

## Причины пожара на эстакадах

Куликова Виктория Викторовна, кандидат географических наук,  
доцент экологии и БЖД, доцент

Подкопаева Ольга Викторовна, директор филиала ФГБОУ ВО ВГУЭС в г. Находке

Животов Виталий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой ГСЭД

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, филиал в г. Находке

**Аннотация.** В данной работе представлен вариант развития пожара в резервуаре со стационарной крышей с понтоном. Показаны причины пожара на эстакадах. Рассмотрены основные характеристики возникновения горения и распространения пламени для горючих жидкостей. Приведенные варианты возникновения и развития пожара позволяют выбрать наиболее оптимальный способ ликвидации горения в резервуарах со стационарной крышей и с понтоном.

**Ключевые слова:** пожар, резервуар, горючие жидкости, взрывопожароопасная концентрация, стационарная крыша, понтон, нефть (нефтепродукты).

**DOI:** 10.5281/zenodo.5796932

Практически пожары возникнуть в резервуаре могут в таких случаях, как взрыв паровоздушной смеси в объеме резервуара, не занятом жидкостью; возникновение факельного горения в пунктах выхода из емкости в атмосферу паров хранимых в ней горючих жидкостей.

Дыхательная арматура, пенные камеры также подвержены пожару. Данный процесс происходит и в обваловании резервуаров вследствие перелива хранимого продукта или, когда нарушается герметичность резервуара, задвижек, фланцевых соединений, а также на плавающей крыше лодочными очагами.

Причины загораний на рассматриваемых объектах:

– открытое пламя, возникающее в случае аварийных выбросов на факельных установках или при газосварочных работах;

– искры или брызги раскаленного металла при производстве электро- и газосварочных работ, резка металлов газом или наждачными кругами;

– фрикционные искры при ударах или трении металлических частей друг о друга;

– искры при ударах и трении алюминия о ржавое железо и поджигающие практически любые горючие смеси;

– разряды статического электричества;

– удары молнии;

– самовозгорание веществ (например, пиррофорных отложений на стенках резервуаров), а также при осмотре, чистке и ремонте резервуара.

Основными характеристиками возникновения горения и распространения пламени для горючих жидкостей (ГЖ) являются:

– нижний и верхний концентрационный пределы распространения пламени;

– температурные пределы распространения пламени;

– температуры вспышки;

– температуры воспламенения.

Факторами развития пожара могут служить: место возникновения, размеры начального очага горения, устойчи-

вость конструкций резервуара, наличие средств автоматической противопожарной защиты и удаленность пожарных подразделений от резервуарного парка.

**Представим вариант развития пожара в резервуаре со стационарной крышей с понтоном.** Данные пожары можно разделить на такие уровни:

А – с образованием взрывопожароопасной концентрации паров хранимой ГЖ снаружи резервуара при больших и малых «дыханиях» и появлением источника зажигания; возникает пожар на дыхательных клапанах или в местах негерметичности соединения пенных камер с корпусом резервуара;

Б – с образованием взрывоопасных концентраций паров хранимой ГЖ в резервуаре, приводящее к наиболее часто встречающемуся на практике случаю - пожару в резервуаре;

В – с разрушением резервуара и выходом горящего продукта в обвалование.

При возникновении факельного горения (уровень А) в зависимости от величины концентрации паровоздушной среды внутри резервуара возможны: – устойчивое факельное горение; – взрыв паровоздушной среды в резервуаре.

При таком пожаре необходима подача пены низкой кратности сверху в щелевой зазор и на поверхность понтона, что позволит предотвратить развитие пожара в резервуаре.

Пожар в резервуаре (уровень Б) может иметь различный характер, что представлено в таблице 1.

При разрушении резервуара (уровень В), как правило, системы пожаротушения выходят из строя. Характерно то, что процент таких пожаров незначителен, однако, для их тушения привлекалось большое количество сил и средств пожарной охраны, а продолжительность тушения составляла сутки и более. В этом случае стационарная система пожаротушения может быть использована для подачи пены низкой кратности в негорящие резервуары, которые подвергаются тепловому воздействию пожара. Наиболее эффективна пена, получаемая из фторированных пенообразователей, которая может предотвращать возникновение пожара в течение нескольких часов.

Таблица 1 – Характеристика уровня Б

Уровень	Характеристика уровня
Б.1	горение нефти или нефтепродукта в щелевом зазоре резервуара. Для его тушения необходимо осуществлять подачу пены низкой кратности сверху непосредственно в щелевой зазор;
Б.2	горение в щелевом зазоре и скопившейся на поверхности понтона в процессе эксплуатации резервуара горючей жидкости. В этом случае пену необходимо подавать в щелевой зазор и на поверхность понтона;
Б.3	горение открытой поверхности нефти или нефтепродукта в резервуаре при затонувшем понтоне. Подача пены низкой кратности должна осуществляться сверху. Поток пены должен быть направлен на стенку резервуара для того, чтобы обеспечить плавное растекание пены по поверхности горючей жидкости;
Б.4	горение под понтоном - происходит быстрое прогорание уплотнения в щелевом зазоре; под воздействием высокой температуры происходит разрушение понтона, вызванное температурными деформациями его конструкций, что приводит к образованию в ряде случаев закрытых зон, называемых «карманами». При таком развитии пожара тушение пеной, подаваемой сверху, как правило, не достигается. Поэтому необходимо дополнительно осуществить подачу пены в слой горючей жидкости, что может быть реализовано при подслоном способе тушения.
Б.5	пожар в резервуаре при перекосе понтона, зависании его, частичном разрушении, то есть когда также образуются «карманы». В этом случае подача пены на тушение резервуара должна производиться как сверху, так и под слой горючей жидкости;
Б.6	пожар в резервуаре при обрушении стационарной крыши внутрь резервуара. В этом случае неизбежно образование «карманов», понтон чаще всего перекошен обрушившимися конструкциями крыши. В этом случае подача пены на тушение резервуара должна производиться как сверху, так и под слой горючей жидкости.

Приведенные варианты возникновения и развития пожара позволяют выбрать наиболее оптимальный способ ликвидации горения в резервуарах со стационарной крышей и с понтоном.

Основным условием горения в резервуарах со стационарной крышей является доступ воздуха к поверхности ГЖ после воспламенения смеси её паров с воздухом. При воспламенении газовой горючей смеси внутри резервуара в результате её сгорания происходит быстрый рост температуры пожара и повышение давления.

При возникновении горения нефти и нефтепродуктов на свободной поверхности пламя быстро распространяется по зеркалу жидкости. Так для резервуара емкостью 10000 м<sup>3</sup>, диаметром 34 м при поджигании жидкости у борта время распространения пламени на всю поверхность ГЖ по литературным данным составляет примерно одну минуту.

Горение нефти и нефтепродуктов на свободной поверхности при неограниченном доступе воздуха в условиях естественной конвекции происходит сравнительно спокойно. Высота светящейся части факела пламени может оставлять от 1 до 2 диаметров резервуаров в зависимости от вида горючей жидкости.

Воздействие высокой температуры факела пламени (для ГЖ она составляет 1100-1300°С) приводит, в случае обрушения крыши к её деформации, а также к деформации стенок горящего резервуара и образованию «карманов». В реальных пожарах через 15...20 минут после начала пожара свободный борт металлического резервуара разогревался до температуры красного каления и деформировался, если его не охлаждали.

В начальной стадии пожара в результате взрыва паровоздушной смеси, обрушения крыши резервуара часто повреждаются элементы обвязки резервуара (трубопроводы, задвижки и т.п.), при этом могут возникать дополнительные очаги горения внутри обвалования. При пожарах в резервуарных парках нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий повреждение обвязки резервуаров является иногда первопричиной образования облака взрывоопасной смеси значительных объемов.

В резервуарах с плавающей крышей тепловое воздействие факела пламени приводит к разрушению герметизирующего затвора, деформации конструкций плавающей

крыши, разрыву сварных швов, при этом нефтепродукт начинает поступать на поверхность и во внутренние полости крыши, образуются новые очаги горения.

Примерно через 1 час после появления первых очагов горения крыша теряет плавучие свойства и тонет, а горение принимает вид, характерный для вертикальных металлических резервуаров без понтона и плавающей крыши. При понижении уровня нефтепродукта в резервуаре с понтоном или плавающей крышей, если понтон или крыша находятся на опорных стойках, а под ними образуется паро-воздушный объем, пламя может распространяться и под днище понтона (плавающей крыши).

При длительном горении нефть и нефтепродукты, особенно темные, прогреваются вглубь. Прогрев жидкости происходит в результате выкипания легких фракций из многокомпонентной жидкости, а также теплопроводности и возникающих вследствие различной температуры жидкости у стенок резервуара и в его центре конвективных потоков. Образуется так называемый гомотермический слой, температура которого практически постоянна по его толщине и близка к температуре кипения жидкости. Возникновение достаточно большого гомотермического слоя при горении нефти и нефтепродуктов содержащих в своем составе влагу или подтоварную воду может привести к явлениям вскипания и выброса горячей жидкости.

При этом в зависимости от ряда факторов, проявившихся в начальной стадии (характер разрушения резервуара, тепловой режим и т.д.), возможно цепное развитие пожара, при котором его разрушительное действие многократно (иногда в сотню раз) усиливается вследствие вовлечения в процесс взрывопожароопасных объектов предприятия.

Представим сливо-наливные железнодорожные эстакады как объекты, характеризующиеся повышенной пожарной опасностью.

Основной причиной возникновения пожаров является воспламенение паров нефтепродукта или СУГ от посторонних источников зажигания при аварийных выходах продукта из технологического оборудования и фланцевых соединений трубопроводов.

Пожары на таких объектах, как правило, развиваются по следующей схеме:

– в результате нарушения герметичности трубопроводов и оборудования происходит истечение горючих жидкостей или СУГ и их паров наружу;

– создание зоны парогазовоздушной смеси взрывоопасной концентрации, что способствует быстрому развитию пожара на большой площади;

– воспламенение от постороннего источника зажигания;

– тепловое излучение приводит к разгерметизации фланцевых соединений трубопроводов или потере несущей способности конструкций, что способствует дальнейшему развитию пожара;

– растекание нефтепродукта или СУГ увеличивает масштабы пожара.

Пожарную опасность эстакад значительно усугубляет сильная загазованность взрывоопасными парами при сливе и наливке нефтепродуктов или СУГ в вагоноцистерны. При этом огонь может распространиться по лоткам, паровоздушному пространству технологических трубопроводов, через промканализацию.

Анализ зарегистрированных крупных пожаров на железнодорожных эстакадах для слива и налива нефти, нефтепродуктов и, особенно, сжиженных углеводородных газов показывает, что последствия от пожаров на таких объектах могут быть более тяжелыми, чем в производственных зданиях, принося большой материальный ущерб.

Пожар может возникнуть на горловине, поверхности цистерны, на технологическом оборудовании эстакады, на замасленной поверхности или вследствие разлива ЛВЖ (ГЖ) по поверхности технологической площадки эстакады из-за нарушения герметичности цистерны, запорной арматуры, фланцевых соединений или технологического оборудования.

Развитие пожара зависит от места его возникновения, размеров начального очага горения, наличия средств противопожарной защиты и своевременного ввода их в действие, рельефа местности, состояния ливневой канализации, удаленности пожарных подразделений от эстакады и начала их активных действий по тушению пожара. Развитие пожара на технологической площадке эстакады характеризуется скоростью распространения пламени по разлитому нефтепродукту и может достигать  $10 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . После 10-20 минут омывания открытым пламенем наступает потеря несущей способности металлоконструкций эстакады и ее частичное обрушение, деформация железнодорожных рельсов. Технологическая запорная арматура при отсутствии охлаждения и при воздействии открытого пламени в течение 2-10 минут теряет герметичность.

Взрыв железнодорожных цистерн с нефтепродуктами может произойти через 16-24 минут после начала воздействия на них открытого факела пламени. Высота факела при взрыве ЛВЖ и ГЖ в цистернах достигает 50 м. Взрыв одной железнодорожной цистерны способствует, в зависимости от рельефа местности, увеличению площади пожара до  $1500 \text{ м}^2$ . По разлитому нефтепродукту горение распространяется не только на ближайшие поезда, но и на соседние складские, производственные и административные здания. При попадании разлитого продукта в ливневую канализацию или сточные канавы горение может распространяться на объекты, расположенные на расстоянии до километра от места происшествия.

Развитие пожара также обуславливается наличием сети трубопроводов, связывающих между собой сливо-наливное технологическое оборудование. Как правило, под воздействием пламени или мощного теплового излучения нахо-

дятся технологическое оборудование и коммуникации, заполненные нефтепродуктом, при разгерметизации которых возникают новые очаги горения.

По характеру горения пожары на железнодорожных сливо-наливных эстакадах можно разделить на следующие виды:

– факельное горение паров жидкости в районе наливной горловины цистерны;

– факельное горение газов, вытекающих под давлением в виде струи через неплотности, образуемые в результате разгерметизации цистерны или технологического оборудования и трубопроводов;

– горение жидкости, разлившейся по поверхности цистерн и железнодорожному полотну эстакады;

– сложные пожары, сочетающие факельное горение с горением разлитого нефтепродукта, а также сопровождающиеся взрывами и хлопками парогазовоздушных смесей.

Характер развития и размеры пожара в значительной мере определяются:

– техническим состоянием оборудования эстакад;

– временем ввода в действие противопожарного оборудования;

– типом и количеством используемого пожарного оборудования и техники, видом огнетушащих веществ;

– выбором тактических способов и приёмов локализации и ликвидации пожара.

Особую опасность при взрыве железнодорожных цистерн представляет образование огненного шара значительного объема, что может привести к катастрофическим последствиям.

Основными средствами тушения пожаров на сливно-наливных железнодорожных эстакадах, как показывает практика, являются лафетные стволы, позволяющие подавать струи воды и пены низкой кратности на значительные расстояния. Применение лафетных стволов позволяет производить эффективное охлаждение конструкций эстакад и вагоноцистерн, находящихся в пламени пожара. Вместе с тем следует отметить, что тушение факела пламени в горловинах цистерн требует точной работы ствольщиков. Часто на местах для тушения таких пожаров производят закрытие люков горящих вагоноцистерн под прикрытием мощных водяных струй. Применение данного способа представляет определенную опасность для людей, производящих эту сложную и опасную операцию.

Анализ практики тушения проливов нефтепродуктов на сливноналивных эстакадах пенами низкой и средней кратности позволяет сделать вывод в пользу тушения таких пожаров пеной низкой кратности. Это обусловлено тем, что пена низкой кратности обладает повышенной изолирующей способностью, обладает большей термической устойчивостью и меньше разрушается при воздействии внешних факторов. Кроме того, пену пеной низкой кратности с помощью специальных стволов можно подавать на значительные расстояния, что позволяет повысить устойчивость стационарных установок к тепловому воздействию пламени, а также обезопасить условия боевых действий подразделений при тушении пожаров.

В дневной рабочее время сбор членов ДПД, прибытие к месту пожара специалистов и ИТР нефтебазы производится в кратчайшие сроки, выполняются своевременно операции с технологическим оборудованием и системами пожаротушения. В этих условиях сводится к минимуму возможный ущерб от пожара, затраты на его ликвидацию, спасение людей, находящихся в зоне ЧС.

В ночное время увеличивается время прибытия подразделений, их развертывания, возникают непредвиденные обстоятельства, ухудшается общая обстановка на пожаре. Затруднена доставка специалистов к месту пожара. В таких

условиях необходимо повышенное внимание к соблюдению правил противопожарной безопасности.