

В.И. Юрьев, А.П. Петров, С.А. Швырков, Я.И. Юрьев
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: firesavety@mail.ru)

ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРАХ ТИПА РВС

Проведён анализ проблемы образования взрывоопасных концентраций при "большом дыхании" резервуаров типа РВС в резервуарном парке.

Ключевые слова: резервуар, взрывоопасная концентрация, "большое дыхание".

V.I. Yuriev, A.P. Petrov, S.A. Shvyrkov, J.I. Yuriev

PROBLEMS OF FIRE SAFETY OF OIL AND OIL PRODUCTS STORAGE IN VERTICAL STORAGE STEEL TANKS

The analysis of a problem of explosive concentration formation at out-breathing of vertical storage tanks in the reservoir park is carried out.

Key words: tank, explosive concentration, out-breathing.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 9 февраля 2016 г.

Резервуарные парки являются одними из основных сооружений складов нефти и нефтепродуктов. Они появились в связи с бурным развитием нефтегазовой отрасли. Первый промышленный металлический резервуар в России был построен в 1878 году. Автором проекта был выдающийся инженер того времени В.Г. Шухов. В отличие от прямоугольного американского, который был сконструирован в 1864 г., отечественный резервуар был цилиндрической формы и, следовательно, менее металлоёмким. С того времени конструкция и тип резервуаров усовершенствовались. В каждой стране, в каждом городе установлены десятки, сотни **вертикальных резервуаров** типа РВС, предназначенных для хранения нефти и нефтепродуктов, а их единичный объём значительно увеличился.

Опережающими темпами развивается и нормативная база по проектированию и строительству вертикальных стальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов. Применение свода правил [1] обеспечивает на практике соблюдение требований пожарной безопасности к складам нефти и нефтепродуктов, установленных Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Свод правил дает четкие определения, что собой по структуре представляют современные склады нефти и нефтепродуктов с резервуарными парками, в которых широко используются вертикальные стальные резервуары. Настоящим сводом правил следует руководствоваться при разработке нормативных документов, регламентирующих требования пожарной безопасности к складам нефти и нефтепродуктов, при их проектировании, строительстве, реконструкции, техническом перевооружении и ликвидации.

На территории России чаще всего используются вертикальные стальные резервуары типа РВС, среди которых чаще других применяют резервуары объёмом 5000 м^3 . Эти резервуары являются "дышащими" емкостными аппаратами. Их пожарная опасность определяется режимом работы и пожаровзрывоопасными свойствами хранимых нефтепродуктов. При нормальной работе, когда уровень жидкости в режиме хранения находится в неподвижном состоянии, концентрация паров в газовом пространстве резервуара достигает своего максимального уровня. При этом образуется насыщенная концентрация, которая для нефти и нефтепродуктов в несколько раз превышает ВКПП. Опасность образования горючей концентрации возникает в режиме откачки, когда уровень жидкости снижается и в резервуар через дыхательную арматуру поступает воздух, который может разбавить паровоздушную смесь и сделать её горючей при вхождении концентрации в область воспламенения. Для предупреждения этой опасности используют замкнутую (автономную) *газоуравнительную систему (ГУС)*, которая исключает в режиме откачки поступление воздуха.

Пожарная опасность резервуаров типа РВС возникают, кроме того, в режиме закачки, когда богатая насыщенная паровоздушная смесь через дыхательную арматуру вытесняется в атмосферу. При этом происходит опасное загазование территории резервуарного парка. Для предупреждения этой опасности также используют ГУС.

Ежегодное увеличение объёма добычи и переработки нефти вызывало увеличение объёмов не только отдельных резервуаров, но и в целом резервуарных парков. Этот процесс, исходя из экономических соображений, привел к появлению двух основных направлений в отечественном резервуаростроении. Дело в том, что увеличение объёма резервуаров типа РВС привело к резкому росту потерь нефти и нефтепродуктов при "больших и малых дыханиях". Поэтому оба эти направления были вызваны, главным образом, борьбой с потерями нефти и нефтепродуктов, в результате которой появились резервуары с понтоном типа РВСП (первое направление) и резервуары с плавающей крышей типа РВСПК (второе направление). Второе направление позволило довести единичную вместимость резервуаров типа РВСПК до $120\,000 \text{ м}^3$ и более.

Практика показала, что резервуары типа РВСП действительно значительно сократили потери нефти и нефтепродуктов, особенно их легких, наиболее ценных фракций, при "больших и малых дыханиях". Это направление имеет не только экономический и экологический эффект, но и обеспечивает более высокий уровень пожарной безопасности в результате снижения уровня загазованности территории резервуарного парка. Такой комплексный результат достигается устройством на поверхности хранящейся жидкости внутри резервуара со стационарной крышей плавающего элемента – понтона, который герметизирует поверхность зеркала испарения и в результате в надпонтонном пространстве резервуара значительно снижается концентрация паров (для бензинов, например, в 3-4 раза, по сравнению с резервуаром типа РВС). Поэтому при закачке ("большой выдох") в атмосферу выбрасывается незначительное количество паров, следовательно, загазованность территории резервуарного парка снижается.

Однако понтон, внося положительную лепту в снижение уровня пожарной опасности снаружи резервуара, переносит эту опасность внутрь резервуара, поддерживая при неподвижном уровне жидкости концентрацию паров предельных жидкостей (нефтей и бензинов) в области воспламенения. Об этом свидетельствуют пожары и взрывы на резервуарах с понтонами, которые происходят даже при их нормально режиме эксплуатации. Вероятность образования взрывоопасных концентраций в резервуарах с понтонами выше, чем в резервуарах без понтонов [2]. Практические наблюдения показали, что резервуары с понтонами являются взрывоопасными практически во всем диапазоне температур, характерных для большинства районов нашей страны. Характерными причинами пожаров в резервуарах с понтонами являются нарушения в работе понтонов, связанных с перекосом и зависанием понтона с последующим его падением, искрообразованием и затоплением.

Возможность образования взрывоопасной концентрации внутри резервуара типа РВСП объясняется следующими причинами. При неподвижном уровне в резервуаре без понтона типа РВС испарение со свободной, открытой поверхности жидкости обеспечивает образование равновесной, насыщенной концентрации паров, которая для бензинов, например, при стандартных условиях в 3-4 раза выше верхнего концентрационного предела распространения пламени. В резервуаре с понтоном насыщенная концентрация паров образоваться не может, так как этому препятствует понтон, закрывающий собой поверхность испарения зеркала жидкости. Поступление паров в надпонтонное пространство возможно только с вертикальных стенок, смоченных нефтепродуктом при откачке жидкости, и из уплотняющего затвора самого понтона при его разгерметизации.

Практика эксплуатации резервуаров с плавающей крышей типа РВСПК показала, что при исправном состоянии уплотняющего затвора они практически полностью исключают поступление паров огнеопасных жидкостей в атмосферу при всех регламентных режимах работы. Однако они также не лишены недостатков. Исследования показали, что возможность образования локальных зон горючей концентрации над плавающей крышей, в области затвора, не исключается даже при нормальной работе резервуаров в условиях безветренной погоды [3].

Другой недостаток резервуаров типа РВСПК связан с жесткими условиями эксплуатации плавающей крыши, которые вызваны суровым климатом в нашей стране, когда среднемесячная температура воздуха во многих регионах России от трёх до восьми месяцев в году лежит ниже нуля [4]. Причем основная доля регионов находится в районе пяти месяцев, то есть почти половина года температура воздуха окружающей среды лежит ниже нуля. Поэтому низкие температуры и большая снеговая нагрузка являются частыми причинами выхода из строя резервуаров с плавающими крышами. Одним из типичных является пример крупной аварии резервуара РВСПК – 10000 в резервуарном парке Московского НПЗ.

8 апреля 1985 г. в резервуарном парке завода в условиях низких температур произошло примерзание одной из сторон плавающей крыши к стенке резервуара. При откачке произошёл её перекося, крыша потеряла плавучесть и затонула. Движение перекошенной крыши по направляющей металлической стойке вызвало образование искр трения, которые вызвали воспламенение паров нефтепродукта. Тушение пожара продолжалось около 18 часов [5].

Таким образом, названные недостатки резервуаров типа РВСП и РВСПК не могут вытеснить полностью резервуары типа РВС, которые широко используются в районах с суровыми климатическими условиями.

Выборка информации о пожарах из статистических сборников "Пожары и пожарная безопасность" [6] за пятилетний период (с 2009 г. по 2013 г.) свидетельствует о высокой пожарной опасности резервуарного хранения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (по количеству пожаров и прямому материальному ущербу от них на объектах предприятий и организаций топливно-энергетического комплекса в России) – табл. 1, 2.

Таблица 1

Количество пожаров на объединениях предприятий и организаций ТЭК России

Год	Общее количество пожаров на объектах ТЭК	Количество пожаров на складах легковоспламеняющихся, горючих жидкостей в резервуарах (нефтебазах, нефтехранилищах)	Процент от общего количества пожаров на складах легковоспламеняющихся, горючих жидкостей в резервуарах (нефтебазах, нефтехранилищах)
2009	64	22	34,4
2010	52	19	36,5
2011	33	19	57,6
2012	34	18	52,9
2013	29	13	44,8

Таблица 2

Прямой материальный ущерб от пожаров на объединениях предприятий и организаций ТЭК России

Год	Прямой материальный ущерб от пожаров на объектах ТЭК, тыс. рублей	Прямой материальный ущерб от пожаров на складах легковоспламеняющихся, горючих жидкостей в резервуарах (нефтебазах, нефтехранилищах), тыс. рублей	Процент от общего прямого материального ущерба от пожаров на складах легковоспламеняющихся, горючих жидкостей в резервуарах (нефтебаз, нефтехранилищах)
2009	154697	146938	94,9
2010	146938	505	0,34
2011	127114	4010	3,16
2012	68500	8703	12,7
2013	149814	67479	45,04

Следует отметить, что вышеприведенная статистика, к сожалению, базируется на традиционно сложившейся идее, что причина пожара напрямую связана только с возникновением источника зажигания. Поэтому обычно в таких случаях фиксируют, что пожар произошел от короткого замыкания или от удара молнии, от разряда статического электричества и т.д. Более того, такой подход заложен в руководящих официальных документах, касающихся формиро-

вания электронных баз данных учёта пожаров (загораний) и их последствий [7]. В этой связи выделить из имеющегося массива статистических данных пожары, связанные с образованием горючей среды на территории резервуарного парка можно только опосредовано, по косвенным признакам (например, используя понятие классического треугольника возникновения пожара, учитывая метеорологическим условия, вид аппарата, место его размещения, место появления и вид источника зажигания и т.п.).

Пожары, связанные с образованием зон взрывоопасных концентраций на территории резервуарных парков, происходят не только в нашей стране, но и за рубежом. Об этом свидетельствует, например, крупный пожар, происшедший 11 декабря 2005 г. в пригороде Лондона, на нефтехранилище Бансфилд [8], который сопровождался серией мощных взрывов.

Нефтехранилище Бансфилд, где находятся запасы нефти, бензина и авиационного керосина, является пятым по размеру в Великобритании. Его общая емкость составляет 270 млн литров топлива. В нем хранилась нефть, бензин, дизельное топливо и авиационный керосин, который использовался для заправки самолетов лондонских аэропортов.

Первый самый мощный взрыв резервуара раздался в 06:03 по Гринвичу. Вслед за этим в 06:27 и 06:28 взорвались еще два резервуара с топливом, после чего начался сильный пожар. Огнем было охвачено не менее двадцати резервуаров, объём каждого из которых составлял не менее 11000 м³. Взрывы были такой силы, что их было слышно за 160 км от места происшествия, а по некоторым данным – даже в континентальной Европе (во Франции и в Нидерландах). Облако дыма от горящего нефтехранилища поднялось на высоту до 3 км и медленно дрейфовало в направлении юго-юго-запада. В радиусе около километра от эпицентра взрыва были отмечены серьезные повреждения: в домах выбиты стекла и входные двери. С одного из домов, по словам очевидцев, взрывной волной снесло крышу. Кроме того, сгорело много автомобилей.

При взрывах пострадали 43 человека. Власти эвакуировали около 2 тыс. жителей городка Хемел-Хемпстед, чьи дома оказались в опасной близости от пожара.

Эксперты отмечают, что непосредственной причиной случившейся катастрофы на нефтехранилище Бансфилд явилась утечка паров бензина из резервуара.

Анализ происшедших пожаров в нашей стране и за рубежом показывает, что одной из опасных ситуаций в резервуарном парке хранения нефти и нефтепродуктов является загазование территории с возможностью образования зон горючих концентраций. Вместе с тем одной из наиболее опасных ситуаций, возникающей на территории резервуарных парков, является полное разрушение резервуаров. При этом образуется гидродинамическая волна прорыва, которая разрушает все на своем пути [9] и приводит к катастрофическим последствиям.

Для ликвидации последствий каскадного разрушения резервуаров, расположенных в резервуарных парках, используется преграда в виде железобетонной стены с волноотражающим козырьком, устройство которой закреплено на нормативном уровне [10].

Вместе с тем, применение такой преграды может значительно повысить опасность образования ВОК на территории резервуарного парка, даже при нормальной работе резервуаров в связи с затруднением рассеивания паров ЛВЖ в атмосфере при "больших и малых дыханиях". Оценить уровень этой опасности в настоящее время не представляется возможным из-за отсутствия данных для количественного описания процесса переноса массы паров, выбрасываемых из дыхательных клапанов резервуаров в атмосферу.

Очевидно, что для изучения этой опасности необходимо провести экспериментальное исследование влияния стенки на возможность образования в резервуарном парке зон взрывоопасных концентраций и на этой основе определить меры пожарной безопасности.

Литература

1. **СП 155.13130.2014.** Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности. Введ. 26.12.2013. М.: МЧС России, 2013. 51 с.
2. **Сучков В.П.** Научные основы стандартизации в области обеспечения пожарной безопасности технологий хранения нефтепродуктов: дис. ... д-р. техн. наук. 05.26.03. М.: МИПБ МВД России. 1997. 459 с.
3. **Рубцов В.В.** Обеспечение пожарной безопасности резервуара с понтоном принудительной вентиляцией при подготовке к огневым работам: дис. ... канд. техн. наук. 05.26.01. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1983. 159 с.
4. **СП 131.13330.2012.** Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*. Введ. 30.06.2012. М.: Минрегион России, 2012. 109 с.
5. **Молчанов В.П.** Закономерности тушения пожаров нефтепродуктов в резервуарах подслонным способом в условиях интенсивного движения жидкости: дис. ... канд. техн. наук 05.26.03. М.: ВИПТШ МВД России. 1996. 143 с.
6. **Пожары** и пожарная безопасность: статистический сборник. Вып. 2009-2013 гг. / М.: ВНИИПО МЧС России.
7. **Приказ** МЧС России от 10 декабря 2008 г. № 760 "О формировании электронных баз данных учёта пожаров (загораний) и их последствий". М.: МЧС России, 2008. 6 с.
8. **Новый день** // На нефтехранилище под Лондоном вновь вспыхнул пожар / 14.12.05 / В мире / РИА "Новый День – Новый Регион" / Декабрь 2005. <http://newdaynews.ru/inworld/49678.html>.
9. **Швырков С.А.** Обеспечение пожарной безопасности нефтебаз ограничением разлива нефтепродуктов при разрушениях вертикальных резервуаров: дис. ... канд. техн. наук 05.26.03. М.: Академия ГПС МЧС России, 2001. 180 с.
10. **ГОСТ Р 53324-2009.** Национальный стандарт Российской Федерации. Ограждения резервуаров.