

# Пожарная и промышленная безопасность (05.26.03, технические науки)

УДК 614.849

## Пожарная безопасность складов нефти и нефтепродуктов

## Fire safety of warehouses of petroleum and petroleum products

*Г.С. Дупляков<sup>1</sup>,  
А.С. Горбунов<sup>2</sup>,  
М.В. Елфимова<sup>1</sup>,  
канд. техн. наук,  
Д.А. Шупранов<sup>2</sup>,  
канд. техн. наук*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Сибирская  
пожарно-спасательная  
академия ГПС МЧС России,*

*<sup>2</sup>ФГБУ «Судебно-экспертное  
учреждение ФПС № 93 «Ис-  
пытательная пожарная лабо-  
ратория» МЧС России»*

*G.S. Duplyakov<sup>1</sup>,  
A.S. Gorbunov<sup>2</sup>,  
M.V. Elfimova<sup>1</sup>,  
Ph.D. of Engineering Sciences  
D.A. Shupranov<sup>2</sup>,  
Ph.D. of Engineering Sciences*

*<sup>1</sup>Siberian Fire and Rescue  
Academy of Firefighting Service  
of EMERCOM of Russia*

*<sup>2</sup>FSBI «Forensic expert  
organization Federal Fire Service  
№ 93 «fire testing laboratory» of  
Emergencies of Russia»*

### Аннотация:

В статье приведены статистические данные анализа опасных техногенных явлений на объектах нефтепродуктообеспечения РФ. Определены наиболее часто реализуемые опасные техногенные явления и наиболее пожароопасные объекты в структуре нефтепродуктообеспечения РФ. Приведено определение, классификация, функциональная структура, группы объектов, относящиеся к складам нефти и нефтепродуктов. Отображены результаты теоретического анализа функциональной структуры и системы обеспечения пожарной безопасности (далее СОПБ) складов нефти и нефтепродуктов. Установлена взаимосвязь между особенностями функционирования складов нефти и нефтепродуктов и причинами, в результате которых возникают пожары и взрывы. Выявлен ряд актуальных проблем в СОПБ складов нефти и нефтепродуктов.

Освещена область использования результатов исследования и направление для дальнейшего исследования в данной области

**Ключевые слова:** нефтяная промышленность, статистика, пожар, взрыв, структура, система обеспечения пожарной безопасности, склады нефти и нефтепродуктов, структура, резервуарные парки, насосные станции, сливноналивные эстакады, предотвращение, предупреждение, обнаружение, тушение.

### Abstract:

The article presents statistical data on the analysis of dangerous man-made phenomena at oil products supply facilities of the Russian Federation. The most frequently realized dangerous man-made phenomena and the most fire-hazardous objects in the structure of oil products supply of the Russian Federation are determined. The definition, classification, functional structure, groups of objects related to the warehouses of oil and petroleum products are given. Results shown are some of the analysis of functional structures and systems of fire safety (hereinafter APB) warehouses of oil and petroleum products. The interrelation between features of functioning of warehouses of oil and oil products and the reasons as a result of which there are fires and explosions is established. A number of actual problems in the SOPB of oil and oil products warehouses are revealed.

The area of use of the research results and the direction for further research in this area are highlighted.

**Key word:** petroleum industry, statistics, fire, explosion, structure, fire safety system, petroleum and petroleum products warehouses, structure, tank farms, pumping stations, loading and unloading racks, prevention, warning, detection, extinguishing.

Как показал анализ исследования статистики опасных техногенных явлений на объектах нефтепродуктообеспечения РФ, динамика данных явлений в период с 2015–2017 г. имеет положительный характер. Наибольшая часть (до 67%) опасных явлений реализуется в виде пожаров и взрывов, в районе 55,7 % которых приходится на объекты складов нефти и нефтепродуктов. Чтобы выявить причины такого распределения статистики и далее предпринять компенсирующие меры, была сформулирована цель исследования: провести аналитический обзор складов нефти и нефтепродуктов с точки зрения пожарной безопасности. И решены следующие задачи:

1. проанализировать функциональную структуру складов нефти и нефтепродуктов;
2. проанализировать систему обеспечения пожарной безопасности складов нефти и нефтепродуктов.

Анализ функциональной структуры складов нефти и нефтепродуктов.

Склады нефти и нефтепродуктов – комплекс зданий, резервуаров и других сооружений, предназначенных для приема, хранения и выдачи нефти и нефтепродуктов [1].

К складам нефти и нефтепродуктов относятся:

- предприятия по обеспечению нефтепродуктами (нефтебазы);
- резервуарные парки и сливноналивные сооружения магистральных нефтепроводов, нефтепродуктопроводов, пунктов сбора нефтяных месторождений, нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий;
- расходные склады нефтепродуктов промышленных предприятий.

В зависимости от общей вместимости и максимального объема одного резервуара, склады нефти и нефтепродуктов подразделяются на категории, согласно таблице 1 [1].

**Таблица 1 Категорирование складов нефти и нефтепродуктов**

Категория склада	Максимальный объем одного резервуара, м <sup>3</sup>	Общая вместимость склада, м <sup>3</sup>
I	–	более 100 000
II	–	более 20 000, но не более 100 000
IIIа	не более 5000	более 10 000, но не более 20 000
IIIб	не более 2000	более 2000, но не более 10 000
IIIв	не более 700	не более 2000

Данные склады состоят из 3-ёх основных функциональных частей (рис. 1):

1. резервуарные парки – хранение нефти и нефтепродукта;
2. насосные станции – транспортировка нефти и нефтепродукта по трубопроводам на объекте;
3. сливноналивные эстакады – слив и налив нефтепродукта в цистерны транспорта.

Резервуарные парки состоят из резервуаров, размещенных в группах [1]:

- по виду хранимого нефтепродукта;
- по объёму резервуаров.

Согласно источнику [1], резервуары в группе располагаются:

- номинальным объемом менее 1000 м<sup>3</sup> – не более чем в четыре ряда;
- объемом от 1000 до 10000 м<sup>3</sup> – не более чем в три ряда;
- объемом 10000 м<sup>3</sup> и более – не более чем в два ряда.

Каждая группа резервуаров отделяется по периметру обвалованием (насыпной земляной вал), которое необходимо для предотвращения растекания нефтепродукта за пределы территории группы, в случае утечки нефтепродукта.

В свою очередь резервуары подразделяются по:

- расположению относительно земли: горизонтальные и вертикальные;
- номинальному объёму хранимого нефтепродукта: горизонтальные (3, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 40, 50, 60, 75, 100 м<sup>3</sup>) [2], вертикальные (100, 200, 300, 400, 700, 1000, 2000, 3000, 5000, 10000, 20000, 30000, 40000, 50000, 100000 м<sup>3</sup>) [3];
- по устройству крыши: стационарная, плавающая или понтон [3].

Плавающая крыша или понтон при увеличении объема жидкости в резервуаре поднимается, а при уменьшении – опускается. В резервуарах в таком конструктивном исполнении почти полностью устраняется паровоздушное пространство внутри резервуара, тем самым предотвращаются потери хранимого нефтепродукта от испарения. Также у данных резервуаров практически отсутствуют выбросы паровоздушной смеси нефтепродукта в окружающую среду, в отличие от резервуаров со стационарной крышей: «большие» и «малые» дыхания, что положительным образом сказывается на пожарной безопасности и экономической составляющей. Для исключения потерь нефтепродукта и возникновения пожаровзрывоопасных ситуаций при «больших» и «малых» дыханиях на резервуары со стационарной крышей устанавливаются системы улавливания паров, соединенные с дыхательной арматурой резервуара [4]. На практике данные системы устанавливаются крайне редко.

Насосные станции представляют собой сооружение закрытого или открытого объема, внутри которого располагаются, как правило, центробежные насосы с приводом от электродвигателя. Для перекачивания (нагнетания) ЛВЖ применяют центробежные бессальниковые насосы с двойным торцевым, а в обоснованных случаях – с одинарным торцевым и дополнительным уплотнением [4]. В качестве затворной жидкости используют негорючие или нейтральные к перекачиваемой среде жидкости [4]. Торцевое уплотнение обладает рядом преимуществ, в отличие от сальникового, что положительным образом сказывается на пожарной безопасности насосных станций.

К насосам подведены трубопроводы, соединяющие между собой резервуарные парки, сливноналивные эстакады и прочие технологические сооружения. Насосные станции подразделяются по виду обрабатываемого нефтепродукта: светлых и темных нефтепродуктов.

Сливоналивные эстакады – это технологические сооружения для слива и налива нефти и нефтепродукта в цистерны железнодорожного, авто и водного транспорта. Эстакады подразделяются:

- по принципу наполнения емкостей на закрытого (герметичного налива) и открытого типа;
- по степени автоматизации процесса слива – налива на галерейный (многоточечный) и тактовый («on-spot» или «top-spot») тип, а также комбинированный.

У эстакад закрытого типа отличительной чертой является наличие герметизирующей крышки примыкающей при наливной операции к люку наполняемой цистерны. В данной крышке располагается две линии в виде труб: 1-ая труба, по которой наливается нефтепродукт, а 2-ая служит для отвода воздуха с парами нефтепродукта, вымещенного из объема цистерны наливаемым нефтепродуктом. Отведенный воздух с парами нефтепродукта направляется в адсорбер для отделения паров нефтепродукта от воздуха. Далее отделенный нефтепродукт возвращается обратно в производственный процесс. Преимуществом закрытого типа эстакад является тот момент, что паровоздушная смесь нефтепродукта не выходит в открытое пространство, тем самым уменьшая риск возникновения пожароопасной ситуации, а также данный тип экономически более эффективен, так как часть испаренного нефтепродукта во время налива адсорбируется и возвращается обратно в технологический процесс.

Отличительной особенностью эстакад с галерейным типом от тактового является степень автоматизации процесса налива. В галерейном типе процесс наполнения многоточечный (цистерны наполняются одновременно по всей длине эстакады) и часть операций по наливу (подсоединение наливной арматуры, включение подачи нефтепродукта и т.д.) выполняется обслуживающим персоналом. У эстакад с тактовым типом наполнения весь процесс налива практически полностью автоматизирован и, как правило, одновременно может наполняться на таких эстакадах не более одной цистерны. Тактовый тип наполнения в основном реализован на железнодорожных эстакадах.



Рис. 1 – функциональная структура складов нефти и нефтепродукта

Высокая пожаровзрывоопасность складов нефти и нефтепродуктов реализуется за счет того, что функционирование их составных частей: резервуарные парки, насосные станции, сливноналивные эстакады, непосредственно связано с перемещением нефти и нефтепродуктов, что постоянно сопровождается риском образования пожаровзрывоопасных смесей нефтепродукта с воздухом, вследствие розливов, разгерметизации, нарушения технологического процесса. Данный факт также подтверждается статистикой, так как основными причинами пожаров и взрывов на складах нефти и нефтепродуктов являются:

- воспламенение смеси паров нефтепродукта с воздухом от источников зажигания различной природы 76,25 %;
- самовоспламенение паровоздушной смеси 2,5%.

На прочие причины приходится 21,25%:

- самовозгорание пирофорных отложений 3,75 %;
- ремонтные, очистные, сварочные работы, резка металла и др. 14 %;
- неустановленные причины 3,5% [5].

Далее необходимо провести анализ превентивных мер по минимизации пожаровзрывоопасности на объектах складов нефти и нефтепродуктов.

Анализ системы обеспечения пожарной безопасности складов нефти и нефтепродуктов.

Для недопущения, минимизации последствий и своевременного реагирования на возникновение пожаров и взрывов на складах нефти и нефтепродуктов реализована система обеспечения пожарной безопасности.

Цель функционирования системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре [6].

СОПБ объекта защиты включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности [6]. В рамках данного исследования не рассматривался комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, так как этот комплекс организационно-технических мероприятий подразумевает под собой функционально-организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности: организация объектовой пожарной охраны, обучение рабочих, служащих и администрации, составление инструкций в области пожарной безопасности, применение

средств наглядной агитации и т.д. И для удобства структуризации СОПБ складов нефти и нефтепродуктов авторами была представлена система противопожарной защиты, как системы обнаружения и тушения пожара. Таким образом, при анализе СОПБ складов нефти и нефтепродуктов были выделены 3 структурные подсистемы (рис. 2):

- система предотвращения (предупреждения) пожара;
- система обнаружения пожара;
- система тушения пожара.

Целью функционирования системы предотвращения пожара является исключение условий для возникновения пожара и взрывов. Исключение возникновения достигается исключением условий образования горючей среды (окислитель + горючее) и (или) исключением условий образования в горючей среде (или внесения в неё) источников зажигания. Данная система на складах нефти и нефтепродукта реализована следующим образом:

1. Исключение образования горючей среды (окислитель + горючее):

- сливноналивные эстакады закрытого типа;
- резервуары для хранения нефтепродукта с плавающей крышей, понтоном или установка на резервуар со стационарной крышей системы улавливания паров нефтепродукта;
- размещение стационарных газоанализаторов в местах возможного образования пожароопасной концентрации паровоздушной смеси нефтепродукта, а также оснащение рабочего персонала портативными личными газоанализаторами.

Специфика исключения горючей среды на объектах складов нефти и нефтепродуктов:

- газоанализаторы улавливания паров нефтепродукта необходимо устанавливать на ж/д эстакадах из расчета: один газоанализатор на две ж/д цистерны на уровне земли вдоль каждого фронта слива и налива. При организации двухстороннего слива – налива датчики необходимо размещать в «шахматном порядке» [4]. Датчики устанавливаются на расстоянии до 3 м от крайнего рельса и на высоте не более 0,5 м от уровня поверхности земли (железнодорожного полотна) [7];
- операция слива – налива останавливается при достижении концентрации паров нефтепродукта более 20 % нижнего концентрационного предела распространения пламени [4];
- для контроля содержания паров нефтепродукта по ПДК и НКПР в насосных станциях устанавливаются газоанализаторы [4];

- резервуарные парки необходимо защищать газоанализаторами, устанавливаемыми на высоте 1,0–1,5 м от планировочной отметки земли и срабатывающими при достижении концентрации паров нефтепродукта в воздухе 20 % от НКПР [4];
  - при расположении газоанализаторов должно учитываться расстояние между датчиками, которое должно быть меньше 2-х радиусов действия датчика. При смежном расположении групп емкостей и резервуаров или отдельных резервуаров в собственном обваловании установка датчиков сигнализаторов по смежному (общему для двух групп) обвалованию не требуется [4];
  - рекомендовано устанавливать газоанализаторы у узла запорно-регулирующей арматуры за пределами обвалования из расчета в зависимости от площади, занимаемой узлом, с учетом расстояния между датчиками не больше 20 м, но не менее 2-х газоанализаторов. Газоанализаторы должны быть расположены по периметру площадки узла от уровня планировочной отметки земли на расстоянии по высоте 0,5 – 1,0 м.
2. Исключение образования источника зажигания:
- защита от статического электричества,
  - молниезащита,
  - искробезопасная одежда и амуниция обслуживающего персонала,
  - взрывозащищенное оборудование.

Специфика исключения источника зажигания на объектах складов нефти и нефтепродуктов:

- для борьбы с накоплением зарядов статического электричества при выполнении слива – налива должно быть предусмотрено заземление цистерн, приёмно – подающей арматуры, а также необходимо ограничивать скорость движения жидкости в начальной и конечной стадии операции слива – налива [4];
- автомобильные сливоналивные эстакады оборудуют устройством блокировки операции слива – налива при отсутствии заземления [4];
- на резервуарные парки по хранению горючих жидкостей объёмом 100 тыс. м<sup>3</sup> и более, а также резервуарные парки, расположенные в селитебных зонах, необходимо устанавливать отдельно стоящие молниеотводы [4];
- предусматривается защита от прямых ударов молнии дыхательной арматуры резервуаров по хранению ЛВЖ, а также пространства над срезом горловины цистерн с ЛВЖ, ограниченного цилиндром высотой 2,5 м и радиусом 5 м [4];

- для предупреждения образования статического электричества предусматривают заземление трубопроводов и оборудования, выполненного из металла, также обеспечивают снижение скорости движения нефтепродукта, его разбрызгивания или снижение образования концентрации паров нефтепродукта в воздухе до безопасных пределов [4].

Целью функционирования системы обнаружения пожара является выявление пожара и оповещения персонала о нём, а также включения технических средств противопожарной защиты объекта. Данная система на складах нефти и нефтепродуктов реализована посредством обеспечения объекта пожарной сигнализацией и системой видеонаблюдения. Пожарная сигнализация предназначена для выявления пожара на начальной стадии и выдачи сигнала тревоги. Система пожарной сигнализации состоит из следующих основных компонентов:

1. Контрольная панель – прибор, который анализирует состояние пожарных извещателей и шлейфов, а также выдаёт команды на запуск пожарной автоматики.
2. Монитор (панель индикации) или автоматизированное рабочее место – служит для отображения состояния пожарной сигнализации.
3. Источник бесперебойного питания – служит для обеспечения непрерывной работы сигнализации.
4. Исполнительные устройства – это компоненты автоматического пожаротушения или управляемые элементы других систем.
5. Устройства оповещения – громкоговорители, сирены, системы трансляции. Предназначены для подачи сигнала тревоги.
6. Пожарные извещатели – служат для формирования сигнала об обнаружении пожара. По способу приведения в действие пожарные извещатели подразделяют на автоматические и ручные. Исходя из характерных для обнаружения признаков горения, пожарные извещатели классифицируют на: тепловые, дымовые, пламени, газовые, комбинированные [8].

Специфика пожарной сигнализации используемой на объектах складов нефти и нефтепродуктов:

1. Предусматриваются ручные извещатели пожарной сигнализации на территории склада:
  - снаружи зданий категорий А, Б и В по взрывопожарной опасности по периметру не более чем через 50 м [1],

- по периметру обвалования групп резервуаров и открытых площадок по хранению нефтепродуктов не более чем через 150 м при хранении нефтепродуктов с температурой вспышки выше 120°C и не более 100 м для остальных нефтепродуктов [1],
  - у торцов сливноналивных эстакад и по их длине не реже чем через каждые 100 м, но не менее двух (у лестниц для обслуживания эстакад) [1],
  - по периметру наружной технологической установки не более чем через 100 м [1],
  - на расстоянии не превышающего более 5 м от обвалования группы резервуаров или от наружной установки, на расстоянии не более 20 м от сливноналивных эстакад.
2. Инерционность срабатывания пожарного извещателя в автоматических установках газопожаротушения не должна превышать 15 с. [1];
  3. Рекомендуется монтировать автоматические пожарные извещатели в верхнем поясе резервуара (зона площадок обслуживания) или на крыше, при этом должно размещаться не менее 2-х пожарных извещателей в диаметрально противоположных точках резервуара, а также при установке более 2-х извещателей расстояние между двумя соседними извещателями по периметру не должно превышать 12 м [1];
  4. На резервуарах по хранению ЛВЖ с давлением насыщенных паров от 26,7 кПа (200 мм рт. ст.) до 93,3 кПа (700 мм рт.ст.) (нефть, бензины, авиакеросин, реактивное топливо) пожарные извещатели монтируются только в верхнем поясе резервуара [1].

Как показал анализ объектов складов нефти и нефтепродуктов автоматические пожарные извещатели пламени устанавливаются:

- в сооружениях насосных станций;
- на сливноналивных эстакадах;
- на крышах резервуаров и в верхнем поясе.

Тепловые пожарные извещатели устанавливаются:

- в верхнем поясе внутри резервуара (термокабель);
- на электродвигателях насосов в насосных станциях.

Цель функционирования системы пожаротушения является локализация и ликвидация пожара. В свою очередь система пожаротушения – это совокупность сил и средств для организации мероприятий по тушению пожара. В ходе анализа данной

системы было выявлено следующее структурное разделение:

По степени автоматизации пожаротушения:

- автоматическое;
- автоматизированное;
- ручное.

Согласно источнику [9], установка автоматических стационарных систем пожаротушения обязательна для резервуаров объемом 5000 м<sup>3</sup> и более для наземного хранения. Запуск автоматической системы пожаротушения производится по сигналу «Пожар» не менее чем от двух пожарных извещателей [9]. При размещении на сливноналивных эстакадах ЛВЖ и ГЖ в зданиях должны предусматриваться автоматическая стационарная установка пожаротушения воздушно-механической пеной низкой и средней кратности с автоматическим и дистанционным пуском и внутренний противопожарный водопровод, обеспечивающий подачу в любую точку помещения двух струй воды с расходом по 5 л/с каждой [7].

Ручное пожаротушение организуется с помощью объектовой пожарной охраны, которая дислоцируется непосредственно на объекте, если таковая отсутствует, то силами пожарной части государственной противопожарной службы, в районе (подрайоне) выезда которой расположен объект, и добровольных пожарных дружин, сформированных администрацией объекта. Согласно источнику [1], на складах нефти и нефтепродуктов предусматриваются пожарные посты, где располагается объектовая пожарная охрана или помещения для пожарного оборудования:

- при общей вместимости склада до 100 тыс. м<sup>3</sup> включительно – помещение площадью не менее 20 м<sup>2</sup> для пожарного оборудования и пожарных мотопомп;
- свыше 100 до 500 тыс. м<sup>3</sup> включительно – пожарный пост на один автомобиль с боксом для резервного автомобиля;
- свыше 500 тыс. м<sup>3</sup> – пожарный пост на два автомобиля.

По степени мобильности:

- мобильные средства пожаротушения;
- стационарные средства пожаротушения.

К мобильным средствам тушения относится пожарная техника и вывозимое на ней пожарно-техническое вооружение, которой укомплектовываются подразделения государственной противопожарной службы и объектовой пожарной охраны.

Стационарные средства пожаротушения это неподвижно смонтированные технические устройства в местах возможного возникновения пожара, которые предназначаются с целью подачи огнетушительных веществ в очаг горения и для защиты – охлаждения объектов находящихся в зоне теплового воздействия пламени пожара. К стационарным системам пожаротушения складов нефти и нефтепродуктов предъявляются следующие требования:

- для подземных резервуаров объемом 5000 м<sup>3</sup> и более, сливноналивных эстакад и устройств для железнодорожных и автомобильных цистерн на складах I и II категорий следует предусматривать стационарные установки пожаротушения (неавтоматические) [1];
- на резервуарах объемом от 1000 до 5000 м<sup>3</sup> надлежит устанавливать устройства для подачи огнетушащего вещества (генераторы пены, пеносливовы или насадки для подачи двуокиси углерода, иные устройства) с сухими трубопроводами (с соединительными головками и заглушками), выведенными за обвалование [1];
- наземные резервуары объемом 5000 м<sup>3</sup> и более оборудуются стационарными установками охлаждения. Охлаждение наземных резервуаров объемом менее 5000 м<sup>3</sup> и подземных объемом более 400 м<sup>3</sup> рекомендуется обеспечивать мобильными средствами пожаротушения [1];
- на сливноналивных ж\д эстакадах на складах I и II категории необходимо предусматривать стационарные установки пожаротушения воздушно – механической пеной низкой и средней кратности с дистанционным пуском [7];
- на эстакадах складов I и II категории для охлаждения железнодорожных и автомобильных цистерн, сливноналивных устройств должны быть предусмотрены стационарные лафетные стволы, дистанционно управляемые лафетные стволы, а также осциллирующие мониторы [7]. Число и расположение лафетных стволов определяется таким образом, чтобы орошение железнодорожных цистерн из каждой точки эстакады в плане осуществлялось двумя компактными струями. Лафетные стволы следует устанавливать на расстоянии не менее 15 м от железнодорожных путей эстакады [1].

По виду выполняемых работ:

- тушение;
- защита (охлаждение).

По виду огнетушащего реагента пожаротушения:

- водяное;
- пенное;
- газовое;
- порошковое.

Вода для нужд пожаротушения на складах нефти и нефтепродукта используется только для охлаждения – защиты объектов расположенных в зоне теплового воздействия пожара. Так как вода, как огнетушащий реагент, малоэффективна при тушении горючих жидкостей нефтепродукта и сравнительная эффективность тушения ей достигается только тонкораспыленной струей при условии полного охвата всей площади пожара.

Специфика использования воды для охлаждения – защиты на складах нефти и нефтепродуктов:

- наземные резервуары объемом 5000 м<sup>3</sup> и более оборудуются стационарными установками охлаждения. Охлаждение наземных резервуаров объемом менее 5000 м<sup>3</sup>, а также подземных объемом более 400 м<sup>3</sup> предусматривается мобильными средствами пожаротушения [1];
- для охлаждения на сливноналивных эстакадах автомобильных и ж\д цистерн складов I и II категории предусматриваются стационарные лафетные стволы, осциллирующие мониторы с дистанционным или ручным управлением [1]. Количество и место расположения приборов охлаждения определяется таким образом, чтобы охлаждение ж\д цистерны производилось двумя компактными струями. При этом лафетные стволы устанавливаются на расстоянии не превышающего 15 м от железнодорожных путей эстакады [1].

Наиболее широко применяемое на складах нефти и нефтепродуктов, как универсальное и наиболее эффективное, зарекомендовало себя пенное пожаротушение.

В зависимости от специфики возникшего пожара и объекта применяется пена различной кратности:

- низкой кратности ( $3 < K < 20$ ) – для подслоного и поверхностного способа пожаротушения резервуаров;
- средней кратности ( $20 < K < 200$ ) – для поверхностного способа пожаротушения резервуаров и сливноналивных эстакад;
- высокой кратности ( $K > 200$ ) – для объемного способа пожаротушения закрытых сооружений насосных станций.

Специфика пенного тушения на складах нефти и нефтепродуктов:

- при тушении резервуаров с плавающей крышей и понтоном пена подаётся сверху в кольцевой зазор между стенкой резервуара и краем плавающей крыши (понтон) [10];
- для подслоного способа пожаротушения используется специальный фторсодержащий пленкообразующий пенообразователь [3];
- подслоный способ пожаротушения тушения нельзя использовать для резервуаров по хранению масел и мазутов [1];
- на сливноналивных ж/д эстакадах пеногенераторы располагаются сверху над цистернами для подачи пены на цистерны и настил эстакады, исходя из расчета, что на каждую железнодорожную цистерну грузоподъемностью 60 т предусматривается один пеногенератор [7];
- инерционность стационарных систем пенного пожаротушения не должна превышать 3 минут [1].

Специфика газового тушения на складах нефти и нефтепродуктов:

- газовое пожаротушение эффективно только в закрытых объёмах;
- при организации тушения резервуаров газом необходима подача хладона (газа), расположенного в емкостях на плавающей крыше в кольцевой зазор и подачей низкократной пленкообразующей пены в слой горючего [10];
- при проектировании автоматизированных установок тактового налива светлых нефтепродуктов в железнодорожные цистерны для противопожарной защиты этих цистерн в зоне налива должна быть предусмотрена автоматическая стационарная система газового (например: углекислый газ, азот или др. нейтральный газ) тушения с поступлением огнетушащего вещества непосредственно в горловину цистерны на слой нефтепродукта при закрытой герметичной крышке;
- для тушения резервуаров с нефтью и нефтепродуктами объёмом до 10000 м<sup>3</sup> включительно, железнодорожных, автомобильных эстакад, технологического оборудования допускается применять установки газового пожаротушения, оснащенные модулем изотермическим для жидкой двуокиси углерода [1];
- инерционность стационарной системы газового пожаротушения не должна превышать 90 с. [1].

Специфика газопорошкового тушения на складах нефти и нефтепродуктов:

- газопорошковое пожаротушение, также как и газовое, эффективно только в закрытых объёмах;
- для тушения вертикальных стальных резервуаров с нефтью и нефтепродуктами емкостью до 10000 м<sup>3</sup> включительно допускается применять автоматические системы газопорошкового пожаротушения [1];
- для тушения горения проливов в обваловании и межсвайном пространстве под резервуаром, локальных очагов горения на задвижках, фланцевых соединениях, в зазоре между стенкой резервуара и плавающей крышей допускается применение огнетушащих порошковых составов [10];
- порошки не обладают охлаждающим действием, поэтому после тушения пламени возможно повторное воспламенение горючего, чтобы это предотвратить, целесообразно применять комбинированные методы тушения, сочетая подачу порошков с подачей пенных средств: основное тушение пеной с дотушиванием порошком отдельных очагов горения [10];
- инерционность стационарной системы порошкового пожаротушения не должна превышать 30 с. [1].

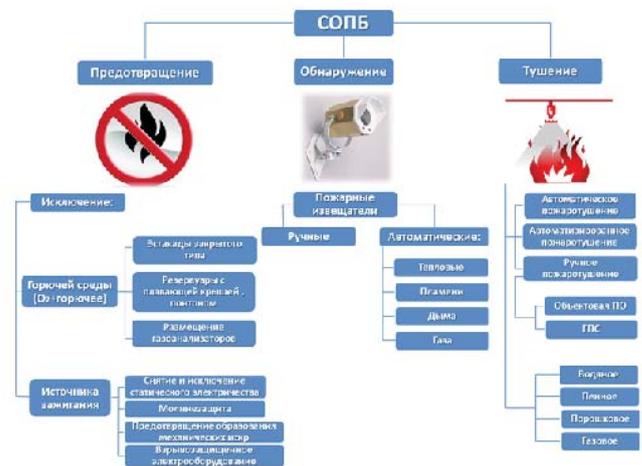


Рис. 2 – структурная схема системы обеспечения пожарной безопасности складов нефти и нефтепродуктов

По анализу СОПБ складов нефти и нефтепродуктов были получены следующие выводы:

1. Отсутствует единый нормативно – правовой акт, в котором бы полностью были отражены требования к системе обеспечения пожарной безопасности складов нефти и нефтепродуктов. На данный момент эти вопросы регламентиру-

ет ряд документов [1;4;7;8;9;11;12]. Которые в свою очередь имеют различную ведомственную принадлежность, различный юридический статус. Многие требования в данных документах дублируются, а некоторые содержатся только лишь в одном. Исходя из этого, чтобы полностью собрать мозаику системы обеспечения пожарной безопасности, необходимо проработать талмуд из документов и из каждого выбрать фрагментарно, прописанное лишь в нем требование по обеспечению пожарной безопасности.

2. У автоматических установок пожаротушения, монтируемых на объектах складов нефти и нефтепродуктов, довольно большое время инерционности, нормируемое регламентирующими документами:
  - автоматические установки пенного пожаротушения 180 с.;
  - автоматические установки газового пожаротушения 90 с.;
  - автоматические установки порошкового пожаротушения 30 с. [1].

Время инерционности автоматических установок пожаротушения не должно превышать предельно допустимое время свободного горения (далее ПДВГ). ПДВГ – время на пожаре, до истечения которого подача огнетушащего вещества обеспечивает его эффективное тушение. Для расчета ПДВГ воспользуемся формулой, предложенной А.И. Веселовым и Л.М Мешманом для проектирования автоматической пожаровзрывозащиты предприятий нефтехимической промышленности:

$$t_{\text{ПДВГ}} = \sqrt{\frac{F_{\text{Пож.}}}{\pi \times V_{\text{л}}^2}}, \text{ с.};$$

где  $F_{\text{Пож.}}$  – расчетная площадь пожара;

$V_{\text{л}}$  –линейная скорость распространения пожара.

Для расчета в качестве  $F_{\text{Пож.}}$  возьмем площади зеркал жидкости всех резервуаров, на которые, согласно требованиям источника [1], должны быть установлены автоматические стационарные установки пожаротушения. В качестве  $V_{\text{л}} = 0,45$  м/с возьмём скорость распространения пламени по бензину, так как по статистике 53,9% пожаров на резервуарных парках складов нефти и нефтепродуктов происходит на резервуарах по хранению бензина. Подставив значения, получаем ПДВГ, согласно таблице 2.

**Таблица 2 Значения ПДВГ, в зависимости от объёма резервуара, согласно ГОСТ 31385–2016**

№ п/п	Тип резервуара	Площадь зеркала горения, м <sup>2</sup>	ПДВГ, с
1.	РВС-50001	408	25
2.	РВС-50002	344	23
3.	РВС-100001	918	37
4.	РВС-100002	637	31
5.	РВС-15000	1250	44
6.	РВС-15000	918	38
7.	РВС-20000	1632	50,5
8.	РВС-20000	1250	44
9.	РВС-30000	1764	53
10.	РВС-30000	1632	51
11.	РВС-50000	2892	67

Сопоставив полученные ПДВГ с временем инерционности автоматических систем пожаротушения, монтируемых на резервуарах, можно заключить следующее: до истечения ПДВГ пожар можно ликвидировать только автоматической порошковой стационарной системой пожаротушения на резервуарах вместимостью более 5000 м<sup>3</sup>, которая ввиду низкой пожаротушащей эффективности, в сравнении с установками использующими в качестве огнетушащего реагента пену, не получила широкого распространения. Таким образом, в большинстве случаев возникновения пожара на резервуарах по хранению углеводородов до момента запуска установки пожаротушения пожар перейдет в развитую фазу, что усложнит его тушение или вообще выведет из строя взрывом или опасными факторами пожара стационарную установку тушения. Что подтверждается выводами ряда исследований [10;13;14]: лишь 19 % пожаров от общего количества на объектах нефтяной промышленности было ликвидировано стационарными установками пожаротушения. Данная проблема частично решена использованием систем стационарного пенного пожаротушения с подслоиным способом введения пены. Отличительной особенностью данной системы является то, что приборы подачи пены монтируется в нижнем поясе резервуара под слоем углеводорода. Такая дислокация приборов обеспечивает их сохранность от опасных факторов пожара и работоспособность на протяжении всего времени пожара. Но пожарные извещатели, которые приводят систему пожаротушения в действие, остаются размещенными в верхнем поясе резервуара, что подвергает их воздействию опасными факторами пожара. Но не маловажный недостаток подслоиного способа тушения – неприменимость для резервуаров по хранению масел и мазутов [1].

Полученные результаты могут быть использованы при разработке мероприятий по повышению качества обеспечения пожарной безопасности на объектах нефтяной промышленности. В дальнейшем целесообразно провести исследование, как на практике реализована СОПБ складов нефти и нефтепродуктов.

### Литература

1. СП 155.13130.2014 «Свод правил склады нефти и нефтепродуктов требования пожарной безопасности». (утв. приказом МЧС России от 26.12.2013 № 837).
2. ГОСТ 17032–2010 «Резервуары стальные горизонтальные для нефтепродуктов. Технические условия». — 2012–01–01. — Москва Стандартинформ, 2010. — 16 с.
3. ГОСТ 31385–2016 «Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия». — 2017–03–01. — Москва Стандартинформ, 2016. — 96 с.
4. Приказ Ростехнадзора от 26.12.2012 № 777 «Об утверждении Руководства по безопасности для нефтебаз и складов нефтепродуктов».
5. Петрова Н. В. Анализ практики экспертного исследования пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов/ Н. В. Петрова; И. Д. Чешко; М. А. Галишев // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». — 2016. — №7. — С. 40.
6. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
7. Сливоналивные эстакады для легковоспламеняющихся, горючих жидкостей и сжиженных углеводородных газов. Требования пожарной безопасности. Рекомендации ФГУ ВНИИПО МЧС России МОСКВА 2007. (Согласованы письмом Управления ГПН МЧС России от 11 мая 2007 г. № 19-2-1831).
8. ГОСТ Р 53325–2012 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний». — 2014–01–01. — Москва Стандартинформ, 2012. — 270 с.
9. СП 5.13130.2009. «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования». (утв. приказом МЧС РФ от 25 марта 2009 г. N 175).
10. Шароварников А. Ф. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов/ А. Ф. Шароварников [и др.]. // М: ИД "Калан", 2002. — 448 с.
11. ГОСТ Р 53280.2–2010 Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 2. Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования и методы испытаний (с Изменением N 1). — 2010–07–01. — Москва Стандартинформ, 2010. — 17 с.
12. Приказ МЧС РФ от 18.06.2003 г. № 315 «Об утверждении норм пожарной безопасности «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией» (НПБ 110-03)».
13. Комплексный анализ обстановки с пожарами, произошедшими в Российской Федерации в 2005-2014 гг. — М : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2015. — 923 с.
14. Мамонтов А.С. Система тушения пожаров в нефтехранилищах подслоной подачей пены/ А.С. Мамонтов, А.С. Голик. // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. — 2013. — № 1.2 — С. 73–76.
15. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. (утв. ГУГПС МВД РФ 12.12.1999).