

# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

УДК 614.841.12

Ю.Н. Шебеко, зам. нач. НИЦ ППИПЧСП, нач. отд., д-р техн. наук, проф., И.А. Болодьян, гл. науч. сотр., д-р техн. наук, проф., Д.М. Гордиенко, зам. нач. отд., нач. сектора, канд. техн. наук (ФГУ ВНИИПО МЧС России), Ю.И. Дешевых, директор ДНД МЧС России, канд. техн. наук, А.Н. Гилетич, зам. директора ДНД МЧС России, канд. техн. наук, Д.С. Кириллов, науч. сотр., В.П. Некрасов, ведущий науч. сотр., канд. техн. наук, А.А. Пономарев, ведущий науч. сотр., канд. техн. наук (ФГУ ВНИИПО)

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ, РАСПОЛОЖЕННОГО ВБЛИЗИ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Статья посвящена решению проблемы, связанной с обеспечением пожарной безопасности объектов хранения нефтепродуктов, расположенных вблизи жилых и общественных зданий, при вынужденных отступлениях от требований нормативных документов в части минимально допустимых расстояний. Проведен расчет значений опасных факторов пожара на таких объектах. Предложены основные защитные мероприятия, компенсирующие вынужденные отступления от норм. Достаточность и эффективность компенсирующих мероприятий обоснованы посредством оценки индивидуального и социального пожарных рисков для населения, обусловленных размещением рассматриваемых объектов по отношению к жилым и общественным зданиям на расстояниях, которые менее допустимых по нормам.

Ключевые слова: резервуарный парк нефтепродуктов, пожарная безопасность объектов хранения нефтепродуктов, отступления от требований нормативных документов в части минимально допустимых расстояний, оценка пожарного риска резервуарного парка нефтепродуктов.

### Введение

В последнее время в результате развития градостроительства значительное число объектов хранения нефтепродуктов (в том числе склады нефти и нефтепродуктов в составе предприятий) оказалось в черте городской застройки. Объекты нефтепродуктообеспечения традиционно являются объектами повышенной пожарной опасности. Крупная авария на таком объекте, расположенном в черте населенного пункта, может привести к пожару с катастрофическими для населенного пункта последствиями, если не предусмотреть адекватные альтернативные противопожарные мероприятия. Ситуация усугубляется тем, что в ряде случаев расширение жилой застройки привело к нарушениям требований нормативных документов в части минимально допустимых расстояний от зданий и сооружений городской застройки до складов нефти и нефтепродуктов. Перенос же опасного объекта на безусловно безопасные расстояния за пределы населенного пункта трудно реализуем по социально-экономическим и/или технологическим причинам. Дополнительными факторами, повышающими пожарную опасность такого рода объектов, являются изношенность и старение значительной части технологического оборудования.

Все это обуславливает необходимость проведения реконструкции объектов нефтепродуктообеспечения, направленной на повышение уровня пожарной безопасности за счет применения современных технологий в области обеспечения противоаварийной и противопожарной защиты, замены изношенного оборудования новым, использования современных средств пожаротушения и т. п.

В настоящей статье на типовом примере резервуарного парка хранения нефтепродуктов в составе предприятия, расположенного в черте населенного пункта, рассматриваются подходы к разработке основных защитных мероприятий, направленных на обеспечение требуемого уровня пожарной безопасности рассматриваемого объекта при вынужденных отступлениях от требований нормативных документов в части минимально допустимых расстояний до жилых и об-

ществленных зданий. Бензин по своим свойствам является одним из наиболее пожароопасных нефтепродуктов, поэтому в настоящей статье рассматривается резервуарный парк хранения бензина.

### **Краткая характеристика рассматриваемого объекта**

Резервуарный парк хранения бензина входит в состав предприятия, расположенного в черте населенного пункта. Расширение зоны жилой застройки привело к тому, что указанное предприятие, располагавшееся на момент строительства и сдачи в эксплуатацию за чертой города, в настоящее время оказалось в его границах. Это обстоятельство обусловило отступления от требований нормативных документов по пожарной безопасности в части минимально допустимых расстояний от жилых и общественных зданий до резервуарного парка. Основополагающим нормативным документом, регламентирующим требования пожарной безопасности к складам нефти и нефтепродуктов (в том числе к складам, расположенным в черте населенных пунктов), являются СНиП 2.11.03-93 [1]. Минимальное расстояние от рассматриваемого парка хранения бензина (общей вместимостью 60 тыс. м<sup>3</sup>) до жилых и общественных зданий составляет 33 м вместо 100–200 м, требуемых [1] в зависимости от категории склада.

В состав резервуарного парка хранения бензина входят три резервуара (вместимостью 20 тыс. м<sup>3</sup> каждый) со стационарной крышей, оборудованные понтонами.

Высота каждого резервуара 21 и диаметр 37 м. К каждому резервуару подходит по два трубопровода диаметром соответственно 600 и 900 мм. Общая длина трубопроводов резервуарного парка бензина составляет 635 м. Площадь обвалования парка 24 тыс. м<sup>2</sup>.

### **Количественная оценка влияния отступлений от требований нормативных документов на пожарную опасность резервуарного парка бензина (без учета дополнительных защитных мероприятий)**

Для количественной оценки влияния сокращения расстояний от рассматриваемого объекта до жилых и общественных зданий по сравнению с минимально допустимыми [1] расстояниями на пожарную опасность объекта необходимо провести анализ проектных пожаров в резервуарном парке бензина и определить значения опасных факторов пожара при их воздействии на жилые и общественные здания, расстояния до которых меньше нормативных.

Сокращение расстояний от резервуаров хранения бензина до жилых и общественных зданий обуславливает возникновение угрозы воздействия опасных факторов возможных пожаров и взрывов на жилые и общественные здания, людей, находящихся в этих зданиях, и распространения пожара на прилегающую к резервуарному парку зону жилой застройки.

При проведении количественной оценки пожарной опасности резервуарного парка хранения бензина рассматривались следующие типичные проектные пожары:

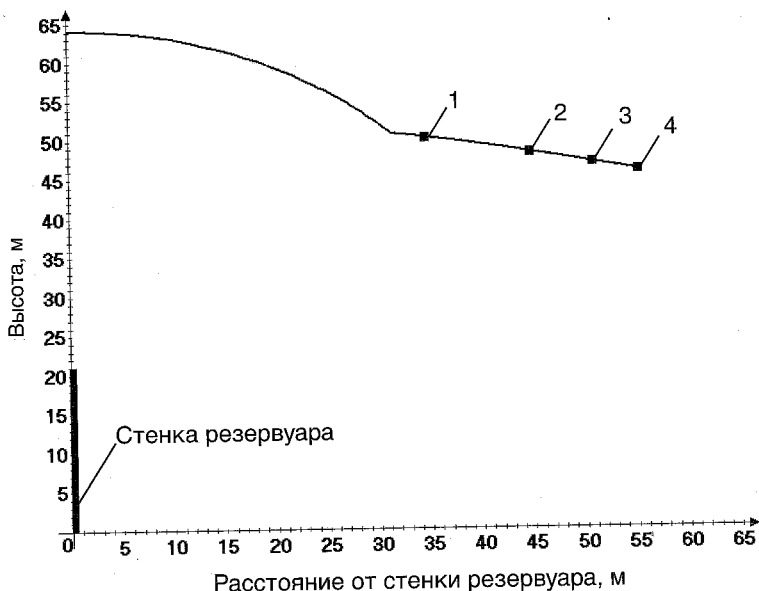
- пожар резервуара хранения бензина по всей поверхности;
- пожар пролива бензина в обваловании резервуарного парка;
- взрыв паровоздушной смеси, образовавшейся в результате испарения с поверхности пролива бензина в обваловании резервуарного парка;
- горение паровоздушной смеси, образовавшейся в результате испарения с поверхности пролива бензина в обваловании резервуарного парка, в режиме пожара-вспышки.

Наиболее опасными факторами указанных пожаров являются:

- тепловое излучение пламени и непосредственное воздействие пламени и высокотемпературных продуктов горения при пожаре пролива и пожаре резервуара по всей поверхности;
- избыточное давление и импульс волны сжатия, образующиеся при взрыве паровоздушной смеси;
- тепловое воздействие высокотемпературных продуктов горения паровоздушной смеси при возникновении пожара-вспышки.

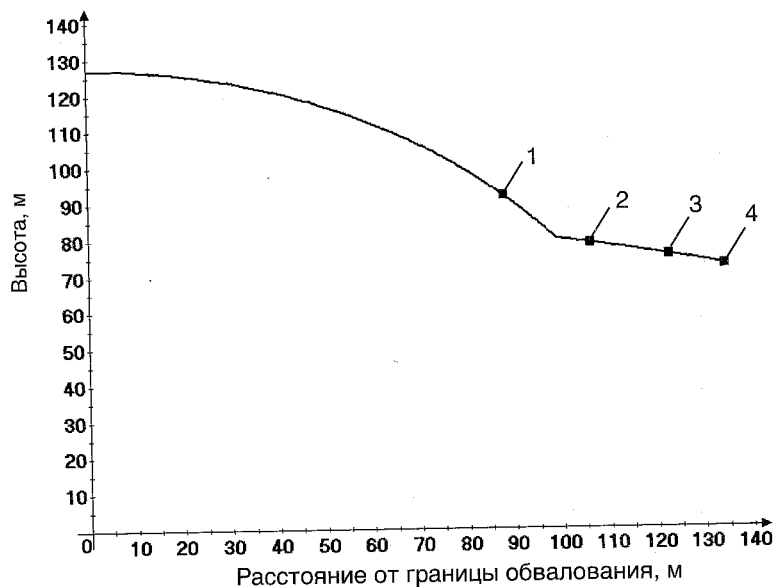
Опасные факторы рассматриваемых пожаров и размеры зон поражения рассчитывались в соответствии с методиками, изложенными в руководствах [2] и [3]. Руководство [3] использовалось при определении формы пламени и расчете интенсивности теплового излучения пламени при пожаре пролива бензина в обваловании и пожаре резервуара хранения бензина по всей поверхности в связи с тем, что в документе [2] не учтено влияние ветра на геометрическую форму пламени (т. е. возможное удлинение и наклон пламени в направлении ветра), которое может привести к повышению уровня опасности. В настоящей статье рассматривался диапазон скоростей ветра от 0 до 20 м/с.

При расчете интенсивности теплового излучения пламени при пожаре резервуара по всей поверхности принималось, что пламя имеет форму кругового цилиндра, занимающего наклонное положение в направлении ветра, диаметр основания этого цилиндра равен диаметру резервуара (рис. 1).



**Рис. 1. Положение верхней кромки пламени при пожаре резервуара хранения бензина по всей поверхности при различных скоростях ветра:**  
1 – 5 м/с; 2 – 10 м/с; 3 – 15 м/с; 4 – 20 м/с

При расчете интенсивности теплового излучения пламени при пожаре пролива бензина в обваловании резервуарного парка пламя также имело форму кругового цилиндра, занимающего наклонное положение в направлении ветра, площадь основания цилиндра равна площади обвалования резервуарного парка, положение верхней кромки пламени показано на рис. 2.



**Рис. 2. Положение верхней кромки пламени при пожаре пролива бензина в обваловании резервуарного парка при различных скоростях ветра:**  
1 – 5 м/с; 2 – 10 м/с; 3 – 15 м/с; 4 – 20 м/с

Как видно на рис. 1 и 2, даже при небольшом ветре (скорость ветра около 5 м/с) в направлении жилых и общественных зданий, ближайших к резервуарному парку хранения бензина (минимальное расстояние от парка до жилых и общественных зданий составляет 33 м), поверхность пламени может находиться над этими зданиями. При этом, согласно расчетам, при пожаре бли-

жайшего к жилым и общественным зданиям резервуара по всей поверхности и пожаре пролива бензина в обваловании интенсивность теплового излучения пламени в месте расположения ближайшего к резервуарному парку здания при наличии ветра в направлении этого здания может достигать 10 кВт/м<sup>2</sup> при пожаре резервуара и 21 кВт/м<sup>2</sup> при пожаре пролива в обваловании парка, что превышает критическую плотность лучистых потоков для таких материалов, как пластик, древесина, древесно-стружечные плиты (15,3; 13,9; 8,3 кВт/м<sup>2</sup> [4]), и безопасную для человека величину интенсивности теплового излучения (4 кВт/м<sup>2</sup> [5]).

Таким образом, при пожаре резервуара хранения бензина по всей поверхности и при пожаре пролива в обваловании рассматриваемого резервуарного парка опасные факторы пожара оказывают поражающее воздействие на людей, проживающих на территории, прилегающей к резервуарному парку, и существует вероятность эскалации пожаров в сторону близлежащих жилых и общественных зданий. Кроме того, согласно результатам расчета размера зон поражения при взрыве паровоздушной смеси, образовавшейся в результате испарения с поверхности пролива бензина в обваловании резервуарного парка, и в случае горения паровоздушной смеси в режиме пожара-вспышки радиус зоны, характеризующейся 100%-й условной вероятностью поражения, в несколько раз превышает минимально допустимое расстояние от резервуаров до жилых и общественных зданий.

Следовательно, необходима разработка дополнительных защитных мероприятий, направленных на снижение частоты возникновения пожаров в резервуарном парке хранения бензина и поражающего воздействия опасных факторов пожара.

#### **Оценка пожарного риска для резервуарного парка хранения бензина (с учетом дополнительных защитных мероприятий)**

В качестве основных дополнительных защитных мероприятий представляется целесообразным реализовать следующие основные меры:

1. Применение резервуаров с защитной стенкой типа «стакан в стакане». В такой конструкции предусмотрено использование внутреннего резервуара для хранения горючих жидкостей (как рабочего резервуара) и внешнего резервуара («стакана») в качестве аварийного резервуара.

2. Выполнение двустенными (труба в трубе) всех трубопроводов резервуарного парка, проходящих на расстоянии менее 200 м от жилых и общественных зданий, а также находящихся в пределах обвалованной территории с резервуарами с защитной стенкой. При этом устройство разборных соединений допускается только на внешнем трубопроводе.

3. Заполнение межтрубного пространства двустенных трубопроводов и межстенного пространства резервуаров с защитной стенкой инертным газом (например, азотом), с тем чтобы остаточное содержание кислорода не превышало 5 % (об.). При этом межтрубное пространство двустенных трубопроводов и межстенное пространство резервуаров с защитной стенкой следует оснастить системами постоянного автоматического контроля утечек бензина. Сигнал об утечке должен подаваться в помещение управления, в котором постоянно присутствует персонал. Дополнительно двустенные трубопроводы должны быть оборудованы системой периодического контроля герметичности внешнего трубопровода.

4. Оснащение резервуаров хранения бензина системой флегматизации парового пространства инертным газом (азотом), которая обеспечивала бы создание негорючей среды в газопаровоздушном пространстве резервуара (невозможность распространения пламени даже при наличии источника зажигания). Указанная система должна обеспечивать хранение бензина под азотной подушкой и выполнение следующих функций:

- обнаружения в паровом пространстве резервуара опасной концентрации кислорода, превышающей минимально допустимое взрывоопасное содержание кислорода (МВСК);
- обеспечения включения тревожной сигнализации и соответствующих систем противоаварийной защиты для прекращения технологических операций на резервуаре и снижения уровня концентрации кислорода ниже МВСК путем дополнительной подпитки азотом.

5. Обеспечение постоянного визуального контроля резервуаров посредством видеонаблюдения с выводом изображения в помещение управления, в котором постоянно присутствует персонал.

6. Обеспечение при наполнении резервуаров с защитной стенкой отвода паров в специально предусмотренную для этого закрытую газоуравнительную систему, с тем чтобы исключить образование в зоне резервуарного парка взрывоопасных паровоздушных объемов за счет поступления вытесняемых паров в атмосферу.

7. Дублирование элементов систем противоаварийной защиты, направленное на обеспечение надежности этих систем и их нормального функционирования.

Для количественной оценки достаточности и эффективности предложенных дополнительных защитных мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности парка бензина, была проведена оценка индивидуального и социального пожарного рисков для населения с учетом предложенных мероприятий.

*Пожарный риск* является количественной мерой уровня пожарной опасности объекта и характеризуется числовыми значениями потенциального, индивидуального и социального риска. Оценка пожарного риска проводилась в соответствии с Руководством [2].

*Потенциальный пожарный риск* – частота реализации опасных факторов пожара в рассматриваемой точке территории. *Индивидуальный пожарный риск* – частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых опасных факторов пожара. Для населения величины потенциального и индивидуального рисков принимаются равными. *Социальный пожарный риск* – частота возникновения событий, состоящих в поражении определенного числа людей опасными факторами пожара. Этот риск характеризует масштаб пожарной опасности объекта. В соответствии с [2, 5] социальный риск оценивают по поражению не менее 10 человек.

Для оценки пожарного риска, прежде всего, необходимо провести анализ аварийных ситуаций, его цель – выявление возможных причин их возникновения и оценка последствий. При этом анализируются события, реализация которых может привести к образованию горючей среды, появлению источника зажигания и, как следствие, к возникновению пожара в резервуарном парке.

В качестве основных аварийных ситуаций при оценке пожарного риска для резервуарного парка хранения бензина рассматриваются:

- разгерметизация резервуара хранения бензина (для каждого из трех резервуаров парка);
- возникновение пожара по всей поверхности резервуара хранения бензина (для каждого из трех резервуаров парка);
- разгерметизация трубопровода парка бензина (для каждого из шести трубопроводов парка).

Частота разгерметизации резервуаров хранения бензина (резервуары с защитной стенкой типа «стакан в стакане») принималась равной  $5 \cdot 10^{-7}$  год<sup>-1</sup> согласно руководству [6].

В табл. 1 приведены значения частоты разгерметизации для технологических трубопроводов диаметром 600 и 900 мм в соответствии с Руководством [2].

Таблица 1

**Частота утечек из технологических трубопроводов, м<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>**

Диаметр трубопровода, мм	Тип утечки			
	Малая (диаметр отверстия 12,5 мм)	Средняя (диаметр отверстия 25 мм)	Большая (диаметр отверстия 50 мм)	Разрыв трубопровода
600	$4,7 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$	$7,9 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-8}$
900	$3,1 \cdot 10^{-7}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	$5,2 \cdot 10^{-8}$	$2,6 \cdot 10^{-8}$

В руководстве [6] указывается, что частота разгерметизации двустенного резервуара примерно на три порядка ниже такой же величины для одностенного резервуара. Таким образом, по аналогии значения частоты разгерметизации двустенных трубопроводов можно принять на три порядка ниже соответствующих значений, приведенных в табл. 1 для одностенных технологических трубопроводов.

Согласно Руководству [2] частота возникновения пожара по всей поверхности резервуара со стационарной крышей принималась равной  $9,0 \cdot 10^{-5}$  год<sup>-1</sup>.

В качестве сценариев развития указанных выше типовых аварийных ситуаций рассматривались пожары, аналогичные приведенным в предыдущем разделе проектным пожарам в резервуарном парке.

Для количественной оценки риска необходим расчет зон поражения опасными факторами пожара и взрыва для каждого сценария развития аварии.

Как уже отмечалось в предыдущем разделе, при пожаре ближайшего к жилым и общественным зданиям резервуара по всей поверхности и при пожаре пролива бензина в обваловании

парка при ветре в направлении указанных зданий интенсивность теплового излучения достигает величин, при которых воздействие пламени на ближайшие к резервуарному парку жилые и общественные здания может привести к пожару этих зданий. Расчеты показывают, что для пожара пролива бензина в обваловании данная угроза имеет место даже в условиях безветрия (при штиле интенсивность теплового излучения в месте расположения ближайшего к резервуарному парку хранения бензина здания достигает  $13 \text{ кВт/м}^2$ ). В то же время, согласно расчетам, при пожаре любого резервуара хранения бензина по всей поверхности в условиях безветрия и при пожаре по всей поверхности резервуаров, кроме ближайшего к жилым и общественным зданиям резервуара, интенсивность теплового излучения вблизи жилых и общественных зданий не превышает безусловно безопасной для человека величины ( $4 \text{ кВт/м}^2$ ) [5].

В настоящей работе при определении условной вероятности поражения человека при пожаре пролива в обваловании и при пожарах резервуаров по всей поверхности с определенным запасом надежности принималось, что при наличии ветра он имеет направление в сторону жилых и общественных зданий. При этом в связи с изложенным выше принималось, что при пожаре пролива бензина в обваловании парка при наличии ветра и в условиях штиля, а также при пожаре ближайшего к жилым и общественным зданиям резервуара хранения бензина при наличии ветра имеет место 100%-е поражение. При пожаре по всей поверхности других резервуаров парка при наличии ветра и при пожаре по всей поверхности в условиях штиля любого из резервуаров парка хранения бензина принималось, что поражающее воздействие отсутствует. Таким образом, условная вероятность поражения при пожаре пролива бензина в обваловании принималась равной 1; условная вероятность поражения при пожаре ближайшего к жилым и общественным зданиям резервуара принималась равной  $P = (1 - P_{\text{штиль}})$ , где  $P_{\text{штиль}}$  – вероятность безветрия; условная вероятность поражения при пожаре по всей поверхности других резервуаров парка принималась равной нулю. Данные по повторяемости штиля для различных регионов приведены в документе [7]. Вероятность безветрия, равная повторяемости штиля, в настоящей работе принималась равной 10 %.

Размер зоны поражения высокотемпературными продуктами горения паровоздушной смеси при пожаре-вспышке практически совпадает с максимальным размером облака продуктов горения. Условная вероятность поражения человека при пожаре-вспышке внутри зоны, ограниченной радиусом воздействия высокотемпературных продуктов горения паровоздушного облака, определяемым в соответствии с Руководством [2], принималась равной 1, вне этой зоны условная вероятность поражения принималась равной 0.

Условная вероятность поражения людей в результате воздействия избыточного давления при взрыве паровоздушного облака определялась с помощью вероятностных критериев оценки поражающего действия ударной волны с использованием понятия пробит-функции в соответствии с прил. 4 Руководства [2].

В табл. 2 приведены результаты расчета размеров зон поражения для сценариев развития аварийных ситуаций, связанных с взрывом паровоздушной смеси, образующейся при испарении бензина с поверхности возможного пролива в обваловании резервуарного парка, и сгоранием этой смеси в режиме пожара-вспышки.

Таблица 2

Размеры зон поражения (для всех типов утечки), м

Аварийная ситуация (сценарий развития)	Масса паров, кг	Условная вероятность поражения человека, %		
		100	10	1
Разгерметизация резервуара хранения бензина, разгерметизация трубопровода резервуарного парка хранения бензина (взрыв паровоздушной смеси)	37 210	126	586	895
Разгерметизация резервуара хранения бензина, разгерметизация трубопровода резервуарного парка хранения бензина (пожар-вспышка)	37 210	705	–	–

В табл. 3 приведены значения частоты реализации рассматриваемых аварийных ситуаций и сценариев их развития. Эти значения определялись, исходя из следующих предпосылок.

Сценарий, связанный с пожаром резервуара хранения бензина по всей поверхности, возможен при появлении источника зажигания в паровом пространстве резервуара и одновременном отказе системы флегматизации парового пространства инертным газом. Надежность работы указанной системы обеспечивается дублированием элементов, которое позволяет системе выполнять свои функции. В связи с этим вероятность отказа данной системы принималась равной  $P = (1 - 0,95) (1 - 0,95) = 0,0025$  (вероятность эффективной работы системы флегматизации парового пространства равна 0,95 по аналогии с данными по системам противоаварийной защиты, приведенными в руководстве [6]). Таким образом, частота возникновения пожара с горением по всей поверхности резервуара принималась равной произведению указанной вероятности отказа системы флегматизации и частоты возникновения пожара по всей поверхности резервуара, приведенной выше.

Взрыв паровоздушного облака и пожар-вспышка реализуются при следующих условиях: безветрии, воспламенении с задержкой. Пожар пролива реализуется при воспламенении истекшего горючего. Вероятность воспламенения определялась как сумма вероятности мгновенного воспламенения и вероятности воспламенения с задержкой при отсутствии мгновенного воспламенения. Вероятности мгновенного воспламенения и воспламенения с задержкой при отсутствии мгновенного воспламенения принимались согласно табл. 2.1 Руководства [2]. При этом для аварийных ситуаций, связанных с разгерметизацией резервуаров хранения бензина, указанные параметры равны максимальным значениям среди значений, приведенных в табл. 2.1 Руководства [2] для различных типов утечек. В силу того что зона, характеризующаяся 100%-й условной вероятностью поражения, при взрыве паровоздушной смеси меньше зоны поражения при горении этой смеси в режиме пожара-вспышки (табл. 2 и 3), вероятность горения паровоздушной смеси с образованием избыточного давления для аварийных ситуаций, связанных с разгерметизацией резервуаров хранения бензина, принималась равной минимальному значению среди приведенных в табл. 2.1 Руководства [2] значений.

Таблица 3

Частота реализации аварийных ситуаций и сценариев их развития, год<sup>-1</sup>

Аварийная ситуация	Тип утечки (диаметр отверстия, мм)	Разгерметизация	Пожар пролива	Пожар резервуара по всей поверхности	Взрыв паровоздушного облака	Пожар-вспышка
Разгерметизация резервуара хранения бензина	Все типы утечек	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$1,9 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$	$7,7 \cdot 10^{-10}$	$8,8 \cdot 10^{-9}$
Разгерметизация трубопровода резервуарного парка бензина	12,5	$2,5 \cdot 10^{-7}$	$2,3 \cdot 10^{-9}$	–	$9,9 \cdot 10^{-12}$	$1,1 \cdot 10^{-10}$
	25	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$6,9 \cdot 10^{-9}$	–	$8,7 \cdot 10^{-11}$	$2,8 \cdot 10^{-10}$
	50	$4,2 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$	–	$3,7 \cdot 10^{-10}$	$2,5 \cdot 10^{-10}$
	Полное разрушение	$2,1 \cdot 10^{-8}$	$7,7 \cdot 10^{-9}$	–	$2,1 \cdot 10^{-10}$	$1,8 \cdot 10^{-10}$

Величина потенциального пожарного риска  $P(a)$  (год<sup>-1</sup>) в определенной точке местности  $a$ , согласно Руководству [2], определяется с помощью соотношения

$$P(a) = \sum_{i=1}^I Q_{di}(a) Q(A_i),$$

где  $I$  – число сценариев развития аварии (ветвей логического дерева событий возникновения и развития аварии), принимаемых во внимание при оценке риска;  $Q_{di}(a)$  – условная вероятность поражения человека в определенной точке местности  $a$  в результате реализации  $i$ -го сценария развития аварии, отвечающего определенному иницирующему аварии событию;  $Q(A_i)$  – частота реализации в течение года  $i$ -го сценария развития аварии, год<sup>-1</sup>.

Для населения значения индивидуального пожарного риска принимаются равными значениям потенциального пожарного риска.

Социальный пожарный риск  $S$  (год<sup>-1</sup>), согласно Руководству [2], определяется по формуле

$$S = \sum_{i=1}^L Q(A_i),$$

где  $L$  – число сценариев развития аварии, для которых выполняется условие  $N_i \geq N_0$ ;  $N_i$  – ожидаемое число погибших в результате реализации  $i$ -го сценария развития аварии;  $N_0$  – число погибших в аварии, для которого оценивают величину социального риска. Допускается принимать  $N_0 = 10$ .

Согласно результатам расчетов величина потенциального пожарного риска, обусловленного возможными пожарами в рассматриваемом резервуарном парке хранения бензина, на расстоянии 33 м (минимальное расстояние от резервуаров до жилых и общественных зданий) после проведения указанных выше дополнительных мероприятий составляет  $8,2 \cdot 10^{-7}$  год<sup>-1</sup>.

Следовательно, величина индивидуального пожарного риска для населения, обусловленного отступлением от требований нормативных документов в части минимально допустимых расстояний от резервуаров парка до жилых и общественных зданий, не превышает  $8,2 \cdot 10^{-7}$  год<sup>-1</sup>. Величина социального риска для населения, оцененная с определенным запасом надежности суммой значений частоты реализации всех рассматриваемых сценариев развития аварийных ситуаций (см. табл. 3), составила  $8,4 \cdot 10^{-7}$  год<sup>-1</sup>. Полученные значения не превышают предельно допустимые [2, 5] для населения значения индивидуального и социального пожарного риска, которые составляют соответственно  $10^{-6}$  год<sup>-1</sup> и  $10^{-5}$  год<sup>-1</sup>.

#### Выводы

Таким образом, задача обеспечения требуемого уровня пожарной безопасности резервуарного парка хранения бензина при вынужденных отступлениях от требований нормативных документов по пожарной безопасности в части минимально допустимых расстояний до жилых и общественных зданий может быть решена с помощью дополнительных защитных мероприятий. Эффективность и достаточность предложенных мероприятий обоснованы посредством оценки величин индивидуального и социального пожарного риска для населения, обусловленных указанными отступлениями от нормативных требований.

#### Библиографические ссылки

1. СНиП 2.11.03-93. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы.
2. Руководство по оценке пожарного риска для промышленных предприятий. М.: ВНИИПО, 2006. 93 с.
3. CPR 14E. Methods for the calculation of physical effects (Yellow Book). Den Haag, Committee for the Prevention of Disasters. 1997.
4. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
5. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
6. CPR 18E. Guidelines for quantitative risk assessment (Purple Book). Den Haag, Committee for the Prevention of Disasters, 1999.
7. СНиП 23-01-99. Строительная климатология.

*Материал поступил в редакцию 28.01.2009 г.*

*Yu.N. Shebeko, I.A. Bolodian, D.M. Gordienko, Yu. I. Deshevykh, A.N. Giletich,  
D.S. Kirillov, V.P. Nekrasov, A.A. Ponomarev*

#### FIRE SAFETY OF OIL PRODUCT TANK FARM LOCATED NEAR DWELLINGS AND OFFICE BUILDINGS

This study is aimed at providing of a required fire safety level of oil product storages located near dwellings and office buildings in cases of forced deviations from normative requirements. These deviations are connected mainly with violations of minimum tolerable distances from the oil product



tanks to the dwellings and office buildings. Calculations of hazardous factors of possible fires on the tank farm with oil products have been carried out. The basic fire protection measures for this tank farm were created. A sufficiency and an effectiveness of the mentioned measures were proved on the basis of individual and social fire risk assessment for population in the neighbourhood of the tank farm with the oil products.

Keywords: *tank farm with oil products, fire safety of oil product storage, deviations from normative requirements minimum tolerable distances, fire risk assessment for the tank farm.*

\* \* \*

**Шебеко Юрий Николаевич** – заместитель начальника научно-исследовательского центра профилактики пожаров и предупреждения чрезвычайных ситуаций с пожарами, начальник отдела, доктор технических наук, профессор, тел.: (495) 529-84-66, e-mail: [yn\\_shebeko@mail.ru](mailto:yn_shebeko@mail.ru); **Болодьян Иван Ардашевич** – главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор; **Гордиенко Денис Михайлович** – заместитель начальника отдела, начальник сектора, кандидат технических наук (ФГУ ВНИИПО МЧС России);

**Дешевых Юрий Иванович** – директор Департамента надзорной деятельности (ДНД) МЧС России, кандидат технических наук; **Гилетич Анатолий Николаевич** – заместитель директора ДНД МЧС России, кандидат технических наук;

**Кириллов Дмитрий Сергеевич** – научный сотрудник; **Некрасов Валерий Петрович** – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук; **Пономарев Александр Алексеевич** – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук (ФГУ ВНИИПО МЧС России).

Адрес: мкр. ВНИИПО, 12, Балашиха, Московская область, Россия, 143903.

**Shebeko Yury Nikolaevich** – deputy chief of the Research Center of Fire Prevention, head of department, doctor of technical sciences, professor, phone: (495) 529-84-66, e-mail: [yu\\_shebeko@mail.ru](mailto:yu_shebeko@mail.ru); **Bolodian Ivan Ardashevich** – general researcher, doctor of technical sciences, professor; **Gordienko Denis Mihaylovich** – deputy chief of department, candidate of technical sciences (FGU VNIPO EMERCOM of Russia);

**Deshevyyh Yury Ivanovich** – head of Department of supervision EMERCOM OF RUSSIA, candidate of technical sciences; **Giletich Anatoly Nikolaevich** – deputy director of Department of supervision EMERCOM of Russia, candidate of technical sciences;

**Kirillov Dmitriy Sergeevich** – researcher; **Nekrasov Valery Petrovich** – leading researcher, candidate of technical sciences; **Ponomarev Alexander Alekseevich** – leading researcher, candidate of technical sciences (FGU VNIPO EMERCOM of Russia).

Address: mkr. VNIPO, 12, Balashikha, Moscow region, Russia, 143903.