

Пожарная безопасность резервуарных парков хранения нефти и нефтепродуктов

Аникин Игорь Анатольевич
магистрант ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России»

Петров Анатолий Павлович
д. т. н., профессор
ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России»

Противопожарная защита объектов нефтяной промышленности является одной из важнейших государственных задач, направленных на обеспечение высокого уровня их пожарной безопасности. Предприятия хранения нефти и нефтепродуктов, в частности резервуарные парки, всегда были и остаются объектами повышенной пожарной опасности, так как на их сравнительно небольшой территории сосредоточен большой суммарный объём легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Поэтому пожары в резервуарных парках специалисты относят к наиболее тяжелым и сложным в процессе организации их тушения. Они часто носят затяжной характер, приводят к травмам, а иногда к гибели людей, наносят большой материальный ущерб и ведут к серьезным экологическим последствиям.

Несмотря на осуществление предприятиями нефтяной промышленности обширного комплекса мер по предотвращению пожаров проблемы защиты резервуарных парков остаются актуальными, что подтверждает анализ статистических данных о пожарах.

Так, по данным источника [1] только за последние 20 лет в резервуарных парках России зарегистрировано свыше 240 пожаров, причем основную массу представляют пожары на резервуарах типа РВС (78%). В зависимости от частоты и места возникновения пожары на резервуарах распределились следующим образом: распределительные нефтебазы — 48,3%, нефтеперекачивающие станции — 27,7%, нефтепромыслы — 14%, нефтепроводы — 10%.

В зависимости от вида хранимых продуктов пожары происходили в резервуарах с бензином в 53,8%, в резервуарах с сырой нефтью в 32,4%, а на долю резервуаров с другими нефтепродуктами 13,8% от общего числа пожаров.

Анализ приведенной статистики показывает, что на частоту возникновения пожаров влияют функциональное назначение объекта (место возникновения), тип резервуара и вид хранимой жидкости.

Основными причинами пожаров являются: огневые и ремонтные работы 23,5%, искры электроустановок 11,7%, удары молний и вторичные проявления атмосферного электричества 9,2%, разряды статистического электричества 9,7%, иные источники (самовозгорание, поджог, открытое пламя и пр.) 45,9% [2].

Пожар на резервуаре может возникнуть на дыхательной арматуре, пенных камерах, в обваловании резервуара вследствие перелива хранимых нефтепродуктов или при нарушениях герметичности резервуаров, задвижек, фланцевых соединений, а также в виде локальных очагов на плавающей крыше в районе уплотняющего затвора при его разгерметизации.

На динамику развития пожара в резервуарном парке оказывают влияние место его возникновения, размеры начального очага горения, устойчивость конструкции резервуара при пожаре, а также удаленность пожарных подразделений от резервуарного парка.

Резервуарный парк, как объект защиты, должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, которая включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты и комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности [3].

Анализ происшедших пожаров в резервуарных парках показывает, что проблемы, связанные с использованием на практике системы противопожарной защиты объектов резервуарного хранения нефти и нефтепродуктов, до настоящего времени остаются не решенными. Важное место в этой системе занимают автоматические установки пожаротушения, на которые по оценкам специалистов приходится до 20% от общих затрат на резервуарные парки. Однако в нашей стране пока не зарегистрировано ни одного случая тушения пожара в резервуарах с их помощью. В зарубежных публикациях также нет каких-либо сведений об успешном применении пожарной автоматики хотя бы в целях рекламы фирмы — производителя этих установок. Причин здесь несколько, но одной из основных является выход из строя автоматической системы пожаротушения вследствие взрыва паровоздушной среды в резервуаре, а статистика показывает, что пожары в резервуарах начинаются, как правило, со взрыва среды в резервуаре.

После взрыва происходит вскрытие резервуара, крыша взрывной волной отбрасывается в каре резервуара, а иногда (чаще в резервуарах большой емкости) происходит ее частичное или полное затопление в резервуаре. При этом появляются условия для устойчивого горения по всей свободной поверхности жидкости. Затяжные пожары в резервуарах большой емкости часто сопровождаются вскипанием и выбросом горячей жидкости, характеризуются высоким теплоизлучением пламени и, как следствие, большой скоростью распространения огня в резервуарном парке от одного резервуара к другому по классической схеме «домино». Поэтому ликвидация пожаров в резервуарных парках требует большого напряжения с привлечением значительных сил и средств, сопряжена с большими рисками для жизни, а иногда и с гибелью участников тушения пожара.

Примером такого пожара, который развивался по схеме «домино», сопровождался детонацией с полным разрушением резервуара, вскипанием и выбросом горячей нефти, является крупный пожар, который произошел 22.08.2009 г. в резервуарном парке линейной производственно-диспетчерской станции (ЛПДС) хранения нефти «Конда» Тюменской области [4]. Пожар начался во время грозы со взрыва в газовом пространстве одного из резервуаров типа РВС-20000. В результате распространения пламени по трубопроводу газовой обвязки произошел детонационный взрыв паровоздушной смеси в соседнем резервуаре с полным его разрушением и разлетом осколков на расстояние до 400 метров и выходом горячей нефти за пределы территории резервуарного парка.

От воздействия взрывной волны в сочетании с мощным тепловым потоком горячей волны прорыва нефти погибло трое пожарных, четверо получили травмы различной степени тяжести. Огнем была уничтожена пожарная техника. Материальный ущерб от пожара превысил 1,5 млрд. руб.

В настоящей статье для обеспечения пожарной безопасности резервуарного хранения нефти и нефтепродуктов предлагается использовать систему предотвращения пожара и комплекс организационно-технических мероприятий путем обоснования выбора наиболее взрывобезопасного типа резервуара.

На практике наиболее распространенными являются три типа вертикальных резервуаров: резервуар без понтона типа РВС, резервуар с понтоном типа РВСП и резервуар с плавающей крышей типа РВСПК. В соответствии с ГОСТ 1510-84 [5] бензины и нефти рекомендуется хранить в резервуарах с плавающей крышей или с понтоном, или в резервуарах типа РВС, оборудованных газовой обвязкой в зависимости от условий эксплуатации резервуаров. Допускается хранить

бензины и нефти в резервуарах без понтонов и газовой обвязки до их капитального ремонта, а также на предприятиях длительного хранения. Вместе с тем, авиационные бензины не допускается хранить в резервуарах с плавающей крышей.

При использовании системы предотвращения пожара в резервуарах решающее значение имеет вопрос предупреждения образования горючей паровоздушной концентрации внутри аппаратов и за их пределами.

Обеспечить предупреждение образования горючей среды (концентрации) в резервуаре типа РВС практически невозможно, так как в нем могут выполняться одновременно оба условия, необходимые для образования взрывоопасной концентрации. Во-первых, в резервуарах такого типа всегда имеется свободный объем паровоздушного пространства (первое условие опасности). Во-вторых, если хранимая жидкость в резервуаре нагрета не ниже ее температуры вспышки (второе условие опасности), то при неподвижном уровне жидкости или его подъеме (операция закачки), концентрация в аппарате близка к концентрации насыщенного пара и поэтому она лежит выше верхнего концентрационного предела распространения пламени, то есть является негорючей (характерно для нефти и бензина). Однако при опорожнении (операция откачки) таких аппаратов состояние насыщения газового пространства парами жидкости нарушается за счет поступления через дыхательную арматуру дополнительного количества воздуха. Концентрация при этом уменьшается, и она может, в зависимости от объема сливаемой жидкости, войти в область воспламенения со стороны верхнего предела распространения пламени, то есть стать взрывоопасной.

Опасность применения резервуаров типа РВС связана также с возможностью образования зон взрывоопасных концентраций снаружи аппаратов, то есть на территории резервуарного парка. Такая опасность возникает при выполнении операции закачки, когда внутри аппарата имеется паровоздушная смесь с концентрацией не ниже нижнего концентрационного предела распространения пламени. Такая смесь, вытесняемая через дыхательную арматуру в атмосферу, образует в резервуарном парке зону взрывоопасной концентрации, размеры которой зависят, главным образом, от уровня концентрации вытесняемой смеси, молекулярной массы паров жидкости и наличия или отсутствия ветра.

Резервуары со стационарной крышей и понтоном типа РВСП при хранении в них огнеопасных жидкостей являются менее опасными по сравнению с резервуарами типа РВС в плане возможности образования взрывоопасной концентрации внутри аппаратов и снаружи в связи с наличием внутри резервуара понтона, который плавает на поверхности жидкости и полностью закрывает зеркало испарения. Поэтому концентрация паров в надпонтонном пространстве на стадии простоя (уровень жидкости неподвижен) и на стадии заполнения (уровень поднимается), для многих нефтепродуктов, за исключением нефтей и бензинов, как правило, ниже нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПРП). Вытеснение через дыхательный клапан такой негорючей смеси при заполнении резервуара также исключает возможность образования в резервуарном парке зон взрывоопасных концентраций.

Однако практика применения этих резервуаров показывают, что в надпонтонном пространстве образование взрывоопасной концентрации даже при их нормальной регламентной работе возможно. Во-первых, это связано с малой величиной НКПРП (у нефтей и бензинов она составляет около 1,0 % об.), а во-вторых, с достаточно большой поверхностью испарения в виде жидкой пленки, которая образуется в результате смачивания внутренних стенок резервуара, когда уровень жидкости снижается при проведении операции откачки. Понятно, что величина площади зависит от объема сливаемой жидкости и чаще всего этого количества жидкости оказывается достаточным для образования в замкнутом надпонтонном пространстве взрывоопасной концентрации.

Опасность образования взрывоопасной концентрации в надпонтонном пространстве значительно возрастает при нарушении герметичности уплотняющего затвора, когда через него на стадии закачки резервуара возможно выдавливание жидкости и ее растекание на поверхности понтона.

Более безопасным, по сравнению с резервуарами типа РВС и РВСП, в плане возможности образования взрывоопасной концентрации внутри аппарата и снаружи, является резервуар с плавающей крышей типа РВСПК (Рис.1), в котором нет стационарной крыши и понтона, а поэтому нет свободного объема и замкнутого надпонтонного пространства.

Плавающая крыша, как и понтон, полностью закрывает поверхность испарения жидкости по всей площади поперечного сечения резервуара и при изменении уровня поднимается и опускается вместе с жидкостью. Такая конструкция полностью исключает «большие» и «малые дыхания» и, следовательно, опасность образования в резервуаре, над плавающей крышей, и на территории резервуарного парка устойчивых зон взрывоопасных концентраций. Жидкая пленка, образующаяся на внутренних стенках резервуара при снижении уровня продукта в период слива, может в результате испарения в безветренную погоду кратковременно образовать над плавающей крышей незначительную по объему локальную зону взрывоопасной концентрации, но пары ее способны относительно быстро рассеиваться в открытой атмосфере.

Таким образом, резервуары с плавающей крышей являются более взрывопожаробезопасными по сравнению с резервуарами типа РВС и РВСП. Их применяют для хранения нефти и нефтепродуктов с целью сокращения потерь от испарения хранимых жидкостей, что обеспечивает не только экономическую, но и пожарную и экологическую безопасность. Кроме того, в резервуарах типа РВСПК верхние пояса стенок и сама плавающая крыша значительно меньше подвержены коррозии, что также снижает вероятность их повреждения и, следовательно, повышает уровень их пожарной безопасности.

Недостатком резервуаров с плавающей крышей является возможность перекоса и заклинивания крыши вследствие образования в зимний период на ее поверхности неравномерного слоя снежного покрова. Однако нормативные документы учитывают эту опасность, ограничивая область

□

Рисунок 1. Принципиальная схема резервуара типа РВСПК: 1 — стенка; 2 — днище; 3 — ветровое кольцо; 4 — плавающая крыша; 5 — уплотняющий затвор с погодозащитным козырьком; 6 — катучая лестница.

применения этих резервуаров: их применяют в районах с нормативной снеговой нагрузкой до 1,5 кПа (около 153 кг/м²) [6]. Плавучесть крыши обеспечивается наличием изолированных отсеков, пустотелых герметичных коробов, собранных из отдельных элементов. Для предотвращения заклинивания плавающих крыш диаметр их металлического диска на 100-400 мм меньше диаметра резервуара. Оставшееся свободное кольцевое пространство герметизируется с помощью уплотняющих затворов различных конструкций. Кроме того, для исключения вращения крыши вокруг своей оси, в резервуаре устанавливают вертикальные направляющие из труб, которые одновременно предупреждают перекос и заклинивание крыши и служат для размещения устройства измерения уровня и отбора проб нефти.

Для ограничения опускания плавающей крыши и фиксации ее в крайнем нижнем положении с опорой на днище резервуара снизу к ней крепятся стационарные опорные стойки, расположенные равномерно по всей ее поверхности. При этом для исключения появления в крыше опасных механических напряжений и вызванных ими повреждений в момент касания стоек с днищем (оно

имеет уклон от центра резервуара) неравномерная высота стоек обеспечивает горизонтальность плавающей крыши в нижнем крайнем положении.

Для предупреждения опасных последствий в случае полного разрушения резервуара вокруг него устраивают ограждение в виде железобетонной стенки с волноотражающим (отбойным) козырьком [7]. Такое ограждение в настоящее время являются одним из наиболее эффективных технических решений, способных предотвратить в резервуарном парке катастрофические последствия подобной гидродинамической аварии с возможностью ее дальнейшего развития по схеме «домино» и выходом горячей волны прорыва за пределы резервуарного парка.

Высота ограждающей стенки рассчитывается на гидродинамическое воздействие, оказываемое волной прорыва жидкости, образующейся при полном разрушении резервуара. Важную роль в обеспечении устойчивости ограждения играет установленный на ее верхней части отбойный козырек, который монтируется под углом к горизонту для ослабления гидродинамического удара набегающей волны прорыва и отбрасывания потока жидкости назад, в каре резервуара, что предотвращает ее перехлест через обвалование.

Таким образом, из приведенного выше анализа можно сделать вывод о том, что с учетом специфических условий возникновения и развития пожара в резервуарном парке хранения нефти и нефтепродуктов для повышения уровня его пожарной безопасности более эффективной, по сравнению с системой противопожарной защиты, является система предотвращения пожара, использование которой обеспечивается путем замены резервуаров типа РВС на резервуары в плавающей крышей типа РВСПК.

Литература

1. Пожары на нефтегазовых предприятиях в России в 2019-2022 годах/ Российское информационное агентство // <https://ria.ru/20220322/pozhary-1779428872.html>.
2. Петрова Н.В. Анализ практики экспертного исследования пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов / Петрова Н.В.; Чешко И.Д.; Галишев М.А. // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России», 2016, № 7, с. 40.
3. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008г № 123—ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
4. Волков О.М. Версия «домино» на пожаре группы резервуаров РВС-20000 на линейной производственно-диспетчерской станции «Конда» Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>). Выпуск № 3 (49), 2013 г.
5. ГОСТ 1510-84 Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. (дата актуализации: 01.01.2021).
6. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4).
7. [ГОСТ Р 53324-2009](https://www.gost.ru/standarts/53324-2009). Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности.