

УДК: 691.841

pas_ural@mail.ru

**ПУТИ И СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВУАРАХ
ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ****WAYS AND METHODS OF FIRE EXTINGUISHING IN OIL
PRODUCER RESERVOIRS**

*Перевалов А.С., кандидат технических наук, доцент,
Пастухов К. В.
Уральский институт Государственной
противопожарной службы МЧС России, Екатеринбург
Мироньчев А. В., кандидат технических наук, доцент,
Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России, Санкт-Петербург*

*Perevalov A. S., Pastukhov K. V.,
The Ural Institute of State Firefighting Service
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg
Mironchev A.V.,
Saint Petersburg University of State Fire Service
of Emercom of Russia, Saint Petersburg*

В статье проводится анализ путей и способов тушения пожаров в резервуарах хранения нефтепродуктов. Рассматриваются способы подачи огнетушащих веществ на поверхность и в слой горячей жидкости, способы создания изолирующего слоя над поверхностью горения. Отмечаются основные достоинства и недостатки выявленных приемов тушения, выделяются основные направления повышения пожарной безопасности РВС.

Ключевые слова: резервуар хранения нефтепродуктов, резервуар вертикальный стальной, способ тушения, пожар.

This paper analyzes the ways and means of extinguishing fires in storage tanks of petroleum products. The methods of supplying fire extinguishing substances to the surface and to the layer of burning liquid, methods of creating an insulating layer above the burning surface are considered. The main advantages and disadvantages of the identified methods of extinguishing are noted, the main directions of improving the fire safety of the RVS are highlighted.

Keywords: oil products storage tank, vertical steel tank, method of extinguishing, a fire

На сегодняшний день проблема обеспечения надежности резервуарных конструкций остается открытой. Для определения мероприятий, повышающих уровень определить дальнейшие пути улучшения пожарной безопасности резервуаров хранения нефтепродуктов и направленных на предотвращение различных ЧС, необходимо опираться на анализ произошедших аварий. [1]. Обязательным условием являются знание ос-

новных элементов устройства резервуаров вертикальных стальных (далее – РВС) и понимание особенностей развития пожаров в резервуарах хранения нефтепродуктов.

Пожары в резервуарах, в большинстве случаев, начинаются со взрыва паровоздушной смеси и срыва крыши или воспламенения «богатой» смеси без срыва крыши, но с нарушением целостности частей конструкции.

Сила взрыва бóльшая в тех резервуарах, где имеется большое газовое пространство, заполненное смесью паров нефтепродукта с воздухом (низкий уровень жидкости).

Анализ статистических данных об авариях на РВС позволяет отметить общие закономерности их возникновения и развития.

Так, в зависимости от силы взрыва в вертикальном металлическом резервуаре возможно развитие следующих сценариев:

- крыша срывается полностью, ее отбрасывает в сторону на расстояние 20-30 м, жидкость горит на всей площади резервуара;

- крыша несколько приподнимается, отрывается полностью или частично, затем задерживается в полупогруженном состоянии в горячей жидкости;

- крыша деформируется и образует небольшие щели в местах крепления к стенке резервуара, а также в сварных швах самой крыши. В этом случае горят пары ЛВЖ над образованными щелями;

- осколками от взрыва могут повреждаться соседние резервуары.

Развитие пожара зависит:

- от места и причины его возникновения, а также последствий взрыва;

- размеров начального очага;

- особенностей конструкций резервуара и его размеров;

- наличия соседних резервуаров и их особенностей;

- климатических условий и метеоусловий;

- наличие систем противопожарной защиты в резервуарном парке и на объекте;

- наличия объектового подразделения пожарной охраны, его вида и оснащенности силами и средствами;

- отдаленности парка (резервуара) от других служб объекта и времени их прибытия;

- первоначальных действий обслуживающего персонала объекта;

- качества подготовительных мероприятий, проведенных на объекте и в гарнизоне.

Свободный борт стенки резервуара при отсутствии охлаждения в течение 3-5 мин начинает терять свою несущую способность, т. е. появляются визуально определяемые деформации из-за прогрева конструкций пламенем.

На резервуарах с плавающей крышей в результате теплового воздействия локального очага происходит разрушение герметизирующего затвора. Полная потеря плавучих свойств и затопление крыши наступает, как правило, через один час.

В железобетонном резервуаре в результате взрыва происходит разрушение части покрытия. Горение на участке образовавшегося проема сопровождается обогревом железобетонных конструкций покрытия. Через 20-30 мин может произойти дальнейшее обрушение конструкций и увеличение площади пожара.

Направленные на повышение пожарной безопасности резервуарных парков хранения нефтепродуктов разделяются на три системы:

1. Системы предотвращения пожаров.

2. Системы автоматического пожаротушения.

3. Системы пожаротушения подразделениями пожарной охраны.

Поскольку цель данной статьи – анализ путей и способов тушения пожаров в РВС, то остановимся более подробно на последних двух.

Проведенный обзор публикаций и патентный поиск позволили выделить следующие эффективные способы тушения пожаров в РВС:

- Подача огнетушащих веществ на поверхность горячей жидкости.

- Подача огнетушащего вещества в слой горячей жидкости.

- Создание изолирующего слоя над поверхностью горения.

Способы имеют свои достоинства и недостатки, которые существенно влия-

яют на тушение пожаров. Рассмотрим их более подробно.

Подача огнетушащих веществ на поверхность горячей жидкости

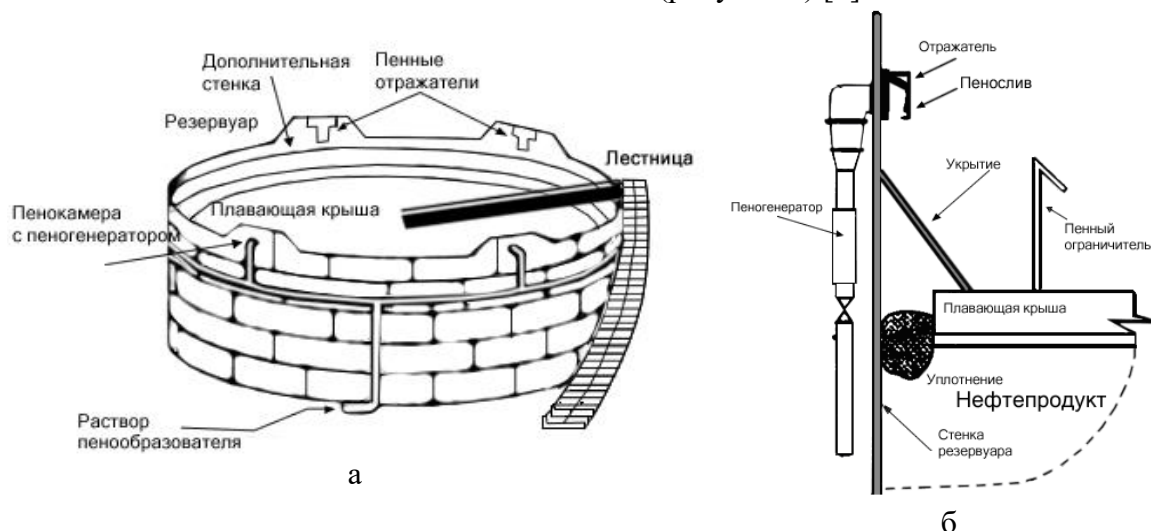


Рисунок 1. Установка для тушения пожара подачей пены через стационарные пеногенераторы: а) общий вид резервуара со стационарными пеногенераторами; б) верхняя часть резервуара с монтированным пеногенератором

При возгорании горючей жидкости по сухотрубам к поверхности резервуара транспортируется раствор пенообразователя, который в корпусе пеногенераторов преобразуется в воздушно-механическую пену. Эта пена покрывает поверхность горючей жидкости и препятствует дальнейшему горению. Данная система может использоваться в автоматическом режиме. Но ее надежность очень низкая, т. к. в большинстве случаев возгорание паровоздушной смеси сопровождается взрывом или мощным хлопком. В этот момент происходит деформация элементов пеногенераторов, прорыв пеногенирующих сеток, деформация кровли резервуара и его верхних поясов. Иногда происходит отрыв кровли, обрыв пеногенераторов и их коммуникаций.

На основании эксплуатации стационарных систем противопожарной защиты резервуаров и статистики поту-

Один из приемов подачи огнетушащего вещества на поверхность горячей жидкости резервуара осуществляется пеногенераторами, расположенными на крыше резервуара или в верхнем его поясе (рисунок 1) [2].

шенных ими пожаров можно сделать вывод, что данные устройства не обеспечивают надежной защиты, поскольку выйдут из строя в начальный момент пожара.

Другим приемом подачи пены и огнетушащих растворов в РВС является установка сухотрубов внутрь резервуара [3].

Перспективным в плане защищенности выглядит способ аэрозольно-порошкового пожаротушения [4, 5 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**], базирующийся на достижениях конверсионной твердотопливной ракетной техники [6].

Основным исполнительным элементом такой противопожарной системы является быстродействующий аэрозольно-порошковый модуль ОПАН-100 [77], вытеснительным элементом которого является твердотопливный газогенератор (рисунок 2).

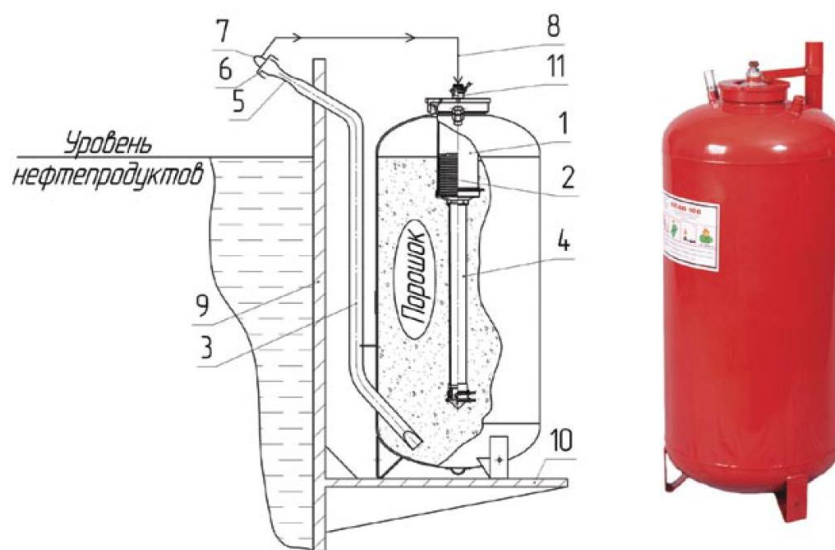


Рисунок 2. Принципиальная схема на резервуаре и внешний вид модуля аэрозольно-порошкового пожаротушения ОПАН-100 с автономной автоматической системой запуска: 1 – твердотопливный аэрозольный газогенератор; 2 – теплосъемный элемент пассивного типа; 3 – трубопровод; 4 – трубопровод барбатажный; 5 – разгонное сопло Лаваля; 6 – сбрасываемая гермозаглушка; 7 – термочувствительный элемент; 8 – линия электро- или термозапуска газогенератора; 9 – стенка резервуара; 10 – существующая монтажная площадка; 11 – пиропатрон запуска газогенератора

Отличительными особенностями, ОПАН-100 являются:

- взрывозащищенное исполнение, в т. ч. от внешнего взрыва;
- высокая надежность и работоспособность в диапазоне температур ± 50 °С;
- отсутствие каких-либо проверок и регламентных работ в течение 10 лет;
- невысокая стоимость модуля и его монтажа;
- высокая пожаротушающая эффективность аэрозольно-порошковой смеси, особенно для нефтепродуктов;
- высокая энергетика струи выбрасываемого порошка (скорость более 200 м/с, дальность до 25 м, время выброса 80 кг порошка менее 20 сек.

В настоящее время автоматические установки газового пожаротушения (АУГП) на базе изотермического модуля для жидкой двуокиси углерода получили на практике достаточно широкое применение для противопожарной защиты различного назначения. Применение огне-

тушащих газов может обеспечить тушение всех видов нефти и нефтепродуктов и существенно повысить быстродействие автоматических установок пожаротушения [8].

Однако практический опыт применения установок пожаротушения на основе двуокиси углерода для противопожарной защиты резервуаров с нефтью и нефтепродуктами в настоящее время отсутствует. Отдельные опубликованные по данному вопросу работы [9-14] позволяют сделать лишь общий вывод о принципиальной возможности применения указанных систем газового пожаротушения для защиты резервуарных парков.

Также имеется способ тушения резервуаров диоксидом углерода твердым [15].

Гранулы диоксида углерода твердого помещаются в резервуар с горячей жидкостью, и поскольку плотность твердой фазы диоксида углерода выше плотности жидкости, гранулы опускаются на дно резервуара.

Во время движения гранул на их поверхности происходит стремительно протекающая реакция с поглощением тепла - переход вещества из кристаллического состояния непосредственно в газообразное без химического изменения состава - сублимация-возгонка. Результатом этого процесса является активное поглощение тепла от нижнего слоя жидкости.

Помимо поглощения выделяемого тепла жидкости вследствие теплообмена бинарной системы «газ-жидкость» газовые потоки вызывают турбулентные завихрения за счет силы трения, создающие активное смешивание слоев, что приводит к снижению высокой температуры поверхностного слоя.

Кроме того, в процессе сублимации с потерей массы отдельные гранулы поднимаются к поверхности. Данный процесс связан с образованием вокруг гранул постоянной газовой оболочки, создающей действительную подъемную силу, которая влечет дополнительный теплоперенос, снижающий энерге-

тический запас поверхностного слоя жидкости.

Выделяющийся газ, преодолев границу среды «жидкость-атмосфера», скапливается над поверхностью зеркала жидкости, в результате чего происходят разбавление и охлаждение зоны горения, и как следствие выше описанных механизмов - погасание пламени.

Подача огнетушащего вещества в слой горячей жидкости

На первоначальном этапе пена подается в негорящий слой жидкости, спустя непродолжительный период времени на поверхности резервуара в результате подъема вспененного огнетушащего состава образуется пенная подушка. Применяется несколько способов подачи пены в горячую жидкость [16-21].

Тушение пожара путем подачи воздуха под давлением в слой подтоварной воды с пенообразователем (рисунок 3).

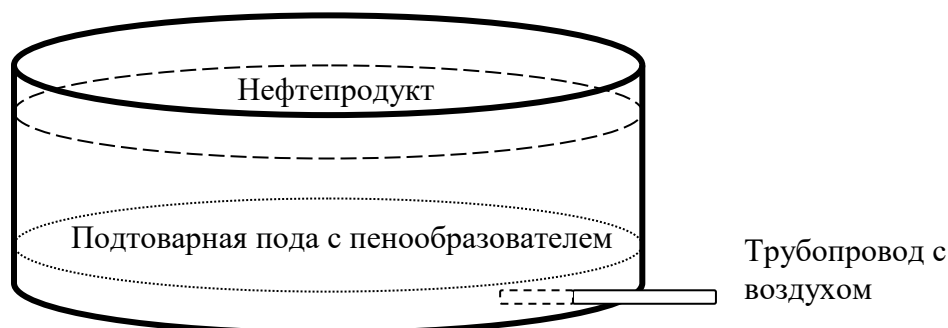


Рисунок 3. Тушение пожара путем подачи воздуха в нижний слой резервуара

При возгорании горючей жидкости в слое подтоварной воды, содержащей поверхностно активные вещества (ПАВ), под определенным давлением подается воздух или негорючий газ, что приводит к образованию пены. Пена поднимается внутри резервуара, покрывает поверхность горючей жидкости и препятствует дальнейшему горению. Трудностями в реализации данного метода является обеспечение отсутствия расслоения ПАВ в подтоварной воде, что может потребовать периодического ее перемешивания,

особенно при длительном хранении горючей жидкости в резервуаре. К тому же пена будет подниматься непосредственно над местом выпуска воздуха, что может привести к непопаданию пены в труднодоступные для тушения участки при длительном горении. Для быстрого перекрытия горячей поверхности необходимо увеличить количество мест, в которых будет происходить выпуск воздуха. Это требует разработки системы выпуска воздуха – развитого коллектора. Наличие коллектора на дне резервуара влечет за

собой существенные сложности, затрудняет проведение технологических операций при обслуживании резервуара. Следует учитывать тот факт, что в зимних условиях подтоварная вода может замерзнуть и это приведет к невозможности тушения пожара. Еще одним недостатком является отсутствие возможности перекачки нефтепродукта из горящего резервуара в «чистом» виде, т. к. он перемешан с пеной.

Существенным недостатком этого способа является низкая огнетушащая эффективность тушения пожара, что связано с низкой скоростью образования пены. Увеличить интенсивность пенообразования возможно, но при увеличении расхода инертного газа происходит диспергирование углеводорода и вынос горючего над уровнем резервуара. В результате эффективность предложенного способа-прототипа ограничивается тушением пожаров в резервуарах малого диаметра, не более 3 м.

Для повышения огнетушащей эффективности, что определяется временем тушения пламени, существует способ с двойным образованием пены [16].

Первая стадия – образование пены в емкости на дне резервуара и вторая – пенообразование после подъема пены, при воздействии теплового потока от факела пламени и при соприкосновении с разогретой металлической стенкой резервуара.

Способ тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах осуществляется путем подачи в основание резервуара огнетушащего вещества, где в качестве огнетушащего вещества, которое подают в основание резервуара, применя-

ется водный раствор уксусной кислоты и кислой соли многовалентного металла, при этом раствор подается в емкость внутри резервуара, под слоем горючей жидкости, которая содержит водный раствор газообразующих веществ, которые при смешении с кислым водным раствором выделяет, во всем объеме, высокодисперсный газ, включая двуокись углерода и азот, которые, проходя через водный раствор, образуют пену низкой кратности. Пена всплывает на горящую поверхность нефтепродукта, вынося в пенных пленках компоненты, которые выделяют азот под действием теплового потока от факела пламени и в местах соприкосновения пены с нагретой поверхностью металлической стенки резервуара. Тушение пожара таким способом происходит путем покрытия всей поверхности горения за счет вторичного эффекта вспенивания.

Тушение пожара путем подачи пены в нижний слой горючего через трубопровод, расположенный в нижней части резервуара (рисунок 4).

Пена поднимается внутри резервуара, обеспечивая перемешивание нефтепродукта, что приводит к снижению температуры его горящего слоя, покрывая поверхность горючей жидкости, препятствует дальнейшему горению. При данном методе тушения пожара пена поднимается непосредственно над местом выпуска воздуха, что может привести к непопаданию пены в образовавшиеся карманы при длительном горении. Для быстрого перекрытия горячей поверхности необходимо увеличить количество мест, через которые будет происходить подача пены.

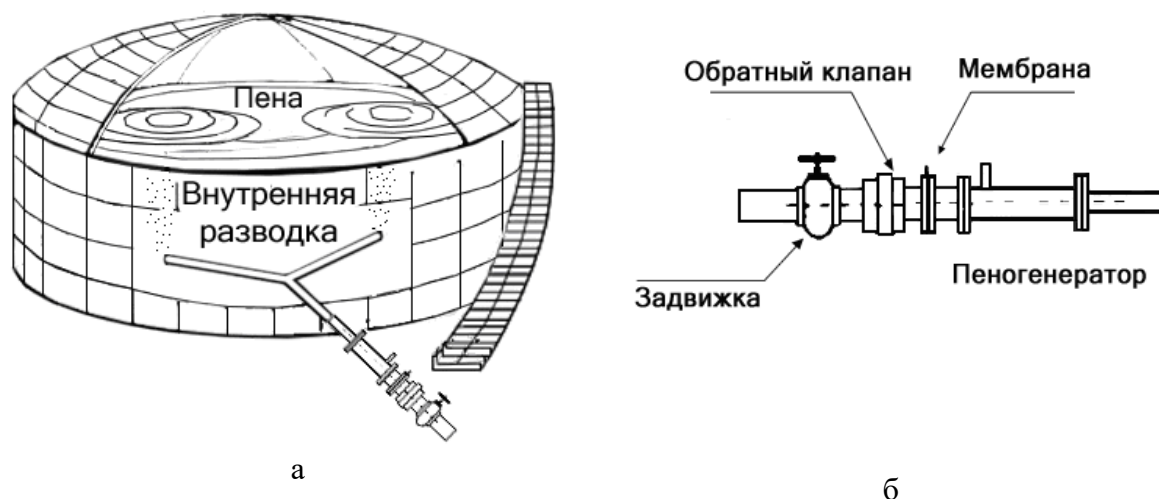


Рисунок 4. Установка пожаротушения для подачи пены в слой продукта через пенные насадки: а) общий вид резервуара с трубопроводом для подачи раствора пенообразователя; б) часть трубопровода с оборудованием для подачи раствора пенообразователя

Обязательно следует помнить о том, что поднятие пены на поверхность не такой уже и быстрый процесс. А длительное взаимодействие пены с нефтепродуктом приводит к резкому снижению огнетушащих качеств. Недостатком указанного метода, также как и в предыдущем является возможная перекачка перемешанного с пеной нефтепродукта из горящего резервуара.

Тушение пожара путем подачи пены в слой горючего через рукав, расположенный в нижней части резервуара (рисунок 5).

При возгорании горючей жидкости пена подается в капсулу со скрученным эластичным рукавом, смонтированным в нижней части резервуара, и под давлением разматывает его в резервуаре. Благодаря данному устройству пена подается непосредственно к поверхности горючей

жидкости, покрывает ее и препятствует дальнейшему горению. Поскольку при указанном методе пена подается через рукав, перемешивание нефтепродукта в резервуаре не происходит. Установка подачи пены через слой горючего по эластичному рукаву предназначена для тушения пожаров горючих жидкостей в наземных металлических резервуарах, рассчитанных на внутреннее избыточное давление в газовом пространстве до 200 мм водяного столба. Значительным преимуществом данного метода является то, что с пеной на горящую поверхность выносятся вся вода с ПАВ, а рукав является защитой от взаимодействия с горючей жидкостью. Недостатком же является тот факт, что по статистике это устройство в большинстве случаев не раскручивается и выходит из строя.

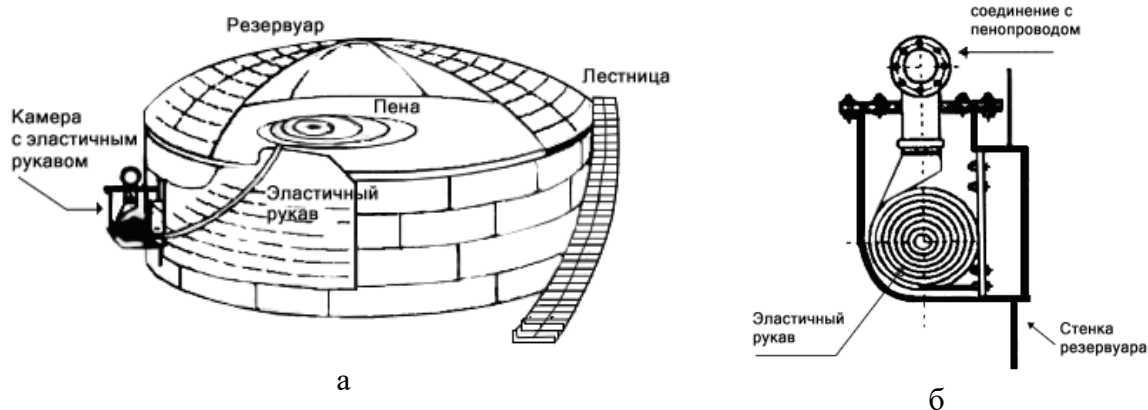


Рисунок 5. Установка пожаротушения для подачи пены в слой продукта через эластичный рукав: а) общий вид резервуара с эластичным рукавом; б) устройство с эластичным рукавом в сборе

Создание изолирующего слоя над поверхностью горения

Проведенный патентный анализ, и обзор публикаций позволили выделить следующие приемы создания изолирующего слоя над поверхностью горения.

Откачка горючей жидкости до изолирующего слоя огнепреградителя [22].

Способ тушения пожара в наземных хранилищах, заключающийся в снижении количества горючей жидкости в резервуаре (в очаге пожара), достигается перекачкой ее из горящего резервуара в запасные емкости через огнепреградители. Наземный резервуар через отверстие в его днище и сливной патрубком соединяют с пустым вакуумированным подземным резервуаром, расположенным соосно с наземным резервуаром

(рисунок 6). В данный резервуар перемещается жидкость из наземного резервуара в случае возникновения пожара. При этом емкость подземного резервуара должна быть больше, чем емкость наземного резервуара, а наземный резервуар расположен ниже уровня подземного. На конце сливного патрубка внутри подземного резервуара расположен автоматический клапан, находящийся в закрытом положении при отсутствии пожара и открывающийся автоматически при его возникновении. Открытие и закрытие автоматического клапана обеспечивается последовательно за счет управления датчиками температуры и уровня жидкости, полость подземного резервуара соединена через обратный клапан и дыхательный патрубком с атмосферой.

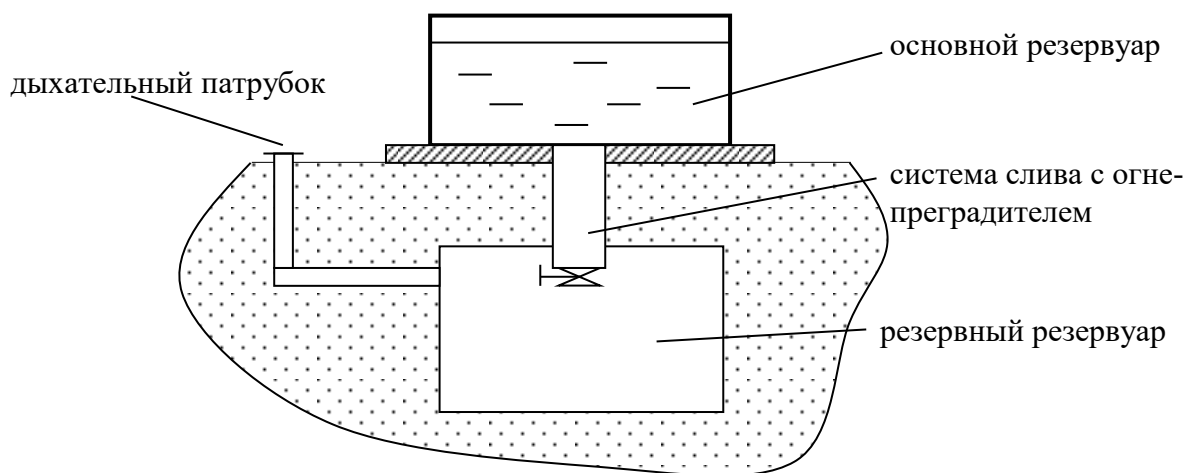


Рисунок 6. Расположение резервного резервуара

Оставшееся на дне резервуара малое количество жидкости не представляет угрозу. В случае если пламя в процессе перетекания жидкости не погасло, то оставшаяся жидкость догорит на дне емкости. Такой процесс не представляет опасности.

Тушение пожаров резервуаров нефтепродуктов на основе сетчатых конструкций [23].

Предложенный способ тушения пожаров в резервуарах направлен на снижение поступления паров, газов и тепловых потоков в зону горения с помощью сеток или сеточных пакетов (рисунк 7).

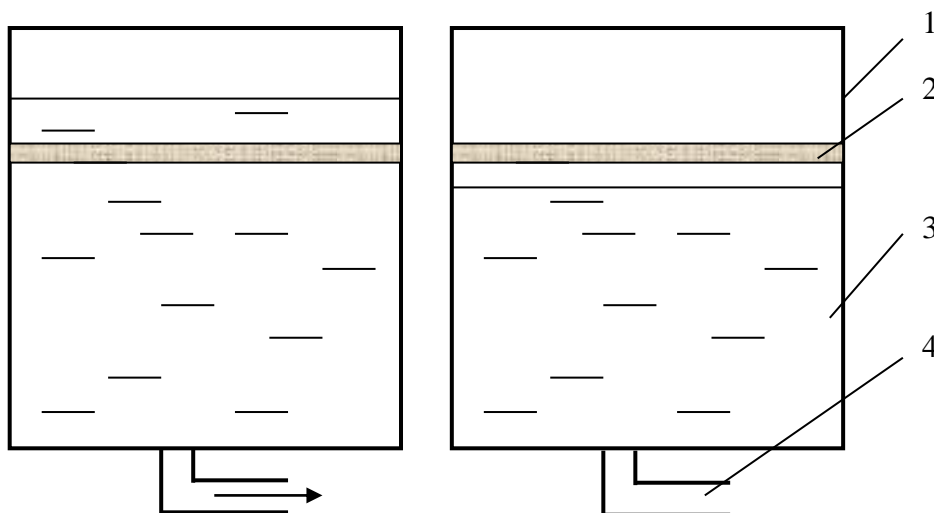


Рисунок 7. Тушение резервуара сетчатыми конструкциями:
1 – резервуар; 2 – сеточный пакет; 3 – нефтепродукт; 4 – система откачки

Для тушения используются сетки или сеточные пакеты, окрашенные вспенивающейся огнезащитной краской. При тепловом воздействии и достижении температуры 150-250 С сеточное покрытие начинает вспениваться. В течение 30-50 с ячейки сетки полностью перекрываются пенококсом, становясь труднопроницаемыми для паров, газов и тепловых потоков, горение прекращается.

Рассмотренные выше способы имеют свои достоинства и недостатки. Вместе с тем следует отметить необходимость их оценки для определения области применения. Таким образом, полу-

ченные результаты исследований позволили в качестве основных направлений повышения пожарной безопасности РВС выделить следующие:

- совершенствование и оценка способов подачи огнетушащих веществ на поверхность горячей жидкости;
- совершенствование и оценка способов подачи огнетушащего вещества в слой горячей жидкости;
- совершенствование и оценка способов создания изолирующего слоя над поверхностью горения.

Литература

1. Перевалов А. С., Пастухов К. В. Анализ пожарной опасности резервуарных парков хранения нефтепродуктов // Сборник материалов Дней науки «Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности» 03–07 декабря 2018 г. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2019.
2. Безбородов Ю. Н., Шрам В. Г., Кравцова Е. Г. Резервуары для приёма, хранения и отпуска нефтепродуктов. Красноярск, 2015. 110 с.
3. Галайда С. В., Косторов С. Л. Новый способ подачи пены и огнетушащих растворов в резервуары нефти и нефтепродуктов // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. Т. 19, № 9. С. 47–50.
4. Патент № RU2244579C1, МПК А62 С 3/00, 35/00. Способ пожаротушения и система пожаротушения для осуществления способа.

5. Серебренников С. Ю. и др. Эффективное применение конверсионных технологий твердотопливной ракетной техники при автоматизации системы пожарозащиты нефтерезервуаров // Экспозиция Нефть Газ. – 2012. – № 1(19).
6. Серебренников С. Ю. и др. Аварийные системы с газогенераторами и двигателями на твердом топливе (Теория и эксперимент). Екатеринбург, 2002. 286 с.
7. ТУ ОПАН 4854-002-02070464-97.
8. Меркулов В. А. Газовое пожаротушение. Состояние и перспективы развития // Пожаровзрывобезопасность. – 2003. – № 2. – С. 62–63.
9. Бабуров В. П. и др. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения. М., 2007. 298 с.
10. Старков Н. Н. Тушение пожаров нефтепродуктов и полярных жидкостей диоксидом углерода твердым гранулированным: дис. ... канд. техн. наук. М., 2009. 191 с.
11. Шарапов С. В., Боблак В. А. Экспериментальные исследования по применению жидкой двуокиси углерода для тушения пожаров в резервуарных парках хранения нефти и нефтепродуктов // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2012. – № 2. – С. 52–57.
12. Применение установок газового пожаротушения на основе жидкой двуокиси углерода для защиты резервуарных парков хранения нефти и нефтепродуктов: диссертация кандидата технических наук 05.26.03 / Боблак Виктор Александрович. – Санкт-Петербург, 2012. – 139 с.
13. Шарапов С. В., Боблак В. А. Применение жидкой двуокиси углерода для тушения пожаров в резервуарных парках хранения нефти и нефтепродуктов // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2012. – Т. 22, № 2. – С. 60–67.
14. Groshov A. D., Peregslavtseva I. I. Преимущества установок пожаротушения диоксидом углерода при ликвидации горения в резервуарах с нефтепродуктами // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25, № 12. – С. 69–75.
15. Назаров В. П., Филипчук М. В., Старков Н. Н. Тушение нефтепродуктов и полярных жидкостей в резервуаре диоксидом углерода твердым // Пожаровзрывобезопасность. – 2006. – Т.15, №5. – С. 82-85.
16. Патент РФ RU2595973 C1 A62C 3/06 Способ подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах.
17. Терехнев В. В. Тактика тушения пожаров. Часть 2. Пожаротушение в ограждениях и на открытой местности. М., 2017. 256 с.
18. Молчанов В. П. Закономерности тушения пожаров нефтепродуктов в резервуарах подслонным способом в условиях интенсивного движения жидкости: автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 1996.
19. Шароварников С. А. Тушение смесевых топлив в резервуарах подачей пены под слой горючего: автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 1997.
20. Писанная Е. А., Сариллов М. Ю. Разработка способов пожаротушения резервуаров: отчет по научно-исследовательской работе. Комсомольск на Амуре, 2017. С. 43.
21. Патент РФ RU2320385 C2 A62C 3/06 Способ и устройство противопожарной защиты резервуаров с нефтепродуктами.
22. Патент РФ RU2599363 C2 A62C 3/06 Способ тушения пожара в наземных резервуарах.
23. Патент РФ RU2256976 C2 A62C 3/06 Способ тушения и противопожарной защиты.

References

1. Analiz požarnoj opasnosti rezervuarnyh parkov hraneniya nefteproduktov [Tekst] : A.S. Perevalov, K.V. Pastuhov. – Ekaterinburg: Sbornik materialov dnei nauki «Aktual'nye problemy i innovacii v obespechenii bezopasnosti» 03-07 dekabrya 2018 g.
2. Bezborodov YU.N. Rezervuary dlya priyoma, hraneniya i otpuska nefteproduktov/ YU.N. Bezborodov, V.G.SHram, E.G. Kravcova. - Krasnoyarsk.: SFU, 2015. - 110 s.
3. Novyj sposob podachi peny i ognetushashchih rastvorov v rezervuary nefti i nefteproduktov // S.V. Galajda, S.L. Kostorov. – Pozharovzryvobezopasnost', 2010, tom 19 №9, str. 47-50.
4. Patent №RU2244579S1, MPK A62 S 3/00, 35/00. Sposob požarotusheniya i sistema požarotusheniya dlya osushchestvleniya sposoba.
5. Serebrennikov S.YU. EHffektivnoe primenenie konversionnyh tekhnologij tverdotoplivnoj raketnoj tekhniki pri avtomatizacii sistemy požarozashchity nefte rezervuarov [Tekst] : S.YU. Serebrennikov, K.V. Prohorenko i dr. – nauchno-tekhnicheskij zhurnal «EHkspoziciya Neft' Gaz», № 1(19) fevral' 2012.
6. Serebrennikov S.YU. Avarijnye sistemy s gazogeneratorami i dvigate-lyami na tverdom toplive (Teoriya i ehksperiment). Ekaterinburg: UrO RAN, 2002.-286s.

7. TU OPAN 4854-002-02070464-97 s izm.10.
8. Merkulov V.A. Gazovoe pozharotushenie. Sostoyanie i perspektivy razvitiya // Pozharovryvobezopasnost'. 2003. № 2. S. 62–63.
9. Baburov V.P., Baburin V.V., Fomin V.I. [i dr.]. Proizvodstvennaya i pozhar'naya avtomatika. CH. 2. Avtomaticheskie ustanovki pozharotusheniya: uchebnik. M.: Akademiya GPS MCHS Rossii, 2007. 298 s.
10. Starkov N.N. Tushenie pozharov nefteproduktov i polyarnykh zhidkostej dioksidom ugleroda tverdyim granulirovannym: dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2009. 191 s.
11. SHarapov S.V., Boblak V.A. EHksperimental'nye issledovaniya po primeneniyu zhidkoj dvoukisi ugleroda dlya tusheniya pozharov v rezervuarnykh parkah hraneniya nefi i nefteproduktov // Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MCHS Rossii». – 2012. – №2.- S 52–57.
12. Primenenie ustanovok gazovogo pozharotusheniya na osnove zhidkoj dvoukisi ugleroda dlya zashchity rezervuarnykh parkov hraneniya nefi i nefteproduktov : dissertaciya kandidata tekhnicheskikh nauk : 05.26.03 / Boblak Viktor Aleksandrovich.- Sankt-Peterburg, 2012.- 139 s.
13. SHarapov S.V., Boblak V.A. Primenenie zhidkoj dvoukisi ugleroda dlya tusheniya pozharov v rezervuarnykh parkah hraneniya nefi i nefteproduktov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. – 2012. – T.22, №2. – S. 60-67.
14. Groshev A.D., Pereslavceva I.I. Preimushchestva ustanovok pozharotusheniya dioksidom ugleroda pri likvidacii gorenii v rezervuarah s nefteproduktami // Pozharovryvobezopasnost'. – 2016. – T.25, №12. – S. 69-75.
15. Nazarov V.P., Filipchuk M.V., Starkov N.N. Tushenie nefteproduktov i polyarnykh zhidkostej v rezervuare dioksidom ugleroda tverdyim // Pozharovryvobezopasnost'. – 2006. – T.15, №5. – S. 82-85.
16. Patent RF RU2595973 S1 A62S 3/06 Sposob podslojnogo tusheniya pozharov nefi i nefteproduktov v rezervuarah.
17. Terebnev V.V. Taktika tusheniya pozharov. CHast' 2. Pozharotushenie v ograzhdeniyah i na ot-krytoj mestnosti: uchebnoe posobie / V.V. Terebnev. - M.: KURS, 2017. - 256 s. - Pozhar'naya bezopasnost'.
18. Molchanov, V.P. Zakonomernosti tusheniya pozharov nefteproduktov v rezervuarah podslojnym sposobom v usloviyah intensivnogo dvizheniya zhidkosti. Avtoreferat na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. - M., 1996.
19. SHarovarnikov, S.A. Tushenie smesevykh topliv v rezervuarah podachej peny pod sloj goryuchego. Avtoreferat na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. - M., 1997.
20. Pisannaya E.A. Razrabotka sposobov pozharotusheniya rezervuarov [Tekst] : otchet po nauchno-issledovatel'skoj rabote // E.A. Pisannaya, M.YU. Sarilov. – Komsomol'sk na Amure. 2017. – S. 43.
21. Patent RF RU2320385 S2 A62S 3/06 Sposob i ustrojstvo protivopozharnoj zashchity rezervuarov s nefteproduktami.
22. Patent RF RU2599363 S2 A62S 3/06 Sposob tusheniya pozhara v nazemnykh rezervuarah.
23. Patent RF RU2256976 S2 A62S 3/06 Sposob tusheniya i protivopozharnoj zashchity.