CITY ODESSA IN THE PERESYPY DISTRICT AND EXTENSIONS OF OIL AND GAS TRANSFER COMPLEX LOCATED IN THIS AREA ON THE BASE OF RISK ANALYSIS

Using information technology accidents modeling and risk assessment of oil and gas transfer complex facilities in city Odessa for making decisions about city planning development near the complex and its possible extension are shown. On the basis of risk analysis, existing independently of the risks that are created by complex facilities the acceptable risk to recipients that located in that danger zone was established. Unacceptable risks are defined and solutions to decrease them are proposed.