МЧС РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Уральский институт Государственной противопожарной службы
Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны,
чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

Кафедра пожаротушения и аварийно-спасательных работ
(в составе учебно-научного комплекса пожаротушения и проведения
аварийно-спасательных работ)

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА

**Методические рекомендации по выполнению
контрольной работы № 2**

**Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность
(уровень специалитета)**

Екатеринбург 2024

Пожарная тактика [Текст] : методические рекомендации по выполнению контрольной работы № 2. Специальность 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета). / С. И. Осипенко. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2024. – 71 с.

Автор-составитель:

Осипенко С.И., старший преподаватель кафедры пожаротушения и аварийно-спасательных работ ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России;

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы № 2 предназначены для обучаемых по очной и заочной формам обучения ФГБОУ ВО УрИ ГПС МЧС России.

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы № 1 обсуждены и одобрены на заседании кафедры ПиАСР

Протокол №16 от 17.06.2024 г.

Содержание

Введение	4
Термины и определения	5
Классификация резервуаров и резервуарных парков	8
Возникновение и развитие пожаров в резервуарах и резервуарных парках	15
Огнетушащие вещества и способы тушения	22
Тушение пожаров в резервуарах и резервуарных парках	30
Прогнозирование возможной обстановки	43
Правила по охране труда	52
Характеристики пеногенерирующей аппаратуры и техники для получения пены	56
Исходные данные для расчета сил и средств тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах	62
Примеры расчета сил и средств	65

ВВЕДЕНИЕ

Сырьевая база нефтяной отрасли Российской федерации по разведанным и предварительно оцененным запасам является одной из крупнейших в мире. Для поддержания и развития отрасли в производственном отношении осуществляются такие общие задачи как поиск, разведка нефтяных месторождений, добыча нефти, ее переработка, транспортировка трубопроводным, автомобильным, железнодорожным и водным транспортом с перевалкой (погрузо-разгрузочными работами), бункеровкой (заправкой), хранением, а также реализацией нефти и нефтепродуктов. В результате несовершенства технологий, других объективных и субъективных причин на всех этапах операций с нефтью и нефтепродуктами происходят отдельные аварии.

Организация тушения нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках основана на оценке возможных вариантов возникновения и развития пожара. Пожары в резервуарах характеризуются сложными процессами развития, как правило, носят затяжной характер и требуют привлечения большого количества сил и средств для их ликвидации.

Основным средством тушения пожаров в резервуарах является пена средней и низкой кратности, подаваемая на поверхность горючей жидкости, допускается применение подслойного способа подачи пены, а также других способов и средств тушения пожаров в резервуарах, обоснованных результатами научно-исследовательских работ и согласованных в установленном порядке. Для тушения нефти и нефтепродуктов применяются отечественные и зарубежные пеногенераторы и пенообразователи, прошедшие сертификацию и имеющие рекомендации по их применению и хранению.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Резервуарный парк - группа (группы) резервуаров, предназначенных для хранения нефти и нефтепродуктов и размещенных на участке территории, ограниченной по периметру обвалованием или ограждающей стенкой при наземных резервуарах и дорогами или противопожарными проездами при подземных (заглубленных в грунт или обсыпанных грунтом) резервуарах, установленных в котлованах или выемках.

Интенсивность подачи огнетушащего вещества - количество огнетушащего вещества, подаваемого на единицу площади (объема) в единицу времени.

Нормативная интенсивность подачи огнетушащего вещества (пены) - интенсивность подачи огнетушащего вещества (пены), соответствующая требованиям нормативной документации.

Охлаждение резервуара - подача воды на орошение резервуара стационарными системами охлаждения или пожарными стволами от передвижной пожарной техники, водопровода высокого давления.

Линейная скорость выгорания - изменение высоты слоя горючей жидкости в единицу времени в процессе выгорания.

Линейная скорость прогрева - изменение толщины гомотермического слоя в единицу времени.

«Карман» - объем, в котором горение и прогрев жидкости, а также тепломассообмен при подаче воздушно-механической пены происходит независимо от остальной массы горючего в резервуаре.

Инертность пены - способность пены противостоять «загрязнению» горючей жидкостью в процессе прохождения ее через слой нефти или нефтепродукта либо при контакте с ним.

Биологически «мягкие» пенообразователи - пенообразователи, биоразлагаемость которых составляет более 80 %.

Биологически «жесткие» пенообразователи - пенообразователи, биоразлагаемость которых составляет не более 40 %.

Кратность пены - отношение объема пены к объему раствора пенообразователя, содержащегося в ней. В зависимости от величины кратности пену подразделяют:

- на пену низкой кратности (кратность не более 20);
- пену средней кратности (кратность от 20 до 200);
- пену высокой кратности (кратность более 200).

Время свободного развития пожара - интервал времени от момента возникновения пожара до момента подачи огнетушащих веществ.

Уровень взлива - высота открытой поверхности горючей жидкости в резервуаре относительно его основания.

Вскипание - процесс вспенивания горючей жидкости из-за присутствия в ней либо попадания в нее капель воды, которые испаряются в прогретом слое горючего. При этом возможно увеличение объема прогретого слоя жидкости в 4-5 раз.

Выброс - интенсивный поток горючей жидкости из резервуара в результате механического вытеснения ее паром, образованным при вскипании донной воды.

Гомотермический (прогретый) слой - толщина слоя нефти или нефтепродукта, прогретого в результате горения жидкости в резервуаре до температуры кипения или близкой к ней.

Гидродинамическая волна - мощный поток нефти или нефтепродукта, образующийся при разрыве (раскрытии) стенки резервуара.

Подслойное тушение пожара в резервуаре - способ тушения пожара нефти и нефтепродуктов в резервуаре подачей низкократной пленкообразующей пены в основание резервуара (непосредственно в слой горючего).

Система автоматического пенного пожаротушения - включает резервуары для воды и пенообразователя, насосную станцию, подводящие растворопроводы с пожарными гидрантами, узлы управления, а также установленные на резервуарах и в зданиях генераторы пены с питающими и

распределительными трубопроводами для подачи раствора пенообразователя к этим генераторам, средства автоматизации.

Система подслойного тушения пожара в резервуаре - комплекс устройств, оборудования и фторсодержащего пленкообразующего пенообразователя, предназначенного для подслойного тушения пожара нефти и нефтепродуктов в резервуаре.

Склады нефти и нефтепродуктов - комплекс зданий, резервуаров и других сооружений, предназначенных для приема, хранения и выдачи нефти и нефтепродуктов. К складам нефти и нефтепродуктов относятся: предприятия по обеспечению нефтепродуктами (нефтебазы); резервуарные парки и наливные станции магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов; товарносырьевые парки центральных пунктов сбора нефтяных месторождений, нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий; склады нефтепродуктов, входящие в состав промышленных, транспортных, энергетических, сельскохозяйственных, строительных и других предприятий и организаций (расходные склады).

Эстакада железнодорожная сливоналивная - сооружение у специальных железнодорожных путей, оборудованное сливоналивными устройствами, обеспечивающее выполнение операций по сливу нефти и нефтепродуктов из железнодорожных цистерн или их наливу. По конструктивному исполнению эстакады могут быть односторонними, обеспечивающими слив (налив) на одном железнодорожном пути, или двухсторонними, обеспечивающими слив (налив) на двух параллельных железнодорожных путях, расположенных по обе стороны от эстакады.

Эстакада автомобильная сливоналивная - сооружение, находящееся возле автодороги, оборудованное сливо-наливными устройствами, обеспечивающее выполнение операций по сливу или наливу нефтепродуктов в автомобильные цистерны.

КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЗЕРВУАРОВ И РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ

Для хранения нефти и нефтепродуктов в отечественной практике применяются резервуары металлические, железобетонные, из синтетических материалов, льдогрунтовые.

Наиболее распространены, как у нас в стране, так и за рубежом, стальные резервуары. В соответствии с требованиями документа применяются следующие типы стальных резервуаров:

– вертикальные цилиндрические со стационарной конической или сферической крышей вместимостью до 20 000 м^3 (при хранении ЛВЖ) и до 50 000 м^3 (при хранении ГЖ);

– вертикальные цилиндрические со стационарной крышей и плавающим понтоном вместимостью до 50 000 м^3;

– вертикальные цилиндрические с плавающей крышей вместимостью до 120 000 м^3.

Геометрические характеристики основных типов стальных вертикальных резервуаров приведены в табл. 1.

Стенки вертикальных стальных резервуаров состоят из металлических листов, как правило, размером 1,5х3 м или 1,5х6 м. Причем толщина нижнего пояса резервуара колеблется в пределах от 6 мм (РВС-1 000) до 25 мм (РВС-120 000) в зависимости от вместимости резервуара. Толщина верхнего пояса составляет от 4 до 10 мм. Верхний сварной шов с крышей резервуара выполняется ослабленным с целью предотвращения разрушения резервуара при взрыве паровоздушной смеси внутри замкнутого объема резервуара.

Для хранения относительно небольших количеств нефтепродуктов применяются горизонтальные стальные резервуары емкостью до 1000 м^3. Кроме стальных резервуаров в ряде случаев применяются также железобетонные.

В зависимости от назначения резервуары подразделяются на группы. К первой группе относятся резервуары, предназначенные для хранения

жидкостей при избыточном давлении до 0,07 МПа включительно и температуре до 120°С. Ко второй группе относятся резервуары, работающие под давлением более 0,07 МПа.

Резервуары могут устанавливаться подземно или наземно. Подземными называют резервуары, заглубленные в грунт или обсыпанные грунтом, когда наивысший уровень хранимой в нем жидкости находится не менее чем на 0,2 м ниже минимальной планировочной отметки прилегающей площадки, а также резервуары, имеющие обсыпку не менее чем на 0,2 м выше допустимого уровня нефтепродукта в резервуаре и шириной не менее 3 м. Наземными называют резервуары, у которых днище находится на одном уровне или выше минимальной планировочной отметки прилегающей площадки в пределах 3 м от стенки резервуара. В районах Крайнего Севера с вечной мерзлотой практикуется установка резервуаров на свайных основаниях.

Таблица 1

Геометрические характеристики резервуаров типа РВС

N п/п	Тип резервуара	Высота резервуара, м	Диаметр резервуара, м	Площадь зеркала горючего, $м^2$	Периметр резервуара, м
1.	РВС-1000	9	12	120	39
2.	РВС-2000	12	15	181	48
3.	РВС-3000	12	19	283	60
4.	РВС-5000	12	23	408	72
5.	РВС-5000	15	21	344	65
6.	РВС-10000	12	34	918	107
7.	РВС-10000	18	29	637	89
8.	РВС-15000	12	40	1250	126
9.	РВС-15000	18	34	918	107
10.	РВС-20000	12	46	1632	143
11.	РВС-20000	18	40	1250	125
12.	РВС-30000	18	46	1632	143
13.	РВС-50000	18	61	2892	190
14.	РВС-100000	18	85,3	5715	268
15.	РВС-120000	18	92,3	6691	290

Все резервуары оборудуются дыхательной арматурой для выравнивания давления внутри резервуара с окружающей средой при закачке или откачке нефти или нефтепродукта, приемно-отпускными устройствами, а

при необходимости, особенно при хранении нефти и темных нефтепродуктов, системами размыва донных отложений. Вентиляционные патрубки на резервуарах для нефтепродуктов с температурой вспышки менее 120°С оборудуются огневыми преградителями.

Приемно-отпускные устройства резервуаров для хранения светлых и темных нефтепродуктов могут отличаться по конструкции. В первом случае приемно-отпускное устройство состоит из приемно-отпускного патрубка, хлопуши, механизма управления хлопушей, который включает лебедку и трос, перепускное устройство и подводящий трубопровод. Во втором случае вместо хлопуши имеется подъемная труба, которая является продолжением приемно-отпускного патрубка и соединена с последним при помощи шарнира.

Хлопуша представляет собой металлическую заслонку, установленную на приемно-отпускном патрубке. Заслонка крепится на шарнире и перекрывает патрубок под действием собственной массы. Открытие заслонки происходит либо под давлением закачиваемой жидкости, либо с помощью механизма управления. Механизм управления состоит из троса и лебедки, которая может иметь ручной привод для трубопроводов малых диаметров (до 350 мм) или электрический во взрывобезопасном исполнении для трубопроводов диаметром свыше 350 мм. Давление открывания заслонки хлопуши определяется весом самой заслонки и гидростатическим давлением столба жидкости в резервуаре. Центр оси механизма управления хлопуши располагается обычно на 900 мм выше оси приемно-отпускного патрубка, на котором крепится хлопуша.

Резервуары, предназначенные для хранения вязких нефтепродуктов, часто оборудуются системами обогрева и покрываются теплоизоляционным негорючим материалом. В качестве теплоизоляционных материалов могут применяться кирпич, асбоцемент, шлаковата, пеностекло. Подогрев хранимой жидкости в резервуарах с помощью внутренних обогревателей производится насыщенным паром или горячей водой.

На крышах резервуаров кроме дыхательной арматуры размещаются также световые и технологические люки для проведения замеров и технического обслуживания, а на плавающих крышах, кроме того, устройства для удаления атмосферных осадков через гибкий шланг или шарнирную трубу и подвижную лестницу.

Резервуарные парки для хранения нефти и нефтепродуктов представляют собой сложные инженерно-технические сооружения и состоят из резервуаров, как правило, объединенных в группы, систем трубопроводов и других сооружений. Для сокращения потерь нефтепродуктов при их откачке и закачке группы резервуаров со стационарными крышами могут оборудоваться газоуравнительными системами. Эти системы представляют собой сеть газопроводов, соединяющих через огнепреградигели паровоздушные пространства резервуаров между собой. В газоуравнительную систему входят также газгольдер, сборник конденсата, насос для перекачки конденсата и конденсатопровод. Для отключения газового пространства отдельных резервуаров от общей сети имеются перекрывные вентили и задвижки на линиях газопроводов, отходящих от резервуаров.

Резервуары, в которых возможно образование донных отложений (осадков), ведущее к уменьшению их полезного объема, оборудуются системами гидроразмыва. Системы гидроразмыва донных отложений включают в себя: насосную установку для подачи воды в систему, зачистной трубопровод диаметром 150-300 мм к гидроэжекторной установке, гидроэжекторную установку, состоящую из эжектора, передвижной электропомпы и гидромониторов, трубопровод отвода парафиноводяной смеси.

Склады нефти и нефтепродуктов в зависимости от вместимости резервуарных парков и вместимости отдельных резервуаров делятся на следующие категории (табл. 2).

Единичный номинальный объем резервуаров, допустимая номинальная вместимость группы резервуаров и минимальное расстояние между резервуарами в одной группе определяются по документу и представлены в табл. 3.

Таблица 2

Категории складов для хранения нефти и нефтепродуктов

Категория склада	Максимальный объем одного резервуара, $м^3$	Общая вместимость резервуарного парка, $м^3$
I	-	Св.100 000
II	-	Св. 20 000 до 100 000 вкл.
IIIа	До 5000	Св. 10 000 до 20 000 вкл.
IIIб	До 2000	Св. 2000 до 10 000 вкл.
IIIв	До 700	До 2000 вкл.

Таблица 3

Основные характеристики групп резервуаров

Резервуары	Единичный номинальный объем резервуаров, устанавливаемых в группе, $м^3$	Вид хранимых нефти и нефтепродуктов	Допустимая общая номинальная вместимость группы, $м^3$	Минимальное расстояние между резервуарами, расположенными в одной группе
С плавающей крышей	50 000 и более	Независимо от вида жидкости	200 000	30 м
	Менее 50 000	Тоже	120 000	0,5D, но не более 30 м
С понтоном	50 000	Тоже	200 000	30 м
	Менее 50 000	То же	120 000	0,65D, но не более 30 м
Со стационарной крышей	50 000 и менее	Нефть и нефтепродукты с температурой вспышки выше 45°С	120 000	0,75D, но не более 30 м
Со стационарной крышей	50 000 и менее	То же, с температурой вспышки 45°С и ниже	80 000	0,75D, но не более 30 м

По назначению резервуарные парки могут быть подразделены на следующие виды:

– товарно-сырьевые базы для хранения нефти и нефтепродуктов;

– резервуарные парки перекачивающих станций нефте-и нефтепродуктопроводов;

– резервуарные парки хранения нефтепродуктов различных объектов.

Резервуарные парки первого вида характеризуются, как правило, значительными объемами хранимых жидкостей, а также тем, что в одной резервуарной группе хранятся нефтепродукты, близкие или одинаковые по составу и своим пожароопасным свойствам. В резервуарных парках второго вида все резервуары чаще всего имеют нефть или нефтепродукт одного вида.

Наземные резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов объемом 5000 м^3 и более оборудуются системами автоматического пожаротушения.

На складах категории IIIа при наличии не более двух наземных резервуаров объемом 5000 м^3 допускается предусматривать тушение пожара этих резервуаров передвижной пожарной техникой при условии оборудования резервуаров стационарно установленными генераторами пены и сухими трубопроводами (с соединительными головками для присоединения пожарной техники и заглушками), выведенными за обвалование.

Стационарными установками охлаждения оборудуются наземные резервуары объемом 5000 м^3 и более.

В автоматических системах тушения пожаров в резервуарах применяется пена средней кратности с верхним способом подачи, а также пена низкой кратности с верхним или подслойным способом подачи. Автоматическая установка включает насосную станцию, в которой размещаются водопитатели (насосы), емкость с пенообразователем и дозатор. Насосная станция подает водный раствор пенообразователя по системе трубопроводов к защищаемым резервуарам. Сеть растворопроводов выполняется кольцевой

и располагается за пределами обвалования резервуаров вдоль автомобильных дорог и пожарных проездов.

Резервуары со стационарной крышей без понтона защищаются стационарными и передвижными установками пожаротушения:

– с подачей пены средней кратности на поверхность топлива;

– подачей низкократной пены сверху;

– подачей низкократной пены в нижнюю часть резервуара, как непосредственно в нефтепродукт (подслойный способ), так и через эластичный рукав с выходом на поверхность горючего.

Резервуары с понтоном и стационарной крышей защищаются стационарными и передвижными установками:

– с подачей пены средней кратности в зазор и на поверхность понтона;

– подачей низкократной пены только сверху;

– подачей низкократной пены одновременно сверху и в слой горючего.

Резервуары с плавающей крышей защищаются стационарными и передвижными установками:

– с подачей пены средней кратности в кольцевой зазор между стенкой резервуара и краем плавающей крыши;

– подачей низкократной пены одновременно сверху в кольцевой зазор между стенкой резервуара и краем плавающей крыши и в слой горючего;

– подачей хладона (газа), расположенного в емкостях на плавающей крыше в кольцевой зазор и подачей низкократной пленкообразующей пены в слой горючего.

Тип и число пеногенераторов, устанавливаемых на резервуарах, зависят от способа подачи огнетушащего средства, типа горючей жидкости, конструкции и объема резервуара.

При расчете количества подаваемого раствора пенообразователя ширина кольцевого зазора должна приниматься равной расстоянию от стенки резервуара до кольцевого барьера, предназначенного для удержания пены (рекомендуется принимать равной 2,5 м).

ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВУАРАХ И РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ

Возникновение пожара в резервуаре зависит от следующих факторов: наличия источника зажигания, свойств горючей жидкости, конструктивных особенностей резервуара, наличия взрывоопасных концентраций внутри и снаружи резервуара.

Пожар в резервуаре в большинстве случаев начинается со взрыва паровоздушной смеси. На образование взрывоопасных концентраций внутри резервуаров оказывают существенное влияние физико-химические свойства хранимых нефти и нефтепродуктов, конструкция резервуара, технологические режимы эксплуатации, а также климатические и метеорологические условия. Взрыв в резервуаре приводит к подрыву (реже срыву) крыши с последующим горением на всей поверхности горючей жидкости. При этом даже в начальной стадии, горение нефти и нефтепродуктов в резервуаре может сопровождаться мощным тепловым излучением в окружающую среду, а высота светящейся части пламени составлять 1-2 диаметра горящего резервуара. Отклонение факела пламени от вертикальной оси при скорости ветра около 4 м • $с^{-1}$, составляет 60-70°.

Факельное горение может возникнуть на дыхательной арматуре, местах соединения пенных камер со стенками резервуара, других отверстиях или трещинах в крыше или стенке резервуара при концентрации паров нефтепродукта в резервуаре выше верхнего концентрационного предела распространения пламени (ВКПРП).

Если при факельном горении наблюдается черный дым и красное пламя, то это свидетельствует о высокой концентрации паров горючего в объеме резервуара, и опасность взрыва незначительная. Сине-зеленое факельное горение без дымообразования свидетельствует о том, что концентрация паров продукта в резервуаре близка к области воспламенения и существует реальная опасность взрыва.

На резервуаре с плавающей крышей возможно образование локальных очагов горения в зоне уплотняющего затвора, в местах скопления горючей жидкости на плавающей крыше.

При хранении нефти и нефтепродуктов в условиях низких температур возможно зависание понтонов или плавающей крыши при откачке продукта из резервуара, что может привести к падению их с последующим возникновением пожара.

Условиями для возникновения пожара в обваловании резервуаров являются: перелив хранимого продукта, нарушение герметичности резервуара, задвижек, фланцевых соединений, наличие пропитанной нефтепродуктом теплоизоляции на трубопроводах и резервуарах.

Развитие пожара

Дальнейшее развитие пожара зависит от места его возникновения, размеров начального очага горения, устойчивости конструкций резервуара, климатических и метеорологических условий, оперативности действий персонала объекта, работы систем противопожарной защиты, времени прибытия пожарных подразделений.

На основе анализа пожаров и аварий, происшедших как у нас в стране, так и за рубежом, а также материалов научных исследований пожары в резервуарах и резервуарных парках могут развиваться по следующим вариантам (рис.1,2).

Пожары подразделяются на следующие уровни:

– первый (А) – возникновение и развитие пожара в одном резервуаре без влияния на соседние;

– второй (Б) – распространение пожара в пределах одной группы;

– третий (В) - развитие пожара с возможным разрушением горящего и соседних с ним резервуаров, переходом его на соседние группы резервуаров и за пределы резервуарного парка.

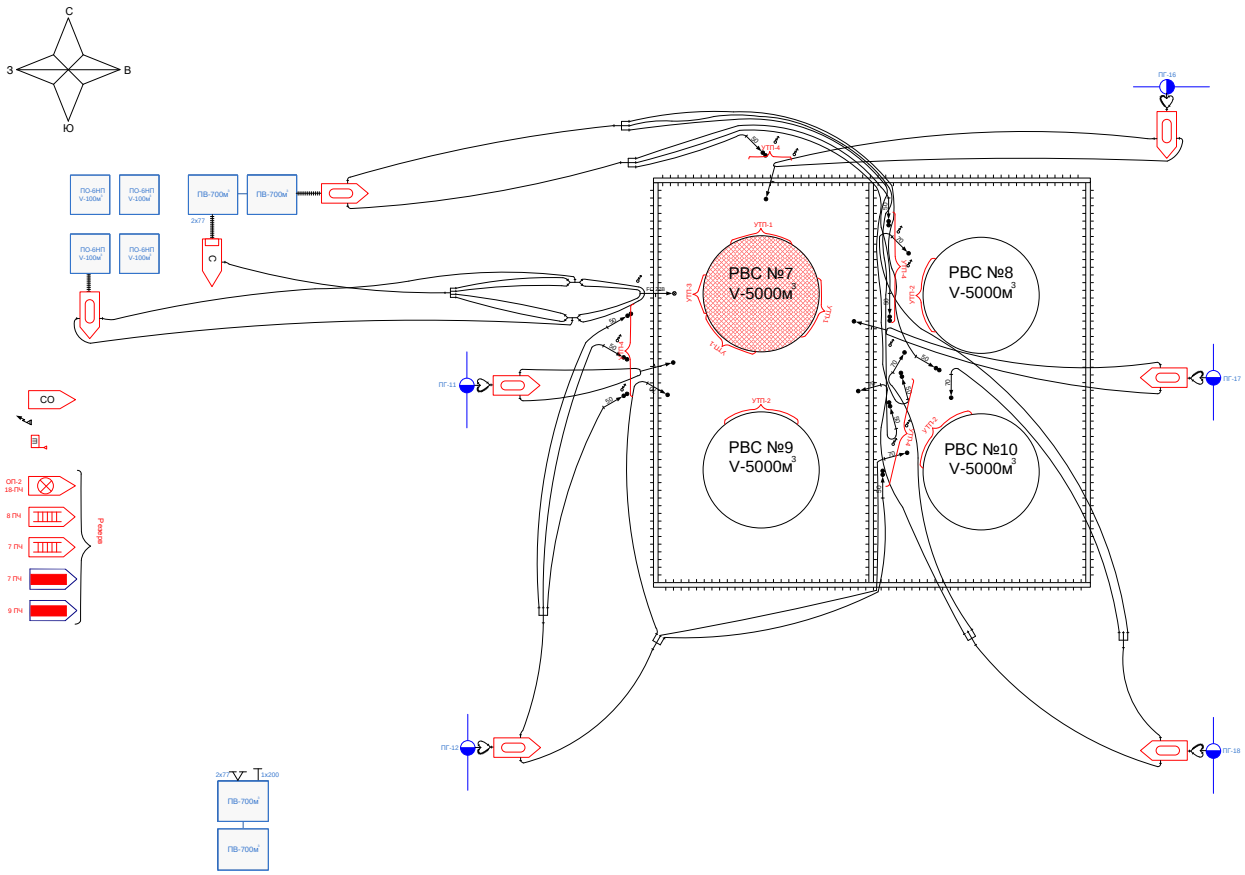


Рисунок 1 Пожар в резервуаре

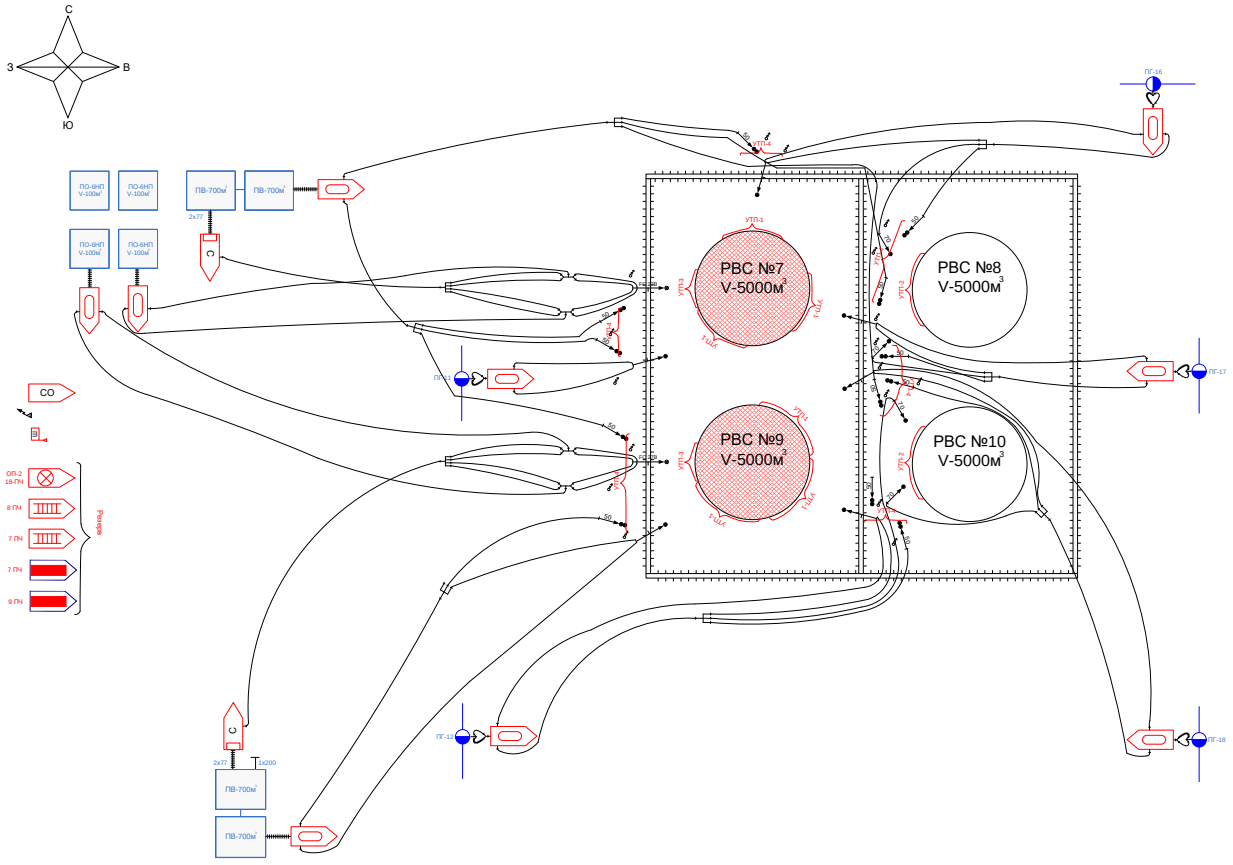


Рисунок 2 Пожар в группе резервуаров

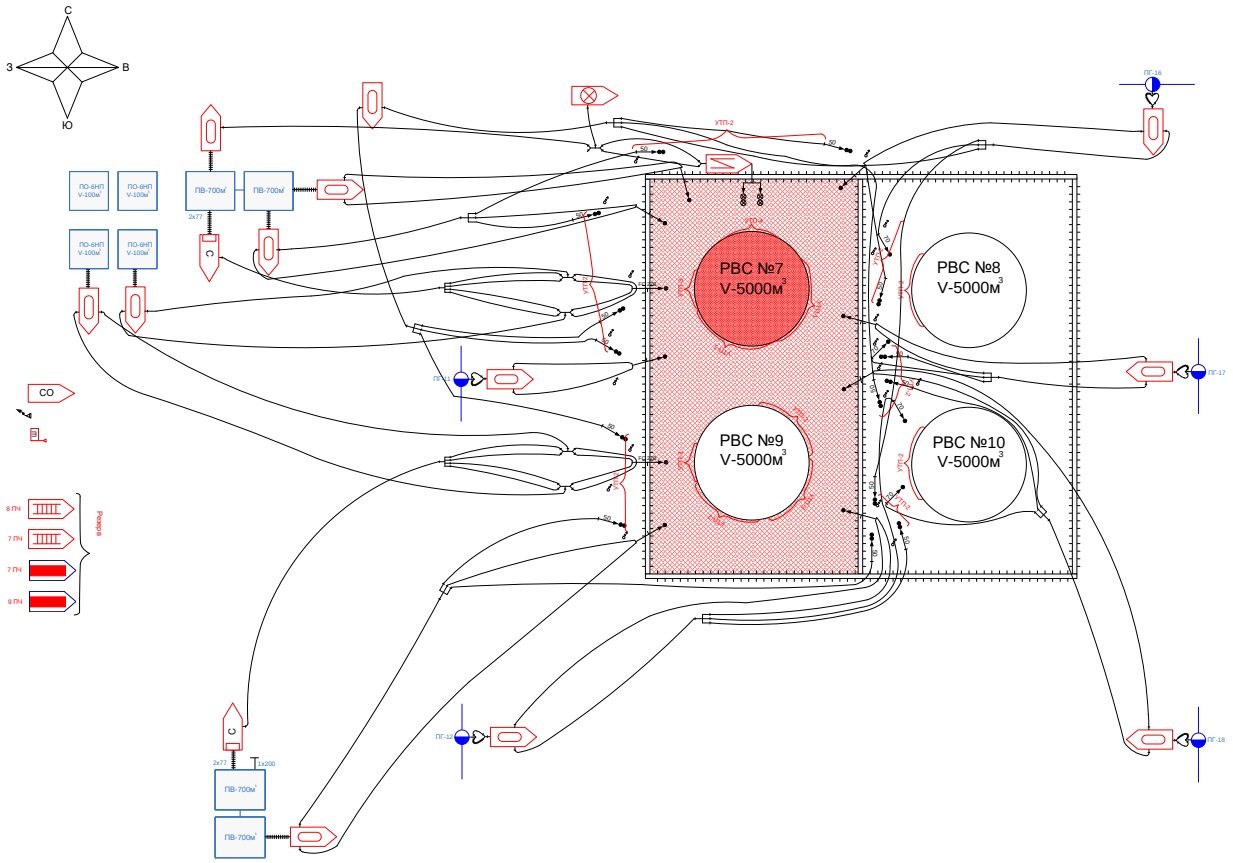


Рисунок 3 Пожар в обваловании

На резервуарах с плавающей крышей в результате теплового воздействия локального очага горения происходит разрушение герметизирующего затвора, а полная потеря плавучих свойств и затопление крыши в реальных условиях может произойти через один час.

При низком уровне нефтепродукта, когда горение происходит под понтоном или плавающей крышей, условия тушения пожара усложняются. Проникновению пены на свободную поверхность нефтепродукта препятствуют корпус понтона (плавающей крыши) и элементы герметизирующего затвора.

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

Развитие пожара в обваловании характеризуется скоростью распространения пламени по разлитому нефтепродукту, которая составляет

для жидкости, имеющей температуру ниже температуры вспышки, - 0,05 м • с-1 , а при температуре жидкости выше температуры вспышки - более 0,5 м • с-1. После 10-15 мин воздействия пламени происходит потеря несущей способности маршевых лестниц, выход из строя узлов управления коренными задвижками и хлопушами, разгерметизация фланцевых соединений, нарушение целостности конструкции резервуара, возможен взрыв в резервуаре.

Одним из наиболее важных параметров, характеризующих развитие пожара в резервуаре, является его тепловой режим. В зависимости от физико-химических свойств горючих жидкостей возможен различный характер распределения температур в объеме жидкости. При горении керосина, дизельного топлива, индивидуальных жидкостей значение температуры экспоненциально снижается от температуры кипения на поверхности до температуры хранения в глубинных слоях. Характер кривой распределения температуры горючей жидкости изменяется с увеличением времени горения.

При горении мазута, нефти, некоторых видов газового конденсата и бензина в горючем образуется прогретый до температуры кипения топлива гомотермический слой, увеличивающийся с течением времени.

Линейные скорости выгорания и прогрева нефти и нефтепродуктов во многом зависят от скорости ветра, обводненности продукта, характера обрушения крыши, организации охлаждения стенок резервуара. Значения скоростей выгорания и прогрева горючих жидкостей, необходимые для проведения расчетов, приведены в табл. 4.

С увеличением скорости ветра до 8-10 м • $с^{-1}$ скорость выгорания горючей жидкости возрастает на 30-50%. Сырая нефть и мазут, содержащие эмульсионную воду, могут выгорать с большей скоростью, чем указано в табл. 4.

Накопление тепловой энергии в горючем оказывает значительное влияние на увеличение расходов пенных средств. Кроме того, увеличение времени свободного развития пожара повышает опасность его

распространения на соседние резервуары, способствует образованию факторов, усложняющих тушение, создает угрозу вскипания, выброса.

Горение нефти и нефтепродуктов в резервуарах может сопровождаться вскипанием и выбросами. Вскипание горючей жидкости происходит из-за наличия в ней взвешенной воды, которая при прогреве горящей жидкости выше 100°С испаряется, вызывая вспенивание нефти или нефтепродукта. Вскипание может произойти примерно через 60 мин горения при содержании влаги в нефти (нефтепродукте) более 0,3 %. Вскипание также может произойти в начальный период пенной атаки при подаче пены на поверхность горючей жидкости с температурой кипения выше 100°С. Этот процесс характеризуется бурным горением вспенившейся массы продукта.

При горении жидкости на верхнем уровне взлива возможен перелив вспенившейся массы через борт резервуара, что создает угрозу людям, увеличивает опасность деформации стенок горящего резервуара и перехода огня на соседние резервуары и сооружения.

Таблица 4

Линейная скорость выгорания и прогрева углеводородных жидкостей

Наименование горючей жидкости	Линейная скорость выгорания, м • $ч^{-1}$	Линейная скорость прогрева горючего, м • $ч^{-1}$
Бензин	До 0,30	До 0,10
Керосин	До 0,25	До 0,10
Газовый конденсат	До 0,30	До 0,30
Дизельное топливо из газового конденсата	До 0,25	До 0,15
Смесь нефти и газового конденсата	До 0,20	До 0,40
Дизельное топливо	До 0,20	До 0,08
Нефть	До 0,15	До 0,40
Мазут	До 0,10	До 0,30

Выброс нефти и темных нефтепродуктов из горящего резервуара происходит при достижении поверхности слоя донной (подтоварной) воды гомотермическим (прогретым) слоем горючей жидкости. Этот слой, соприкасаясь с водой, нагревает ее до температуры значительно большей, чем температура кипения. При этом происходит бурное вскипание воды с

выделением большого количества пара, который выбрасывает находящуюся над слоем воды горящую жидкость за пределы резервуара.

Обычно выбросу предшествуют внешние признаки - усиление горения, изменение цвета пламени, усиление шума при горении, могут также наблюдаться отдельные потрескивания (хлопки), вибрация верхних поясов стенки резервуара. Как правило, выброс носит пульсирующий характер, причем интенсивность его, т. е. увеличение высоты и объема факела пламени, нарастает в самом процессе выброса. Толщина слоя донной (подтоварной) воды, как правило, на мощность выброса влияния не оказывает. Ориентировочное время наступления возможного выброса можно определить по формуле

$$T= (H - h) / (W+ u + V),$$

где T - время от начала пожара до ожидаемого момента наступления выброса, ч; H- начальная высота слоя горючей жидкости в резервуаре, м; h - высота слоя донной (подтоварной) воды, м; W - линейная скорость прогрева горючей жидкости, м • ч-1 (табл.4); u - линейная скорость выгорания горючей жидкости, м • ч-1 (табл. 4); V- линейная скорость понижения уровня вследствие откачки, м • ч-1 (если откачка не производится, то V= 0).

При затоплении плавающей крыши или понтона за величину H следует принимать высоту слоя продукта только над крышей или понтоном.

При пожаре в резервуаре возможно образование «карманов», которые значительно усложняют процесс тушения. «Карманы» могут иметь различную форму и площадь и образуются как на стадии возникновения в результате перекоса понтона, плавающей крыши, частичного обрушения крыши, так и в процессе развития пожара при деформации стенок.

Устойчивость горящего резервуара зависит от организации действий по его охлаждению. При отсутствии охлаждения горящего резервуара в течение 5-15 мин стенка резервуара деформируется до уровня взлива горючей жидкости.

ОГНЕТУШАЩИЕ ВЕЩЕСТВА И СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ

Основным средством тушения нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках является воздушно-механическая пена средней и низкой кратности.

Огнетушащее действие воздушно-механической пены заключается в изоляции поверхности горючего от факела пламени, снижении вследствие этого скорости испарения жидкости и сокращении количества горючих паров, поступающих в зону горения, а также в охлаждении горящей жидкости. Роль каждого из этих факторов в процессе тушения изменяется в зависимости от свойств горящей жидкости, качества пены и способа ее подачи.

При подаче пены одновременно происходит разрушение пены от факела пламени и нагретой поверхности горючего. Накапливающийся слой пены экранирует часть поверхности горючего от лучистого теплового потока пламени, уменьшает количество паров, поступающих в зону горения, снижает интенсивность горения. Одновременно выделяющийся из пены раствор пенообразователя охлаждает горючее. Кроме того, в процессе тушения в объеме горючего происходит конвективный тепломассообмен, в результате которого температура жидкости выравнивается по всему объему, за исключением «карманов», в которых тепломассообмен происходит независимо от основной массы жидкости.

Для современных резервуаров типа РВС выравнивание температуры по всему объему горящей жидкости при нормативной интенсивности подачи раствора пенообразователя происходит в течение 15 мин тушения при подаче пены сверху и в течение 10 мин при подаче под слой горючего. Это время необходимо принимать в качестве расчетного при определении запаса пенообразователя для тушения нефти и нефтепродуктов воздушно-механической пеной. Нормативный запас пенообразователя следует принимать из условия обеспечения трехкратного расхода раствора пенообразователя на один пожар.

Дальность растекания пены средней кратности по поверхности горючей жидкости обычно не превышает 25 м.

При подаче пены в нижний пояс резервуара, непосредственно в слой горючей жидкости (подслойный способ тушения пожара), используются пены низкой кратности, которые получают из фторсодержащих пленкообразующих пенообразователей. Применение фторсодержащих пенообразователей является необходимым условием, поскольку пена на их основе инертна к воздействию углеводородов в процессе длительного подъема пены на поверхность нефтепродукта. Применение пены, получаемой на основе обычных пенообразователей для подачи под слой горючей жидкости, недопустимо, так как при прохождении через слой горючей жидкости она насыщается парами углеводородов и теряет огнетушащую способность.

Быстрой изоляции горящей поверхности пеной способствуют саморастекающаяся из пены водная пленка раствора пенообразователя, имеющая поверхностное натяжение ниже натяжения горючей жидкости, а также конвективные потоки, которые направлены от места выхода пены к стенкам резервуара. В результате конвективного тепломассообмена снижается температура жидкости в прогретом слое до среднеобъемной. Вместе с тем интенсивные восходящие потоки жидкости приводят к образованию на поверхности локальных участков горения, в которых скорость движения жидкости достигает максимальных значений. Эти участки, приподнятые над остальной поверхностью и называемые «бурунами», играют важную роль в процессе тушения. Чем выше «бурун», тем больше пены необходимо накопить для покрытия всей поверхности горящей жидкости. Для снижения высоты «буруна» пена подается через пенные насадки с минимальной скоростью.

Пена, всплывающая на поверхность через слой горючего, способна обтекать затонувшие конструкции и растекаться по всей поверхности горючего. Значительное снижение интенсивности горения достигается через

90-120 с момента появления пены на поверхности. В это время наблюдаются отдельные очаги горения у разогретых металлических конструкций резервуара и в местах образования «бурунов». В дальнейшем, в течение 120-180 с происходит полное прекращение горения.

После прекращения подачи пены при полной ликвидации горения на всей поверхности горючей жидкости образуется устойчивый пенный слой толщиной до 10 см, который в течение 2-3 ч защищает поверхность горючей жидкости от повторного воспламенения.

Вода для приготовления раствора пенообразователя не должна содержать примесей нефтепродуктов.

Для приготовления раствора из отечественных пенообразователей в системах подслойного тушения запрещается использовать воду с жесткостью более 30 мг-экв • $л^{-1}$.

Использование оборотной воды для приготовления раствора пенообразователя не допускается.

Нормативные интенсивности подачи пенных средств

Нормативные интенсивности подачи раствора пенообразователя являются одним из наиболее важных показателей в расчете сил и средств, требуемых для тушения пожара в резервуаре, определения запаса пенообразователя.

Главными факторами, определяющими нормативную интенсивность подачи раствора пенообразователя, являются:

– физико-химические свойства горючего;

– физико-химические свойства пенообразователя и самой пены;

– условия горения и тепловой режим в зоне пожара к моменту начала пенной атаки;

– способ и условия подачи пены на тушение.

В табл. 5 и 6 приведены нормативные интенсивности подачи раствора пенообразователя для тушения нефти и нефтепродуктов в резервуарах.

Характеристики отечественных и зарубежных пенообразователей, имеющих сертификат соответствия, представлены в прил. 2.

При расчете сил и средств нормативная интенсивность выбирается по табл. 5 и 6 с учетом времени свободного развития пожара.

Нормативную интенсивность подачи раствора пенообразователя при подаче пены на поверхность горючей жидкости следует увеличивать в 1,5 раза при свободном развитии пожара от 3 до 6 ч; в 2 раза при свободном развитии пожара от 6 до 10 ч и в 2,5 раза при свободном развитии пожара более 10 ч.

Таблица 5

Нормативные интенсивности подачи пены средней кратности для тушения пожаров в резервуарах

№ п/п	Вид нефтепродукта	Нормативная интенсивность подачи раствора пенообразователя, л $м^2$ с'		
		Пенообразователи общего назначения	Пенообразователи целевого назначения	
		Углеводородные	Фторсодержащие	
			не пленкообразующие	пленкообразующие
1	Нефть и нефтепродукты с $Т_{всп}$ 28°С и ниже и ГЖ нагретые выше $Т_{всп}$	**0,08**	0,06	0,05
2	Нефть и нефтепродукты с $Т_{всп}$ более 28°С	**0,05**	0,05	0,04
3	Стабильный газовый конденсат	**-**	0,12	0,1
4	Бензин, керосин, дизельное топливо, полученные из газового конденсата	**0,15**		0,1

Таблица 6

Нормативная интенсивность подачи пены низкой кратности для тушения нефти и нефтепродуктов в резервуарах

Вид нефтепродукта	Нормативная интенсивность подачи раствора пенообразователя, л $м^2$ с'					
	Фторсодержащие пенообразователи "не пленкообразующие"		Фторсинтетические "пленкообразующие" пенообразователи		Фторпротеиновые "пленкообразующие" пенообразователи	
	на поверхность	в слой	на поверхность	в слой	на поверхность	в слой
Нефть и нефтепродукты с $Т_{всп}$ 28°С и ниже	0,08	-	0,07	0,10	0,07	0,10
Нефть и нефтепродукты с $Т_{всп}$ более 28°С	0,06	-	0,05	0,08	0,05	0,08
Стабильный газовый конденсат	0,12	-	0,10	0,14	0,10	0,14
Бензин, керосин, дизельное топливо, полученные из газового конденсата	0,08	0,12	0,08	0,10	0,08	0,10

При тушении пожаров горючих жидкостей в обваловании допускается применение пены низкой кратности, получаемой из синтетических пенообразователей общего и специального назначения. Нормативная интенсивность подачи раствора синтетического пенообразователя общего назначения должна составлять 0,15 л • $м^{-2}$ • $с^{-1}$.

Применение других веществ и способов пожаротушения

При тушении пожаров в резервуарах с вязкими и легкозастывающими продуктами (мазут, масла и нефть) возможно применение распыленной воды для охлаждения поверхностного слоя горящей жидкости до температуры ниже их температуры вспышки. Необходимым условием тушения распыленной водой является низкая среднеобъемная температура горючего (ниже температуры вспышки). Интенсивность подачи распыленной воды следует принимать 0,2 л • $с^{-1}$ • $м^{-2}$.

Для тушения 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 с интенсивностью подачи для нефти и нефтепродуктов 0,3 кг • $с^{-1}$ • $м^{-2}$, для газового конденсата -0,5 кг • $с^{-1}$ • $м^{-2}$. Главную роль в механизме тушения порошками играет ингибирование пламени. 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;

– основное тушение порошком небольших очагов горения, затем подача пены для предотвращения повторного воспламенения.

Интенсивность во всех случаях такая же, как и при индивидуальном использовании этих веществ.

Применение комбинированного метода тушения требует дополнительных сил и средств. Поэтому он целесообразен, как правило, в тех случаях, когда тушение одним огнетушащим веществом не достигается.

Основные характеристики огнетушащих порошков общего назначения.

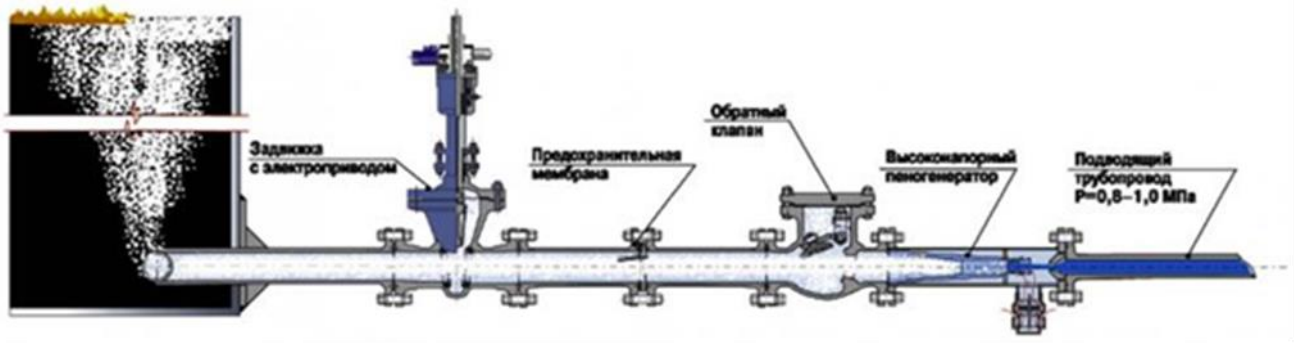
Наименование огнетушащего порошка	Основной состав порошка	Огнетушащая способность по ГОСТ 226952-86, кг- $м^2$
ПСБ-3М, ТУ 2149-017-10-968286-95	Бикарбонат натрия, белая сажа, нефелиновый концентрат	0,8
Пиранг А, ТУ 301-11-10-90	Фосфорно-аммонийные соли, слюда, белая сажа	0,8
ПХК, ТУ 10968286-06-94	Хлорид калия, гидрофобные добавки	1,0

Особенности тушения пожаров в резервуарах подслойным способом

Тушение пожара подачей пены в основание резервуара может быть осуществлено двумя способами. Первый заключается в подаче низкократной пены снизу на поверхность горящей жидкости через эластичный рукав,

который защищает пену от непосредственного контакта с нефтепродуктом. Такая защита пены необходима, поскольку для ее получения применяется обычный пенообразователь общего назначения. Второй способ - подача низкократной пены непосредственно в слой горючей жидкости - стал возможным после появления фторсодержащих пленкообразующих пенообразователей, пены которых инертны к нефти и нефтепродуктам. Он является более надежным и простым в исполнении.

Преимущество подслойного способа перед традиционным, где пену подают сверху, заключается в защищенности пеногенераторов и пеновводов от взрыва паровоздушной смеси. Важно, что при реализации подслойного способа личный состав пожарных подразделений и техника находятся за обвалованием и меньше подвергаются непосредственной опасности от выброса или вскипания горящей нефти.



При ликвидации пожаров в резервуарах, оборудованных системой подслойного тушения, подача пены низкой кратности осуществляется непосредственно в слой нефтепродукта через пенопроводы системы пожаротушения, находящиеся в нижней части резервуара, с помощью передвижной пожарной техники.

Система подслойного тушения включает протяженную линию трубопроводов для подачи пенообразующего раствора к пеногенераторам и далее низкократной пены по пенопроводам через стенку резервуара внутрь, непосредственно в нефтепродукт, через систему пенных насадков.

Тушение пожаров подачей пены в слой горючего возможно только при использовании специальных пенообразователей, обладающих инертностью к

нефтепродуктам и способных образовывать пленку на поверхности горючей жидкости.

Нормативные интенсивности подачи раствора пенообразователя выбираются в соответствии с табл. 6.

Пена низкой кратности образуется в высоконапорных пеногенераторах, устанавливаемых за обвалованием. Общий вид высоконапорного пеногенератора для подачи пены низкой кратности в слой горючего представлен на рис. 3.

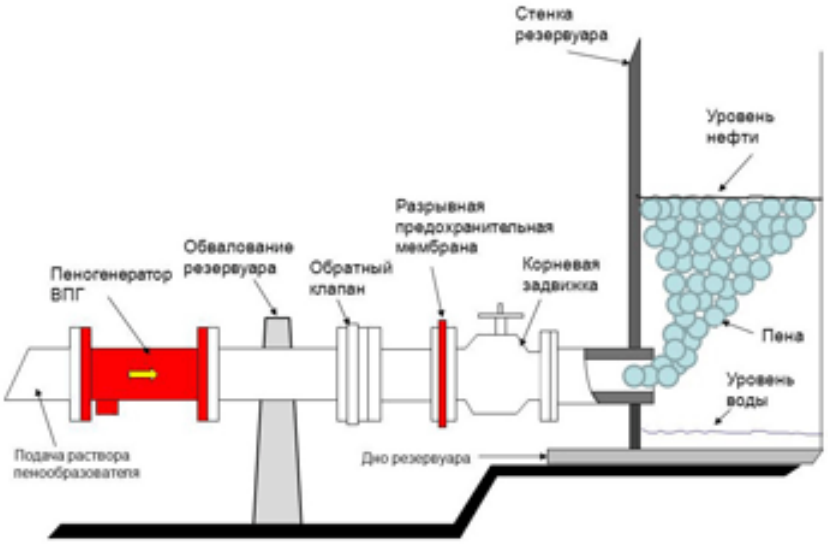


Рисунок 3. Общий вид высоконапорного пеногенератора

ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВУАРАХ И РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ

Управление действиями при тушении пожара предусматривает:

– оценку обстановки;

– определение компетенции оперативных должностных лиц и их персональной ответственности при выполнении поставленных задач;

– планирование действий по тушению пожара, в том числе определение необходимых сил и средств, принятие решений по организации действий;

– постановку задач перед участниками тушения пожара, обеспечение контроля и необходимого реагирования на изменение обстановки на пожаре;

– осуществление в установленном порядке учета изменения обстановки на пожаре, применения сил и средств для его тушения, а также регистрацию необходимой информации, в том числе диспетчером и с помощью технических средств нештатной службы управления гарнизона;

– проведение других мероприятий, направленных на обеспечение эффективности действий по тушению пожара.

Непосредственное руководство тушением пожара осуществляется руководителем тушения пожара (РТП), прибывшим на пожар старшим должностным лицом пожарной охраны (если иное не установлено другими документами). РТП на принципах единоначалия управляет личным составом, участвующим в боевых действиях по тушению пожара, а также привлеченными силами.

Указания РТП обязательны для исполнения должностными лицами и гражданами на территории, где осуществляются действия по тушению пожара.

Никто не вправе вмешиваться в действия РТП или отменять его распоряжения при тушении пожара.

В зависимости от вида пожара в резервуаре, имеющейся пожарной техники и ПТВ, средств пожаротушения, наличия и состояния стационарных систем пожаротушения РТП должен определиться со способом тушения пожара.

Пенная атака для тушения пожара в резервуаре должна осуществляться одним из следующих способов:

– подачей пены средней кратности с помощью пеноподъемников, техники, приспособленной для ее подачи, или стационарных пенокамер в случае их работоспособности;

– подачей пены низкой кратности на поверхность горючей жидкости с помощью мониторов;

– подачей пены низкой кратности в слой горючей жидкости (при наличии системы подслойного тушения).

Подготовку к пенной атаке необходимо проводить в короткие сроки. РТП лично контролирует места установки пожарной техники, ход подготовки пенной атаки, определяет места установки пеноподъемников, проверяет правильность расчетных данных для проведения пенной атаки.

Все операции по откачке нефтепродукта из горящего и соседних резервуаров должны проводиться только с разрешения администрации объекта и по согласованию с РТП.

Охлаждение резервуаров

Первоочередной задачей в действиях пожарных подразделений при тушении пожаров в резервуарах типа РВС является организация охлаждения горящего и соседних резервуаров с применением водяных стволов и (или) стационарных установок охлаждения.

Охлаждение горящего резервуара следует производить по всей длине окружности стенки резервуара, а соседних с ним - по длине полуокружности, обращенной к горящему резервуару. Допускается не охлаждать соседние с горящим резервуары в том случае, если угроза распространения на них пожара отсутствует.

Интенсивность подачи воды на охлаждение резервуаров принимается по табл. 7.

Таблица 7

Нормативные интенсивности подачи воды на охлаждение

Способ орошения	Интенсивности подачи воды на охлаждение, л•с$^{-1}$ на метр длины окружности резервуара типа РВС		
	горящего	не горящего соседнего	при пожаре в обваловании
Стволами от передвижной пожарной техники	**0,8**	**0,3**	**1,2**
Для колец орошения:			
при высоте РВС более12 м	0,75	0,3	1,1
при высоте РВС 12 м и менее	0,5	0,2	1,0

Первые стволы подаются на охлаждение горящего резервуара, а затем на охлаждение соседних, находящихся на удалении от горящего не более двух минимальных расстояний между резервуарами, с учетом направления ветра и теплового излучения. Для охлаждения горящего резервуара первые стволы необходимо подать на наветренный и подветренный участки стенки резервуара. Охлаждение резервуаров объемом 5000 м^3 и более целесообразно осуществлять лафетными стволами.

Охлаждение соседних резервуаров необходимо производить, начиная с того, который находится с подветренной стороны от горящего резервуара.

Необходимо предусмотреть один лафетный ствол для защиты дыхательной арматуры на соседнем резервуаре, находящемся с подветренной стороны от горящего.

Количество стволов определяется расчетом, исходя из интенсивности подачи воды на охлаждение (табл. 7), но не менее трех для горящего резервуара и не менее двух для негорящего.

При пожарах в подземных железобетонных резервуарах струями воды охлаждается дыхательная и другая арматура, установленная на крышах соседних железобетонных резервуаров.

При горении в обваловании охлаждение стенки резервуара, находящейся непосредственно в зоне воздействия пламени, осуществляется

из лафетных стволов. Кроме того, необходимо охлаждать узлы управления коренными задвижками, хлопушами, а также фланцевые соединения.

На затяжных пожарах для охлаждения горящего и соседних с ним резервуаров допускается использовать воду, скопившуюся в обваловании.

В период пенной атаки необходимо охлаждать всю поверхность нагревшихся стенок резервуара и более интенсивно в местах установки пеноподъемников. После того как интенсивность горения в резервуаре будет снижена, водяные струи следует направлять на стенки резервуара на уровне горящей в нем жидкости и несколько ниже этого уровня для охлаждения верхних слоев горючего. Охлаждать резервуары необходимо непрерывно до ликвидации пожара и их полного остывания.

Подготовка и проведение пенной атаки

Для подготовки пенной атаки необходимо:

– назначить из числа наиболее опытных лиц начальствующего состава начальника участка по подготовке и проведению пенной атаки;

– сосредоточить на месте пожара расчетное количество сил и средств. Запас пенообразователя и воды принимается трехкратным при расчетном времени тушения 15 мин - при подаче пены сверху и 10 мин - при подаче пены под слой горючего;

– собрать схему подачи пены;

– провести тщательную проверку собранной схемы подачи пены, опробовать работу техники;

– о начале и прекращении пенной атаки объявить по громкоговорящему устройству и продублировать по радиосвязи. Все сигналы на пожаре должны отличаться от сигнала на эвакуацию.

Подача пены средней или низкой кратности на поверхность горючей жидкости должна осуществляться с помощью пеноподъемников, стационарных пенокамер или пенных лафетных стволов. Подача огнетушащих веществ должна осуществляться преимущественно из-за обвалования.

При тушении пеной средней кратности необходимо установить пеноподьемник с расчетным количеством пеногенераторов с наветренной стороны, провести тщательную проверку собранной схемы подачи пены (стрела пеноподъемника с пеногенераторами должна находиться выше стенки резервуара не менее чем на 0,5 м), опробовать работу техники и визуально определить качество пены. Определение качества пены производится при отведенной гребенке с пеногенераторами в сторону от горящего резервуара. Если в течение 2-3 мин не получается качественной пены, следует выяснить причины и устранить их. Учитывая дальность растекания пены для тушения нефти и нефтепродуктов в резервуарах емкостью 10 000 $м^3$ и более.

Необходимо предусмотреть один лафетный или ручной ствол для защиты пеноподьемников с пеногенераторами при проведении пенной атаки.

При тушении нефти и нефтепродуктов пеной средней кратности в подземных железобетонных резервуарах количество пеногенераторов ГПС определяется из условия подачи пены с нормативной интенсивностью на всю площадь резервуара независимо от площади проемов, образующихся в его покрытии. Тушение отдельных очагов горения у колонн и в «карманах», образовавшихся при обрушении плит покрытия и стен, осуществлять с помощью водопенных стволов (ВПС). Количество ВПС определяет РТП, исходя из сложившейся на пожаре обстановки. Подача пены в горящий железобетонный резервуар должна производиться непосредственно от стенки резервуара с наветренной стороны.

При тушении пеной низкой кратности следует использовать пенные лафетные стволы или мониторы, устанавливаемые на обваловании или перед ним.

Тушение пожара в резервуарах с понтоном следует осуществлять как в резервуарах со стационарной крышей без понтона. Расчетная площадь горения принимается равной всей площади резервуара.

В резервуаре с плавающей крышей расчетная площадь горения и тактические приемы тушения определяются площадью пожара.

На резервуарах с плавающей крышей в начальной стадии пожара при горении нефти или нефтепродукта в зазоре между стенкой резервуара и краем плавающей крыши к тушению следует приступать немедленно, независимо от количества прибывших сил и средств. При этом пену следует подавать равномерно в кольцевое пространство между стенкой резервуара и барьером крыши. Для подачи пены могут быть использованы как стационарно установленные пеногенераторы, так и переносные пенные стволы. Последние необходимо подавать с площадок стационарных лестниц и обходных площадок, снабженных спасательными веревками, с наветренной стороны резервуара.

При развитии пожара за пределами кольцевого пространства тушение должно производиться как в обычных резервуарах со стационарной крышей. Расчетная площадь горения в этом случае принимается равной всей площади резервуара.

Тушение нефти и нефтепродуктов подслойным способом производится в резервуарах, оборудованных системой подслойного пожаротушения.

При использовании системы подслойного пожаротушения следует применять только фторированные пленкообразующие пенообразователи.

При тушении методом подачи пены под слой горючего РТП обязан:

– назначить расчеты личного состава и ответственных лиц из начальствующего состава для обеспечения работы и обслуживания системы подслойного тушения и пультов управления задвижками;

– проверить наличие жесткой опоры у пеногенераторов;

– при подаче пены в технологический трубопровод закрыть задвижки и обеспечить поступление пены в горящий резервуар.

При проведении пенной атаки необходимо:

– по команде РТП открыть задвижки на пенопроводах; на насосе пожарного автомобиля, подающего пенообразователь в напорную линию,

установить давление, превышающее давление воды на смесителе на 0,05-0,1 МПа; осуществить подачу пены всеми расчетными средствами непрерывно до полного прекращения горения;

– откачку нефтепродукта из горящего резервуара прекратить, если она до этого момента производилась.

Горение проливов продукта в обваловании резервуарного парка ликвидируется в первую очередь в местах расположения пенопроводов систем подслойного пожаротушения путем немедленной подачи огнетушащих веществ.

Пенную атаку необходимо проводить одновременно всеми расчетными средствами непрерывно до полного прекращения горения.

Для предупреждения повторного воспламенения нефти или нефтепродукта подачу пены в резервуар необходимо продолжать не менее 5 мин после прекращения горения.

Если в течение 15 мин при подаче пены сверху и 10 мин при подаче пены под слой горючей жидкости с начала пенной атаки интенсивность горения не снижается, то следует прекратить подачу пены и выяснить причины.

Тушение может быть не достигнуто из-за недостаточной интенсивности подачи раствора пенообразователя, а также плохого качества пены вследствие:

- низкого напора перед пенными стволами;

- засорения сеток или смесителей;

- недостаточной концентрации пенообразователя в растворе;

- расположения пенных стволов пеноподъемников в факеле пламени.

В случае продолжения пожара в резервуаре в закрытых для подачи пены зонах горение (по решению РТП) может быть ликвидировано с помощью ручных порошковых и пенных стволов, подаваемых через борт резервуара, или другими способами (подачей в «карман» инертных газов, водяного пара, воды аэрозольного распыла).

При тушении факельного горения на технологической арматуре или над отверстиями (щелями) резервуара следует применять пенные или водяные струи, подаваемые из лафетных стволов.

Горение нефтепродуктов в обваловании, межсвайном пространстве, фланцевых соединениях, на узлах управления задвижками следует ликвидировать с помощью лафетных или ручных стволов, мониторов.

Одновременно с администрацией объекта принимаются меры к прекращению истечения жидкости из резервуара или трубопроводов путем перекрытия ближайших к аварийному участку задвижек и хлопуш на резервуарах. Эффективным приемом для ликвидации горения жидкости, вытекающей из поврежденных задвижек и трубопроводов, является закачка воды (при наличии такой возможности) в поврежденный трубопровод.

В случае пожара в обваловании или при интенсивном обогреве соседних резервуаров целесообразно подать пену на поверхность горючей жидкости в них с помощью стационарных систем пожаротушения.

Тушение пожаров в резервуарах без подрыва стационарной крыши необходимо осуществлять с помощью стационарных пенных камер, установленных на резервуарах, или системы подслойного тушения (при ее наличии). При невозможности использования стационарных систем необходимо производить вырезку отверстий в стенке резервуара.

Специфика действий по тушению пожаров в резервуарах и резервуарных парках, как правило, зависит от условий возникновения и развития пожара, к которым относятся:

- образование «карманов», в которые не может быть подана пена;

- образование прогретого слоя горючей жидкости толщиной 1 м и более;

- низкая температура окружающей среды;

- горение в обваловании;

- одновременное горение двух и более резервуаров.

При наличии «карманов» необходимо провести специальные мероприятия, позволяющие обеспечить одновременную подачу огнетушащих средств как на открытую поверхность горючего, так и в область «кармана». Одним из способов обеспечения подачи пены в «карман» является проведение работ по вскрытию стенки горящего резервуара.

Перед началом работ по вскрытию стенки необходимо провести мероприятия, исключающие или значительно уменьшающие опасность выброса и вскипания. Прогретый слой может быть ликвидирован при подаче пены с нормативной интенсивностью в течение 5-10 мин, а также различными видами перемешивания.

Разлившийся в обваловании нефтепродукт, а также участок возле резервуара, где будут проводиться огневые работы, следует покрыть слоем пены; пенные стволы держать в постоянной готовности.

Нижняя кромка отверстия должна располагаться выше уровня горючей жидкости не менее чем на 1 м (это положение определяется визуально по степени деформации стенки, выгоранию слоя краски). Газорезчик должен быть одет в теплоотражательный костюм. Баллоны с кислородом и горючим газом устанавливаются за пределами обвалования и защищаются от теплового воздействия. Шланги для подачи кислорода и горючего газа защищаются с помощью распыленных водяных струй.

Пенную атаку необходимо проводить одновременно с подачей стволов как на открытую поверхность, так и в «карман».

В отдельных случаях можно ликвидировать «карманы» путем закачки нефтепродукта (воды, если горит светлый нефтепродукт) или откачки его с последующим тушением.

Тушение пожара при низком уровне нефти или нефтепродукта под понтоном или плавающей крышей, лежащих на стойках, может быть достигнуто одним из следующих способов:

- подачей пены на поверхность горючей жидкости через отверстия (окна), вырезанные в стенке резервуара под понтоном (плавающей крышей) выше уровня жидкости;

- закачкой нефти или нефтепродукта (воды, если горит светлый нефтепродукт) поднять уровень продукта выше опорных стоек и осуществить тушение в обычном порядке.

В отдельных случаях для тушения пожара в замкнутом объеме резервуара можно использовать пар, инертные газы, если существует возможность их подачи, в комбинации с охлаждающими средствами тушения.

При горении нескольких резервуаров и недостатке сил и средств для их одновременного тушения все имеющиеся силы и средства необходимо сосредоточить на тушении одного резервуара, расположенного с наветренной стороны, или того, который больше всего угрожает соседним негорящим резервуарам.

Тушение пожаров в резервуарах и резервуарных парках в условиях низких температур усложняется тем, что, как правило, увеличивается время сосредоточения достаточных сил и средств для проведения пенной атаки. Вода, подаваемая по рукавным линиям, интенсивно охлаждается и, достигая 0°С, кристаллизуется с отложением льда на стенках рукавной арматуры и рукавов. В результате уменьшения сечения рукавной линии возникает дополнительное сопротивление, что ведет к снижению расхода воды. Воздушно-механическая пена средней кратности в условиях низких температур малоподвижна, быстро замерзает, превращаясь в снежную пористую массу.

При тушении пожаров в условиях низких температур следует:

– применять пожарные стволы с большим расходом, исключить применение перекрывных стволов и стволов-распылителей;

– прокладывать линии из прорезиненных и латексных рукавов больших диаметров, рукавные разветвления и соединительные головки

рукавных линий утеплять или защищать от воздействия окружающей среды подручными средствами, в том числе снегом;

– определить места заправки горячей водой и при необходимости заправить ею цистерны;

– перед подачей пены или раствора пенообразователя в линию в момент начала пенной атаки ее необходимо прогреть до температуры выше 5°С, чтобы исключить возможное образование ледяных пробок или снижение расхода подаваемого раствора пенообразователя или пены вследствие уменьшения сечения подводящих линий. В качестве обогревателя можно использовать горячую воду.

Для обогрева насосов, расположенных в заднем отсеке, рекомендуется использовать горелки инфракрасного излучения.

Выезд и следование автомобилей ПНС-110 производить с работающим двигателем насосной установки. Для обогрева насосного отсека ПНС-110 в зимнее время необходимо устанавливать специальный кожух, по которому поток теплого воздуха направляется в насосный отсек, или вместо вентилятора, предусмотренного заводом-изготовителем, устанавливать вентилятор, позволяющий изменить направление потока воздуха от радиатора охлаждения в насосный отсек.

Вблизи места пожара целесообразно организовать пункты обогрева личного состава, чаще производить смену людей, обеспечивающих охлаждение резервуаров и работу техники.

Для отыскания крышек колодцев гидрантов, находящихся под снегом, рекомендуется использовать армейские миноискатели.

Для прокладки магистральных линий рекомендуется использовать выполненные из жести ящики с полозьями, в которых "гармошкой" уложены рукава.

Одним из наиболее важных вопросов, возникающих при тушении пожаров в условиях низких температур, является обеспечение бесперебойной подачи воды по рукавным линиям от водоисточника к очагу горения.

Вода, подаваемая по рукавным линиям, интенсивно охлаждается и, достигая 0°С, кристаллизуется с отложением льда на стенках рукавной арматуры и рукавов и образованием шуги в основном потоке внутри рукава. В результате уменьшения сечения рукавной линии возникает дополнительное сопротивление, что ведет к снижению расхода воды, а в отдельных случаях - к образованию ледяных пробок (промерзанию рукавов), и резко осложняет процесс тушения.

Предельная длина рукавной линии в условиях установившегося течения зависит от начальной температуры воды $t_{вн}$ на входе в рукавную линию, температуры окружающей среды t_a, и может быть рассчитана по формуле

$$L = \frac{p_в C_{рв} t_{вн} C_m}{d_н (t_{вн} - t_a)} \frac{1}{K} = 1{,}337 * 10^6 \frac{t_{вн} C_m}{d_н (t_{вн} - t_a)} \frac{1}{K}$$

где C_m- расход воды, л $с^{-1}$; $d_н$ - наружный диаметр рукава, мм; K- коэффициент теплопередачи, Вт • $м^{-2}$ • $К^{-1}$; рв - плотность жидкости, кг • $м^{-3}$; $С_{рв}$, - удельная теплоемкость жидкости, Дж • $кг^{-1}$ • $К^{-1}$.

Тушение темных нефтепродуктов, при горении которых образовался гомотермический (прогретый) слой значительной толщины, целесообразно осуществлять введением поочередно пенных стволов. Непосредственно перед пенной атакой территорию между пеноподъемниками и резервуаром покрыть слоем пены, а охлаждение горящего резервуара осуществлять из-за обвалования. Кроме того, принять меры по защите пеноподъемников и рукавных линий водяными струями.

При этом РТП необходимо выполнить условие безопасности, которое выражается как:

$$H_р > 3\ H_{пр},$$

где $H_р$ - высота свободной стенки резервуара, м; $H_{пр}$ - толщина прогретого слоя горючей жидкости, м.

Величина $H_{пр}$ определяется по формуле

$$H_{пр} = w\ т,$$

где w -линейная скорость прогрева горючего, м • $ч^{-1}$; т - время свободного горения, ч.

Несоблюдение этого условия может привести к переливу вспенившегося нефтепродукта через борт резервуара. В этом случае пену необходимо подавать из-за обвалования. При этом требуется обеспечить расчетное количество сил и средств для тушения пожара по площади обвалования.

Для предупреждения возможных выбросов при длительном горении нефти и темных нефтепродуктов необходимо принимать меры по удалению слоя донной (подтоварной) воды. Для этого могут быть использованы трубопроводы резервуара.

При угрозе выброса или вскипания на месте пожара сосредоточить необходимое количество бульдозеров, самосвалов, скреперов и другой необходимой техники.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОЙ ОБСТАНОВКИ

Разработка планов тушения пожара

На каждый объект хранения нефти и нефтепродуктов следует разрабатывать план тушения пожара с учетом действующих нормативных документов.

Расчет необходимых для ликвидации пожара сил и средств в плане тушения пожара проводится в трех вариантах.

Первый вариант (нормативный) предусматривает тушение пожара передвижной пожарной техникой:

- в наземных вертикальных резервуарах с понтоном или без него, с плавающей крышей и в подземных резервуарах по площади горизонтального сечения наибольшего резервуара;

- в горизонтальных резервуарах по площади резервуара в плане;

- для наземных резервуаров объемом до 400 $м^3$, расположенных на одной площадке, по площади в пределах обвалования этой группы, но не более 300 $м^2$.

Интенсивность подачи раствора пенообразователя для расчета сил и средств выбирается по табл. 6 или 7 с учетом времени свободного развития пожара.

Второй вариант предусматривает тушение пожара в резервуаре, на запорной арматуре и в обваловании одновременно. При локальном разрушении резервуара площадь растекания нефтепродукта определяется границами обвалования, а в случае полного разрушения - по формуле

$$F=K_a \cdot V_p,$$

где F - прогнозируемая площадь растекания нефтепродукта, $м^2$; K_a - коэффициент затопления, $м^2 \cdot м^{-3}$; V_p - объем хранимой жидкости в резервуаре, $м^3$.

Величина коэффициента затопления принимается в зависимости от расположения резервуара на местности: 5 - в низине или на ровной площадке; 12 - на возвышенности.

Третий вариант предусматривает тушение пожара в случае его распространения на другие резервуары. Для парка стальных наземных резервуаров этот вариант должен предусматривать вероятность горения всех резервуаров, находящихся в одном обваловании; для парка подземных резервуаров - исходя из особенностей парка и хранящихся жидкостей, но не менее одной трети резервуаров.

На каждый резервуар составляются схемы и таблицы с указанием мест установки пеноподъемников или пеномониторов, количества пенных стволов, требуемого запаса пенообразователя и воды.

Нормативный запас пенообразователя, воды и пеноподающая техника, как правило, должны находиться на территории объекта. В отдельных случаях, при наличии в городе или на объекте нескольких резервуарных парков, а также, если резервуарный парк оборудован стационарной системой пожаротушения, расчетный запас пенообразователя для тушения пожара передвижными средствами может находиться в другом месте, но при этом время их сосредоточения на месте пожара не должно превышать 1 ч с момента сообщения.

Определить требуемое количество и порядок привлечения для организации тушения пожаров грузовых автомобилей, самосвалов, бульдозеров, экскаваторов, поливочных автомобилей (для подвоза пенообразователя), а также другой техники. Эти вопросы должны быть согласованы с руководством предприятий, имеющих такую технику, и утверждены главой администрации города (населенного пункта или района).

При разработке планов тушения пожара необходимо определить максимально допустимое время ввода сил и средств для охлаждения соседних резервуаров.

Прогнозирование выполняют при разработке планов тушения пожара для оценки максимально допустимого времени ввода сил и средств и первоочередного охлаждения резервуаров, расположенных рядом с горящим, с целью предотвращения возможности взрыва в паровоздушном

пространстве или факельного горения паровоздушной смеси, выходящей из мест сообщения газового пространства облучаемого резервуара с атмосферой.

Результаты оценки справедливы для группы однотипных резервуаров при горении жидкости на всей свободной поверхности резервуара в условиях штиля.

Методика прогноза включает два этапа. На первом определяют максимально допустимое время введения сил и средств на охлаждение из условий предотвращения опасности нагрева элементов конструкции облучаемого резервуара выше температуры самовоспламенения паров нефтепродуктов. На втором этапе по взрывоопасности среды в облучаемом резервуаре определяют первоочередность введения стволов для охлаждения резервуаров, особенно при недостатке сил и средств начальной стадии пожара.

Резервуары подлежат охлаждению в зависимости от концентрации паров внутри в следующем порядке:

- в области взрывоопасных значений;

- ниже нижнего концентрационного предела распространения пламени;

- выше верхнего концентрационного предела распространения пламени.

При наличии систем подслойного тушения в планах тушения пожара должны быть предусмотрены схемы развертывания в зависимости от имеющейся пожарной техники.

Для устойчивой работы системы подслойного тушения необходимо использовать пожарные рукава, прошедшие испытания под давлением согласно действующим документам.

При недостатке в гарнизоне пожарной охраны сил и средств следует определить порядок привлечения сил и средств ближайших гарнизонов и опорных пунктов тушения пожаров, техники с других объектов, а при

необходимости - сил и средств пожарной охраны соседних субъектов Российской Федерации.

Корректировка планов тушения пожара в резервуарных парках должна проводиться ежегодно, а также при проведении реконструкции резервуарного парка, изменении численности объектовых пожарных частей и подразделений и их технического оснащения.

Подготовка личного состава

На теоретических занятиях личный состав знакомится с конструкцией резервуаров защищаемого объекта, основными свойствами хранимых продуктов, возможными видами пожаров в резервуарах и резервуарных парках и способами их тушения, мерами безопасности при ведении действий.

На практических занятиях личный состав отрабатывает действия по формированию навыков по сборке схем развертывания для проведения пенной атаки, взаимодействию участков тушения пожара, слаженности действий при развертывании и тушении пожара в резервуарах и резервуарных парках согласно имеющимся планом тушения пожара.

При проведении учений отрабатываются:

– действия персонала по своевременному сообщению о пожаре и функционированию служб объекта;

– своевременность сбора сил и средств и их взаимодействие;

– взаимодействие пожарной охраны со службами объекта и населенного пункта;

– схемы развертывания для проведения пенной атаки;

– взаимодействие с привлекаемыми подразделениями и формированиями;

– схемы расстановки пожарной техники;

– порядок работы оперативного штаба рожаротушения;

– действия личного состава на участках тушения пожара;

– действия по защите дыхательной и другой арматуры соседних резервуаров;

– действия пожарных и других лиц при подаче специальных сигналов;

– схемы подачи воды на охлаждение горящего и соседних с ним резервуаров;

– подготовка и проведение пенной атаки;

– действия по отводу воды из обвалования горящего резервуара и ее возможному использованию для охлаждения.

При наличии пожарных полигонов с резервуарами или их фрагментами ПТУ отрабатываются действия личного состава при реальном тушении горящего резервуара, обычно на его фрагменте, при этом можно давать различные вводные, учитывающие особенности тушения с усложняющими факторами.

Координация деятельности служб и постановка задач на проведение работ, связанных с ликвидацией пожара, возлагается до прибытия пожарных подразделений на администрацию объекта. После прибытия пожарных подразделений координация их деятельности возлагается на РТП и оперативный штаб пожаротушения, если иное не оговорено планом ликвидации аварии.

В планах указывается:

– система оповещения о возникшем пожаре и взаимном обмене информацией;

– состав и дислокация сил и средств, выделяемых участниками взаимодействия при получении сообщения при пожаре;

– порядок привлечения и организация связи между участниками взаимодействия;

– первоочередные действия каждого участника взаимодействия при получении сигнала о пожаре;

– особенности территории, дорог, водообеспечения;

– особенности технологических процессов промышленных и других предприятий, оказывающих влияние на обстановку на пожаре и его ликвидацию;

– организация материально-технического обеспечения тушения пожара и обеспечения аварийно-восстановительных работ для ликвидации последствий пожара;

– ответственность сторон-участников взаимодействия.

Отработку совместных действий с привлечением всех предполагаемых участников взаимодействия рекомендуется осуществлять в рамках проведения пожарно-тактических учений.

Методика расчета сил и средств при тушении пожаров в резервуарах и резервуарных парках

Соседними считаются резервуары, которые расположены от горящего в пределах двух нормативных разрывов. Нормативными являются разрывы, равные 0.75 диаметра большего резервуара со стационарными крышами из числа находящихся в группе, 0.5 диаметру – при наличии резервуаров с плавающими крышами и 0.65 диаметра – при наличии понтона.

Практически при пожарах в группе до четырех резервуаров охлаждению подлежат, кроме горящего, все соседние с ним емкости, а в группе из шести резервуаров, если гореть будет средний, охлаждать необходимо пять соседних, отстоящих в пределах нормативных расстояний (п.7,табл.6, СП 155.13130.2014) например 20 000 м^3 и более – 60 м., объемом до 20 000 м^3 – 40м.;

1. Количество стволов для охлаждения горящего резервуара

$$N_{\text{ст}} = \frac{P_p \bullet J_{\text{тр}}}{q_{\text{ст}}},$$

где $N_{\text{ст}}$ – количество стволов подаваемых на охлаждение резервуара,

$\text{P}_\text{р}$ – периметр горящего резервуара;

$J_{\text{тр}}$ – требуемая интенсивность подачи огнетушащего вещества, не менее 20 л/с (п.13.2.13, СП 155.13130.2014) Количество стволов определяется

расчетом, исходя из интенсивности подачи воды на охлаждение, но не менее трех для горящего и не менее двух для не горящего (Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках, 20.12.1999 г.).

$J_{\text{тр.}} = 0{,}8$ - для тушения окружности горящего резервуара, $J_{\text{тр.}} = 0{,}3$ - для охлаждения половины окружности соседнего резервуара табл.13, СП 155.13130.2014

$q_{\text{тр}} -$ требуемый расход подачи ствола;

2. Количество стволов для охлаждения соседнего резервуара

$$N_{\text{ст}} = \frac{0{,}5 \bullet P_p \bullet J_{\text{тр}}}{q_{\text{ст}}}$$

Где

$N_{\text{ст.}}$количество стволов подаваемых на охлаждение соседних резервуара,

$\text{P}_\text{р} -$ периметр горящего резервуара;

$J_{\text{тр}} -$ требуемая интенсивность подачи огнетушащего вещества, не менее 20 л/с

$J_{\text{тр}} = 0{,}3 -$ табл. 13, СП 155.13130.2014;

$q_{\text{тр}} -$; требуемый расход подачи огнетушащего вещества;

Расчет количества стволов для охлаждения соседних резервуаров производится отдельно для каждого

3.Количество стволов для тушения нефти по поверхности резервуара (зеркала):

$$N_{\text{пен ств}} = \frac{S_{\text{П}} \bullet J_{\text{тр.}}}{q_{\text{ГПС}}}$$

Согласно п.А.2, табл. А.1 СП 155.13130.2014:

Для ЛВЖ

$$t_{\text{всп}} \leq 28C^0, J_{\text{тр.}} = 0{,}08$$

Для ГЖ

$$t_{\text{всп}} > 28C^0, J_{\text{тр.}} = 0{,}05$$

4.Количество стволов для тушения нефти в обваловании резервуара:

$$N_{\text{пен ств}} = \frac{S_{\text{П}} \bullet J_{\text{тр.}}}{q_{\text{ГПС}}}$$

Согласно п.А.2, табл. А.1:

Для ЛВЖ

$$t_{\text{всп}} \leq 28C^0, J_{\text{тр.}} = 0{,}08$$

Для ГЖ

$$t_{\text{всп}} > 28C^0, J_{\text{тр.}} = 0{,}05$$

5. Количество стволов по охране труда

$$N_{\text{ст.}}^{\text{п.о.т.}} = \frac{N_{\text{ст}}^{\text{г}} + N_{\text{ст}}^{\text{с}}}{2}$$

6.Количество пенообразователя:

$$V_{\text{П.О.}}^{\text{общ}} = N_{\text{пен ств.}} \bullet q_{\text{ств.}}^{\text{П.О.}} \bullet \tau_{\text{р}} \bullet \text{К}_{\text{з}},$$

К=3;

$q_{\text{П.О.}}$-расход пенных стволов по пенообразователю;

$\tau_{\text{р}}$-расчетное время тушения 15 минут

7.Обеспеченность объекта водой.

Для успешного тушения пожара на резервуарном парке, на объекте должно выполняться условие $Q_{\text{сети}} \geq Q_{\text{факт}}$. Фактический расход определяется по формуле:

$$Q_{\text{факт.}} = N_{\text{ст.}}^{\text{охл.гор.рез.}} \bullet q_{\text{ст.}} + N_{\text{ст.}}^{\text{охл.сосед.рез.}} \bullet q_{\text{ст.}} + N_{\text{ст.}}^{\text{п.о.т.}} + N_{\text{гпс}} \bullet q_{\text{ст.}}^{\text{по воде}}$$

Определяем водоотдачу водопроводной сети:

$$Q_{\text{сети}} = (\frac{D}{25})^2 \bullet V_{\text{в.}}$$

где $V_{\text{в.}}$-скорость движения воды по трубам л/с(таблица 4.2 РТП)

8. Количество мобильных средств пожаротушения

$$N_{\text{МСП}} = \sum \frac{N_{\text{ств.л.}}}{1} + \sum \frac{N_{\text{ств.}}}{4} + \frac{N_{\text{п/под}}}{4} + N_{\text{АВ}} + N_{\text{Р}} + N_{\text{ПНС}}$$

9.Количество личного состава (с учетом резерва):

$$N_{\text{л/с}} = \left(N_{\text{л}} \bullet 2 + N_{\text{р}} \bullet 2\right) + 50\% + N_{\text{п/под}} + N_{\text{р}} + N_{\text{мсп}}$$

10.При использовании всех типов пеноподъемников необходимо определить максимальную длину рукавных линий для получения качественной пены. Предельное расстояние между водоисточником и местом установки пеноподъемника определяется по формуле:

$$L = \frac{16{,}7(H_h - h_{\text{ст}}) - z}{SQ^2}$$

где $H_н$ - напор на насосе, м; $h_{ст}$ - напор у пеногенераторов, м;

Z - высота подъема стволов, м; S - сопротивление одного напорного рукава длиной 20 м;

Q -подача воды (раствора пенообразователя), л • $с^{-1}$.

ПРАВИЛА ПО ОХРАНЕ ТРУДА

При тушении пожара необходимо обеспечить выполнение требований согласно Приказа Министерства труда и социальной защиты РФ № 1100н от 23 декабря 2014 г. «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы». Дополнительные меры безопасности должны быть предусмотрены в плане тушения пожара с учетом характерных особенностей объекта и развития пожара.

Перед началом развертывания руководитель тушения пожара обязан:

– выбрать и указать личному составу наиболее безопасные и кратчайшие пути прокладки рукавных линий, переноса оборудования и инвентаря;

– установить автомобили, оборудование и расположить личный состав на безопасном расстоянии с учетом возможного вскипания, выброса, разлития горящей жидкости и положения зоны задымления, а также, чтобы они не препятствовали расстановке прибывающих сил и средств. Избегать установки техники с подветренной стороны;

– установить единые сигналы для быстрого оповещения людей об опасности и известить о них весь личный состав, работающий на пожаре (аварии), и определить пути отходов в безопасное место. Сигнал на эвакуацию личного состава при возникновении угрозы разрушения резервуара, вскипания или выброса горючей жидкости из резервуара следует подавать с помощью сирены от пожарного автомобиля по приказу РТП или оперативного штаба пожаротушения. Сигнал на эвакуацию личного состава должен принципиально отличаться от всех других сигналов на пожаре;

– в целях обеспечения безопасности личного состава и техники при угрозе выброса устанавливать пожарные машины (за исключением техники, используемой для подачи огнетушащих веществ) с наветренной стороны не ближе 100 м от горящего резервуара;

– в процессе подготовки к тушению пожара назначить наблюдателей за поведением горящего и соседних с ним резервуаров;

При проведении развертывания запрещается:

– начинать его до полной остановки пожарного автомобиля;

– надевать на себя лямку присоединенного к рукавной линии пожарного ствола при подъеме на высоту;

– переносить инструмент, обращенный рабочими поверхностями (режущими, колющими) по ходу движения;

– поднимать на высоту рукавную линию, заполненную водой;

– подавать воду в рукавные линии до выхода ствольщиков на исходные позиции.

Не допускается пребывание личного состава:

– непосредственно не задействованного в тушении пожара в зоне возможного поражения при выбросе и вскипании;

– на кровлях аварийных или соседних резервуаров, если это не связано с крайней необходимостью;

– на покрытии горящего железобетонного резервуара.

Личный состав пожарной охраны, обеспечивающий подачу огнетушащих веществ на тушение и охлаждение резервуаров, должен работать в теплоотражательных костюмах, а при необходимости - под прикрытием распыленных водяных струй.

Подъем личного состава на крыши соседних с горящим наземных резервуаров и покрытия железобетонных заглубленных резервуаров не допускается. В исключительных случаях с разрешения оперативного штаба пожаротушения допускается пребывание на крышах резервуаров лиц, специально проинструктированных для выполнения работ по защите дыхательной и другой арматуры от теплового излучения.

При выполнении работ в зонах с повышенной тепловой радиацией необходимо предусмотреть своевременную замену личного состава.

При возникновении опасности образования загазованных зон необходимо:

– контролировать зоны загазованности;

– ограничить доступ людей и запретить работу техники в предполагаемой зоне загазованности;

– организовать оцепление загазованной зоны с использованием предупреждающих и запрещающих знаков.

Личный состав и иные участники тушения пожара обязаны следить за изменением обстановки: процессом горения, поведением конструкций, состоянием технологического и пожарного оборудования и, в случае возникновения опасности, немедленно предупредить всех работающих на этом участке и руководителя тушения пожара.

Категорически запрещается ствольщикам находиться в обваловании горящего резервуара при наличии проливов нефти или нефтепродукта, не покрытого слоем пены, и при отсутствии работающих пеногенераторов или пенных стволов в местах работы личного состава.

При угрозе выброса необходимо немедленно подать условный сигнал и вывести личный состав в безопасное место.

Особенности откачки гж из резервуаров

Все операции по откачке нефтепродуктов из горящего и соседних с ним резервуаров должны проводиться только по решению оперативного штаба пожаротушения. Наибольшую опасность представляет непосредственное воздействие пламени на соседний резервуар при выполнении операции заполнения или откачки нефтепродукта. При откачке пламя может проникнуть внутрь резервуара и привести к взрыву паровоздушной смеси с последующим горением. При заполнении соседнего резервуара пламя может возникнуть на работающих дыхательных устройствах.

При откачке нефтепродукта из горящего резервуара следует учитывать факторы, усложняющие тушение:

– отводятся нижние ненагретые слои, в связи с чем увеличивается доля нагретого горючего в резервуаре, повышается среднеобъемная температура жидкости, и, как следствие, увеличивается расчетное количество сил и средств;

– с увеличением расстояния от пенослива до горящей жидкости в начале тушения тепловое излучение и конвективные потоки интенсивно разрушают пену и препятствуют ее накоплению на поверхности горючего;

– при горении темных нефтепродуктов и невозможности полной его откачки оставшаяся часть горючего может создать угрозу выброса или вскипания;

– при откачке продукта происходит опускание верхнего прогретого слоя, соприкосновение которого с находящейся в нижней части резервуара водой может привести к выбросу;

– при опускании горючего ниже опор горение будет происходить под понтоном или плавающей крышей (при их наличии).

С понижением уровня горючей жидкости ниже узла управления хлопушей может произойти обрыв троса, удерживающего хлопушу и перекрытие трубопровода, то есть в резервуаре останется около 1 м нефтепродукта.

При откачке нефтепродукта или нефти из горящего резервуара стенка его выше уровня горючей жидкости должна охлаждаться на всю высоту с учетом влияния колец (ребер) жесткости.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕНОГЕНЕРИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ И ТЕХНИКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЕНЫ

Для получения пены средней кратности применяются пеногенераторы. При подаче пены средней кратности пеногенераторы типа ГПС следует устанавливать в местах, исключающих воздействие на них пламени и газообразных продуктов горения. В табл. 8 даны основные характеристики пеногенераторов.

Для получения водного раствора пенообразователя применяются стационарные пеносмесители ПС-5, устанавливаемые на насосах пожарных машин. ПС-5 обеспечивает подачу 5 стволов типа ГПС-600 (ПУРГА-5). На ПНС-110 на насосе устанавливается ПС-12, обеспечивающий подачу б, 9 и 12 стволов типа ГПС-600 (ПУРГА-5). На автомобилях пенного тушения вывозятся переносные смесители марок ПС-1, ПС-2, ПС-3, которые устанавливаются в напорную линию.

Для подачи большого количества пенообразователя в рукавные линии используют пенные дозирующие вставки, которые самостоятельно изготавливают гарнизоны пожарной охраны. Дозировка пенообразователя осуществляется путем нагнетания его в напорную линию. Для введения пенообразователя в напорную линию дозирующая вставка, как правило, имеет штуцер с условным проходом 51 мм, манометр, дозирующую шайбу диаметром 10 или 25 мм.

При подаче пенообразователя в напорную рукавную линию необходимо поддерживать разность давлений пенообразователя и воды на вставке в соответствии с табл. 9.

Для каждой дозирующей вставки, изготовленной самостоятельно, должны быть разработаны тарировочные таблицы по определению разности давлений в зависимости от количества подключенных пеногенераторов.

Длина рукавных линий выбирается так, чтобы при давлении на насосах 0,9 МПа потери давления в рукавных линиях составляли не более 0,3 МПа.

Таблица 8

Характеристики пеногенераторов типа ГПС

Пеногенераторы	Рекомендуемое давление у распылителя, МПа	Расход раствора пенообразователя, л $с^{-1}$	Кратность пены	Максим. расход пенообразователя, л $с^{-1}$	Габариты		Вес, кг	Дальность пенной струи, м
					Диаметр пакета сеток, мм	Длина, м		
ГПС-200	0,4-0,6	1,6-2	70-100	0,12	183	0,54	2,5	
ГПС-600	0,4-0,6	5-6	70-100	0,36	309	0,725	5	6-8
ГПС-600М	0,4-0,6	5-6	70-100	0,36	310	0,5	3,2	10
ГПС-2000	0,4-0,6	17-20	70-100	1,2	650	1,5	25	6-8
ГПС-2000М	0,4-0,6	17-20	70-100	1,2	506	1,055	12,5	12
ПУРГА-5	0,4-0,6	5	70-100	0,3				10
ПУРГА-10	0,4-0,6	10	70-100	0,6				20
ПУРГА-20	0,4-0,6	20	70-100	1,2				20

Таблица 9

Разность давлений пенообразователя и воды на вставке

Пеногенераторы	Количество пеногенераторов									
	Вставка d=10 мм					Вставка d=25 мм				
	ГПС-600 или ГПС-600М					ГПС-2000 или ГПС-2000М				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Требуемый расход пенообразователя, л • $с^{-1}$	0,36	0,72	1,08	1,44	1,80	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0
Разность давлений пенообразователя и воды у вставки, атм.	0,24	0,96	2,2	3,8	5,38	2,2	0,22	0,5	0,88	1,34

Примечание. Значения расходов в табл. 9 даны при концентрации пенообразователя в растворе, равной б %.

При нормальной работе пеногенераторов пена поступает плотной струёй. При неправильной работе пеногенераторов получается пена низкой кратности или вообще не получается. В этих случаях подачу пены следует прекратить и проверить систему дозировки.

Принципиальные схемы развертывания для подачи пены средней кратности представлены на рис. 1,4.

При тушении пожаров в подземном железобетонном резервуаре, в зазоре между стенкой резервуара и плавающей крышей пена может быть

подана с помощью пеногенераторов, установленных вручную на борт резервуара.

Принципиальная схема развертывания при использовании пеноподъемников или приспособленной техники представлена на рис. 2,5. Дозировка пенообразователя происходит в зависимости от расхода огнетушащего средства.

При использовании всех типов пеноподъемников необходимо определить максимальную длину рукавных линий для получения качественной пены. Предельное расстояние между водоисточником и местом установки пеноподъемника определяется по формуле:

$$L = \frac{16.7(H_H - h_{CT}) - Z}{SQ^2}$$

где $H_н$ - напор на насосе, м; $h_{ст}$ - напор у пеногенераторов, м; Z - высота подъема стволов, м; S - сопротивление одного напорного рукава длиной 20 м; Q -подача воды (раствора пенообразователя), л • $с^{-1}$.

В зависимости от схемы подачи пены требуемое давление на насосе пожарного автомобиля определяется по формуле:

- подача пены на поверхность горючей жидкости в резервуар:

$$H_н = h_м + h_n + h_{гпс} + z,.$$

- подача пены на поверхность горючей жидкости в железобетонный резервуар или в обваловку:

$$H_н = h_м + h_n + h_{гпс} + z,$$

- подача пены низкой кратности при тушении пожара в резервуаре подслойным способом:

$$H_н = h_м + h_{гнп},$$

где $H_н$ - давление или напор на насосе, МПа или м вод. ст.; $h_м$ - потери давления (напора) в магистральных линиях, МПа или м вод. ст.; $h_м = n•Sp•Q^2$ - при подаче воды (раствора пенообразователя) по одной магистральной линии; $h_м = п\ Sp•Q2/4$ - при подаче воды (раствора пенообразователя) по двум магистральным линиям, n - количество рукавов в магистральной линии; Sp - сопротивление одного рукава; h_n - потери давления (напора) в

пеноподъемнике; $h_{гпс}$ -давление (напор) у пеногенератора, МПа или м вод. ст.; z - высота подъема пеногенераторов; $h_{гнп}$ - потери давления на генераторе низкократной пены, МПа или м вод. ст.

Давление на насосе пожарной машины не должно превышать значения давления, указанного в паспорте на насос, если требуется больше, то необходимо организовывать перекачку.

Пена низкой кратности может подаваться в резервуар как сверху, так и под слой горючего.

Для подачи пены низкой кратности в резервуар сверху от передвижной пожарной техники могут применяться переносные водопенные лафетные стволы как отечественного, так и зарубежного производства. Кроме того, для этой цели могут использоваться стационарные лафетные стволы, а для тушения проливов в обваловании - ручные водопенные стволы. Основные характеристики переносных стволов приведены в табл. 10.

Таблица 10

Основные характеристики переносных водопенных стволов

Технические характеристики	Марка ствола			
	ПЛС-П20Б	СВПЭ-4	СВПЭ-8	ЛСД-40А
Рабочее давление, МПа (кгс • см -1)	0,6(6)	0,6(6)	0,6(6)	0,6-1,0
Расход раствора пенообразователя, л • с -1	19	4,8-6,0	13,3-16,0	20-30
Диаметр выходного отверстия насадка, мм	25, 28, 32	-	-	-
Кратность пены	9	4-6	4-6	4-6
Максимальная дальность пенной струи при угле 32°, м	40	18	20	40
Длина ствола, мм	1200	715	845	-
Масса ствола, кг	22	2,8	3,8	95

Для получения и подачи пены низкой кратности под слой горючего в резервуар могут применяться отечественные высоконапорные пеногенераторы типа ГНП и ГНПС. Указанные типы пеногенераторов имеют рабочее давление 0,6-0,9 МПа, кратность получаемой пены составляет не менее 3. Основные характеристики высоконапорных пеногенераторов отечественного производства типа ГНП приведены в табл. 11 и типа ВПГ в табл. 12.

Принципиальные схемы развертывания при тушении пожаров в резервуарах представлены на рис. 4-6.

Таблица 11

Основные параметры пеногенераторов типа ГНП

Наименование параметра	Значения для типоразмеров		
	ГНП-12 (ГНПС-12)	ГНП-23 (ГНПС-12)	ГНП-46 (ГНПС-12)
Рабочее давление перед стволом, МПа (кгс см -2)	0,6-0,9-(6-9)	0,6-0,9-(6-9)	0,6-0,9-(6-9)
Кратность пены	Не менее 3	Не менее 3	Не менее 3
Расход огнетушащих средств при 6 % растворе пенообразователя, л с -1:			
раствора ПО	12 ±2	23 ±3	46 ±4
ПО	0,8	1,4	2,8
воды	11,2	21,6	43,2
Длина, мм	1035	1080	1080
Масса, кг	32,1(36,1)	35,0(37,7)	35,0(37,7)

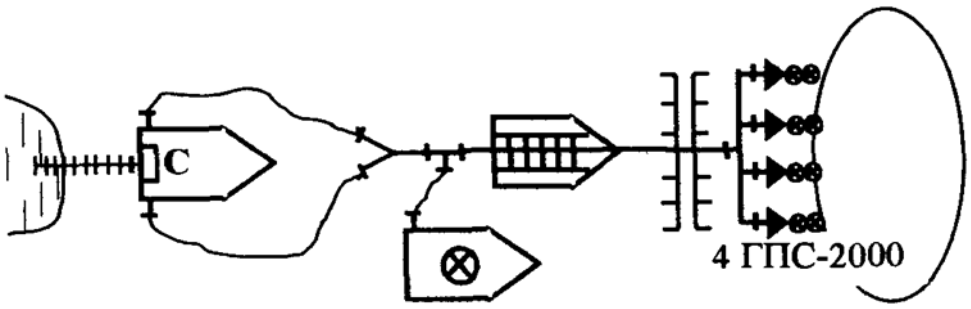


Рис. 4. Принципиальная схема тушения пожара в резервуаре пеной средней кратности с использованием механизированного пеноподъемника

Таблица 12

Основные параметры пеногенераторов типа ВПГ

Наименование параметра	Значения для типоразмеров			
	ВПГ-10	ВПГ-20	ВПГ-40	ВПГ-10/30
Рабочее давление перед стволом, МПа (кгс см -2)	0,6-0,9-(6-9)	0,6-0,9-(6-9)	0,6-0,9-(6-9)	0,6-0,9-(6-9)
Кратность пены	Не менее 3	Не менее 3	Не менее 3	3-6
Расход огнетушащих средств при 6 % растворе пенообразователя, л • $с^{-1}$:				
раствора ПО	10 ±2	20 ±3	40 ±5	10-30
ПО	0,6	1,2	2,4	0,6-1,8
воды	9,4	18,8	37,6	9,4-28,2

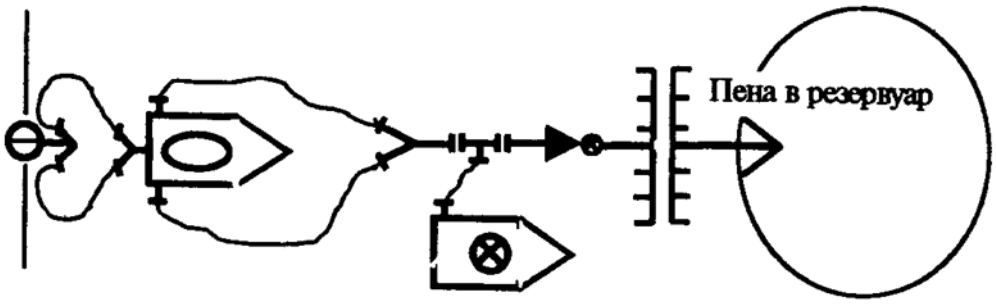


Рис. 5. Принципиальная схема подачи пены низкой кратности при тушении пожара в резервуаре подслойным методам

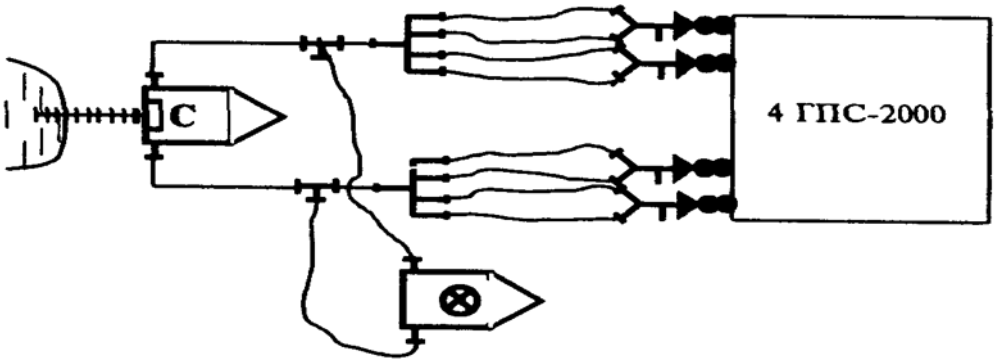


Рис. 6. Принципиальная схема тушения пожара в ЖБР пеной средней кратности

Исходные данные для расчета сил и средств при тушении пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах

№ варианта	Горящие резервуары			Соседние резервуары	Направление ветра
	№ резервуара	Объём резервуара ($м^3$)	Нефтепродукт	Объём резервуаров ($м^3$)	
1	1	3000	Бензин	5000_1	с
2	2	5000_1	Керосин	3000	ю
3	3	3000	Диз. топливо (получаемое обычным путем)	10000	з
4	4	2000	Мазут	5000_2	в
5	5	20000	Нефть с $Т_{всп} < 28°С$	10000	сз
6	6	5000_2	Нефть с $Т_{всп} > 28°С$	3000	юв
7	7	5000_1	Газовый конденсат	20000	юз
8	8	3000	Нефть с $Т_{всп} < 28°С$	5000_1	св
9	1	20000	Нефть с $Т_{всп} > 28°С$	5000_2	с
10	2	5000_1	Бензин	10000	ю
11	3	3000	Керосин	10000	з
12	4	2000	Диз. топливо (получаемое обычным путем)	3000	в
13	5	5000_2	Керосин	20000	сз
14	6	10000	Диз. топливо (получаемое обычным путем)	20000	юв
15	7	20000	Мазут	20000	юз
16	8	5000_2	Нефть с $Т_{всп}< 28°С$	20000	св
17	1	5000_2	Мазут	10000	с
18	2	20000	Бензин	20000	ю
19	3	10000	Нефть с $Т_{всп} < 28°С$	1000	з
20	4	3000	Мазут	10000	в
21	5	2000	Бензин	5000_2	сз
22	6	20000	Керосин	3000	юв
23	7	2000	Диз. топливо (получаемое обычным путем)	5000_1	юз
24	8	5000_1	Керосин	3000	св
25	4	3000	Диз. топливо (получаемое обычным путем)	5000_2	с
26	3	2000	Нефть с $Т_{всп} < 28°С$	5000_2	ю
27	2	10000	Нефть с $Т_{всм} > 28°С$ и мазут	2000	з
28	1	10000	Бензин	3000	в
29	6	5000_2	Диз. топливо (получаемое обычным путем)	2000	сз
30	5	5000_1	Мазут	20000	юв

Примечание:

- в группе резервуаров весь нефтепродукт одного вида;
- расчет тушения резервуаров производить по пенообразователю ПО-1, ПО-1Д, ПО-6К.

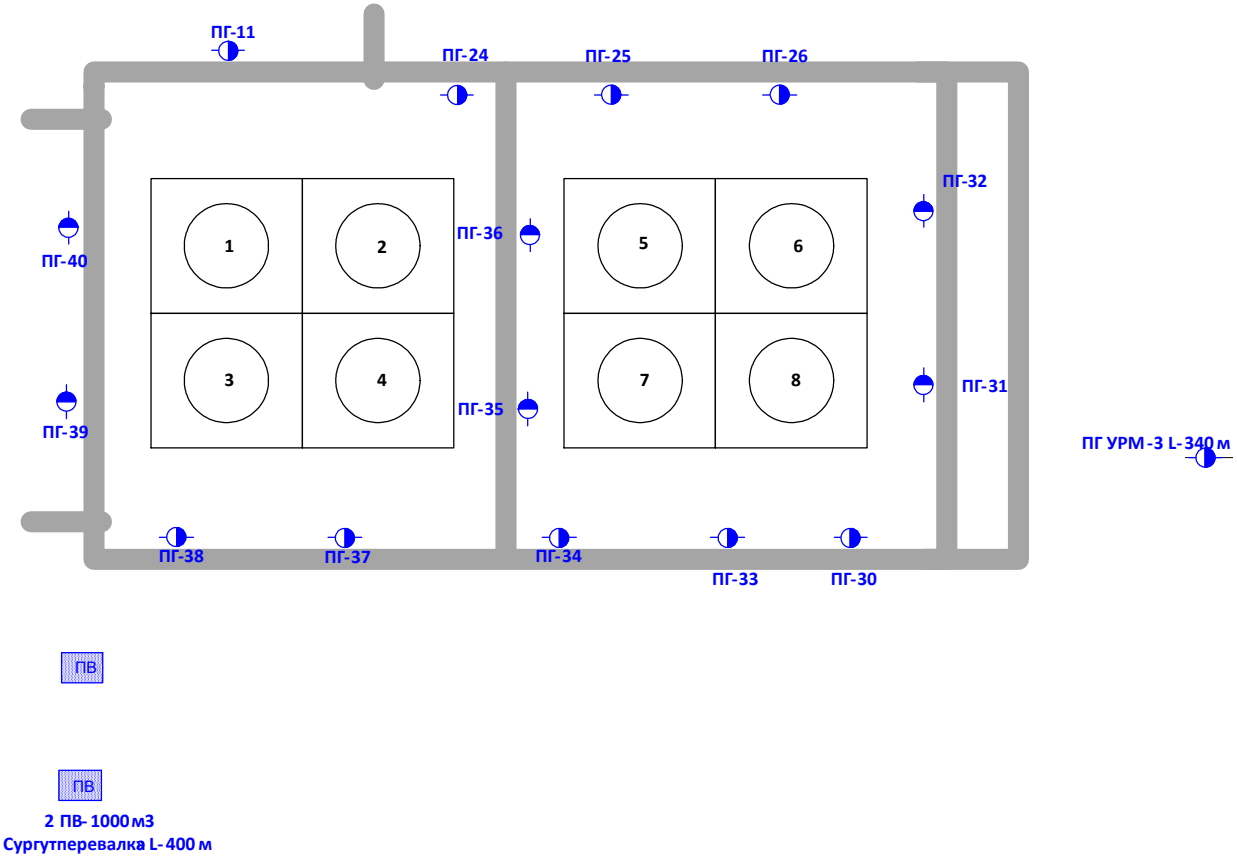
Противопожарное водоснабжение

На объекте находятся 42 ПГ на подземной сети высокого давления диаметром 50 мм. Запас воды 2х1000 $м^3$. В насосной ОГП расположены насосы: основной Д 400/105, циркуляционный КМ 100/65. Согласно акта испытания водопроводной сети, водоотдача объекта на 17.05.17 года составляет – 240 л/с.

Пополнение ПВ на ОГП от насосной ЗСК по трубопроводу диаметром 300 мм., двумя насосами ЦН 460/105 (электрич., и дизель) с расходом 400 м.куб./час каждый. Запас ДТ – 500 литров.

Противопожарный запас воды на пожаротушения составляет 26,000 м^3 (3 ПВ-2000 м^3 расположены на ЗСК, 2 ПВ - 10000 м^3 расположены на территории цеха КОС). Забор воды осуществляется от 9 арт. скважин производительностью 40 м^3/час каждая в 3 ПВ 2000 м^3. Так же возможна одновременная подпитка от 2 ПВ - 10000 м^3 с КОС двумя насосами по 88 и 55 л/сек., по трубопроводу 200 мм из операторной станции обезжилезования.

Схема расположения резервуаров



Силы и средства, привлекаемые на тушение пожара и время их сосредоточения

Номер вызова	Подразделения, место дислокации	Количество и марка пожарных автомобилей шт.	Численность расчёта чел.	Расстояние от ПЧ до объекта км.	Время следования мин.	Время развёртывания мин.	Примечания
№1	56 ПЧ, ЗСК	1 АЦ-4-40 (43206)	4	2	3	3	
	56 ПЧ, ЗСК	1 АЦ-4-40 (43206)	4	2	3	3	
	ОП 56 ПЧ, ЗСК	1 АП-5000 (532150)	1	3	4,5	3	
	ОП 56 ПЧ, ЗСК	1 АЦ-4-40 (43206)	4	3	4,5	3	
	ОП 56 ПЧ, ЗСК	1 ППП-38-80	1	3	4,5	7	
№2	131 ПЧ, УПГ	2 АЦ-6-60 (4320)	4	5	7,5	3	
	131 ПЧ, УПГ	2 АВ-40(5557)ПМ551А	1	5	7,5	5	
	32 ПЧ, ЦППН НГДУ «СН»	2 АЦ-4-40 (43202)	4	8	12	3	
	32 ПЧ, ЦППН НГДУ «СН»	2 АЦ-6-60 (4320)	4	8	12	3	
	ОП п.Сайгатина	1 АЦ-2,5-40 (131)	2	10	15	3	
	ОП 108 ПЧ, ПБРХ и ГСМ	1 АЦ-6-60 (4320)	4	19	28,5	3	
	ПЧ п.Солнечный	1 АЦ-2,5-40 (131)	4	20	30	3	
	ПЧ п.Солнечный	2 АЦ-6-40 (5557)	4	20	30	3	
№3	1 ПЧ, п.Белый Яр	1 АЦ-5-40 (5557)	4	26	39	3	
	26 ПЧ, города	1 АР-2 (131)	3	34	51	15	
	41 ПЧ, города	1 АСО-20 (4208)	2	35	52,5	5	
	41 ПЧ, города	1 АВ-40(375Н)- Д50А	2	35	52,5	5	
	108 ПЧ ЦППН НГДУ «БН»	2 ПНС-110	4	30	45	5	
	СПТ 1 ОФПС города	1 АШ-5 (28110)	4	31	31	-	

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СИЛ И СРЕДСТВ

1 вариант тушение пожара в резервуаре

Определяем время свободного развития до прибытия первого пожарного подразделения:

За наихудший вариант принимаем загорание резервуара №4 парка светлых нефтепродуктов.

$t_{св} = t_{дс} + t_{сб} + t_{сл} + t_{р} = 5 + 1 + 10 + 6 = 22$ мин.

где $t_{сл}$ - время следования первого караула до места пожара, мин.;

$t_{сл} = L/45*60 = 7/45*60 = 10$ мин.

$t_{р}$ - время развертывания караула, мин.

$t_{дс}$ - время развития пожара от момента его возникновения до сообщения о нем в пожарную часть, мин. Оно принимается: для объектов оборудованных АПС и АУПЗ – 5 мин, для остальных объектов – 10 мин.

$t_{сб}$ - время сбора и выезда пожарных подразделений на пожар

Находим путь, пройденным огнем и площадь пожара:

Учитывая, что пожар произошёл в резервуаре с бензином принимаем площадь пожара равную площади резервуара:

Площадь зеркала одного резервуара равна:

$$S_{п} = \pi R^2 = 3,14*72 = 153,8 м^2$$

Определяем требуемое количество раствора пенообразователя при интенсивности подачи I=0,08 л/с^{2}м для локализации при тушении по площади:

$$Q_{тр} = S_{п} * I_{тр} = 153,8*0,08 = 12,3 л\с\ м^2$$

Определяем требуемое количество ГПС 600 при данном расходе пенообразователя:

$N_{тр}^{ств} = Q_{тр.} / q_{ств.} = 12.3 / 6 = 3$ ствола ГПС 600 для ликвидации пожара 1 РВС-2000.

Определяем необходимое количество пенообразователя для тушения пожара:

$$V_{ПО} = N_{ств} * Q_{ств} * 60 * T_{туш} * К_{з} = 3*0,36*60*15*3 = 1944 л = 2 м^3$$

Определяем необходимое количество воды для тушения пожара:

$$V_{воды} = N_{ств} * Q_{ств} * 60 * T_{туш} * K_з = 2*5,64*60*15*3 = 30456 \text{ л} = 30,4 \text{ м}^3$$

Определяем требуемое количество стволов необходимое для охлаждения горящих резервуаров с интенсивностью подачи воды на горящий резервуар I=0,5л/с м², на соседний по полупериметру I = 0,2 л\с м² для охлаждения принимаем стволы «А» с диаметром насадка 19 мм

$$N_{ств}\ 1 \text{ горящ} = P_р * I / q_{ств} = 87,9*0,5/7,4 = 6 \text{ стволов «А»}$$

Принимая во внимание, что огнем охвачен 1 резервуар, следовательно на охлаждение 5 резервуаров

$$N_{ств\ сосед} = P_р * I / q_{ств} = 87,9*0,2/7,4 = 2*5=10 \text{ стволов «А»},$$

Итого: необходимо 10 стволов «А» на охлаждение.

Определяем требуемый расход воды для проведения защитных мероприятий:

$$Q_{тр} = \Sigma N_{рез} (N_{ств} * Q_{ств}) = 6*7,4 + 5*(2*7,4) = 118,4 \text{ л/с}$$

Определяем требуемое количество автоцистерн для подачи стволов на защиту:

$$N_{АЦ} = ((N_А * Q_А) / 32) + (N_{л/с} * 1) = 16*7,4/32 + 4*1 = 8 \text{ АЦ}$$

Определяем требуемое количество личного состава для тушения пожара:

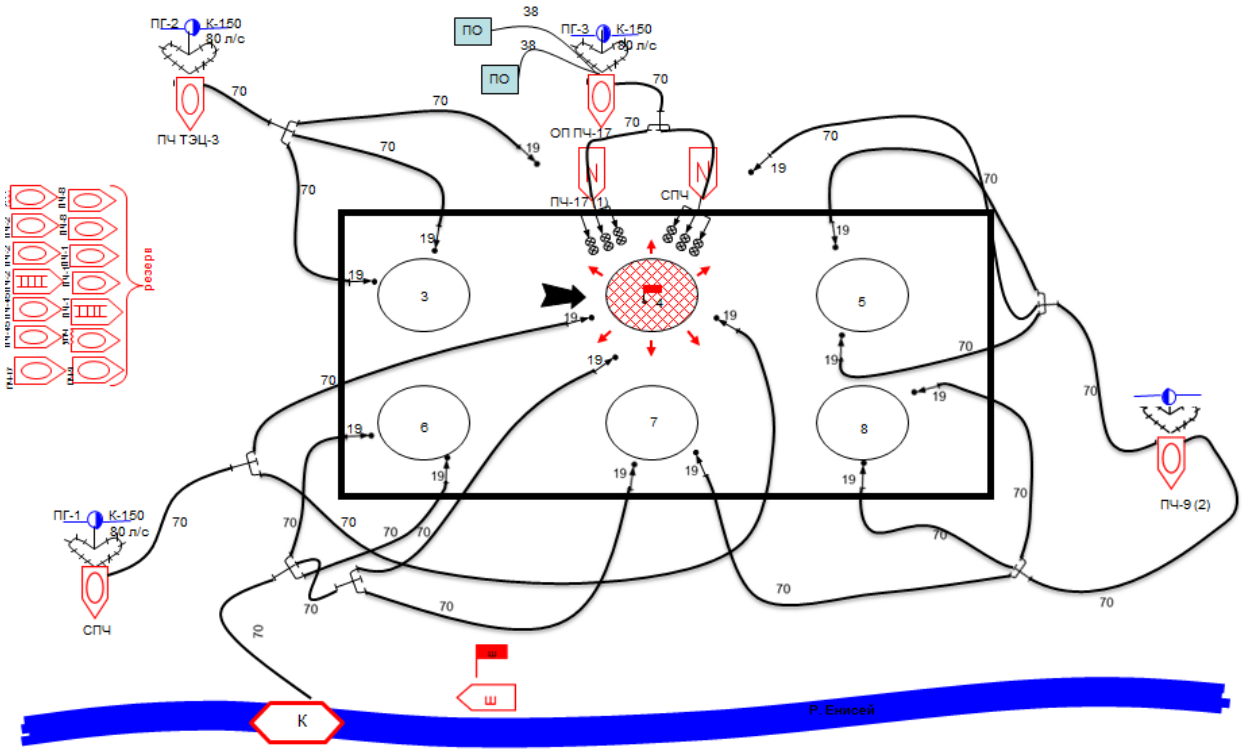
$$N_{л/с} = N_{ств\ А} * 2 + N_{л/с} * 3 + N_{ГПС} * 2 + N_{АЦ} * 1 = 16*2+4*3+2*2+8*1 = 56 \text{ чел.}$$

Определяем обеспеченность объекта водой:

Учитывая, что на территории имеются источники противопожарного водоснабжения с максимальной водоотдачей 80 л/с, и в непосредственной близости с объектом протекает река и 2 резервных водоемов по 250м^3,можно сделать вывод, что объект водой обеспечен.

Сравниваем требуемую численность личного состава и техники с тактическими возможностями гарнизона пожарной охраны:

Исходя из расчетов по 2 рангу пожара личного состава нам недостаточно, для тушения пожара требуется сосредоточение сил и средств по вызову «Пожар № 4»



2 вариант тушение пожара в обваловании

Определяем время свободного развития до прибытия первого пожарного подразделения:

За наихудший вариант принимаем загорание в обваловании на запорной арматуре резервуара РВС-2000 вследствие разрушения подводящего трубопровода с розливом нефтепродукта по всему обвалованию.

$$t_{св} = t_{дс} + t_{сб} + t_{сл} + t_{р} = 5 + 1 + 10 + 6 = 22 \text{ мин.}$$

где $t_{сл}$ - время следования первого караула до места пожара, мин.;

$$t_{сл} = L/45*60 = 7/45*60 = 10 \text{ мин.}$$

$t_{р}$ - время развертывания караула, мин.

$t_{дс}$ - время развития пожара от момента его возникновения до сообщения о нем в пожарную часть, мин. Оно принимается: для объектов оборудованных АПС и АУПЗ – 5 мин, для остальных объектов – 10 мин.

$t_{сб}$ - время сбора и выезда пожарных подразделений на пожар

Находим путь, пройденным огнем и площадь пожара:

Учитывая, что пожар произошёл в обваловании на запорной арматуре резервуара РВС-2000, вследствие разрушения подводящего трубопровода с розливом нефтепродукта в обваловании, площадь горения нефтепродукта в обваловании по всей площади равна

$$S_п = 4107,4 \text{ м}^2$$

Определяем требуемое количество раствора пенообразователя при интенсивности подачи I=0, 05 л/с^{2}м для локализации при тушении по площади:

$$Q_{тр} = S_п * I_{тр} = 4107,4*0,05 = 205,37 \text{ л\с м}^2$$

Определяем требуемое количество ГПС 600 при данном расходе пенообразователя:

$N_{тр.ств.}= Q_{тр} / q_{ств.}$ ГПС = 205,37 / 6 = 35 стволов ГПС 600 для ликвидации пожара по всей площади резервуарного парка светлых нефтепродуктов.

Определяем необходимое количество пенообразователя для тушения пожара:

$$V_{ПО} = N_{ств} *Q_{ств}*60*T_{туш}*K_з = 35*0,36*60*15*3 = 34020 \text{ л} = 34,02 \text{ м}^3$$

Определяем необходимое количество воды для тушения пожара:

$$V_{воды} = N_{ств} *Q_{ств} *60*T_{туш}*K_з = 35*5,64*60*15*3 = 532980 \text{ л} = 533 \text{ м}^3$$

Определяем требуемое количество стволов необходимое для охлаждения резервуаров, находящихся в зоне горения жидкости в обваловании I=1,0л/с м²., для охлаждения принимаем стволы «А» с диаметром насадка 19 мм.

$N_{ств} = 0,5*\pi R*I/ q$ ств = 0,5*3,14*7*1,0/7,4= 2 ствола «А» на каждый РВС- 2000

Определяем требуемый расход воды на охлаждение РВС-2000:

$$Q_{тр} = \Sigma N_{рез} (N_{ств} * Q_{ств}) = 6*(2*7,4) = 88.8 \text{ л/с}$$

Определяем требуемое количество автоцистерн для подачи стволов на защиту:

$$N_{АЦ} = ((N_А * Q_А) / 32) + (N_{л/с} * 1) = 18*7,4/32 +4*1 = 9 АЦ$$

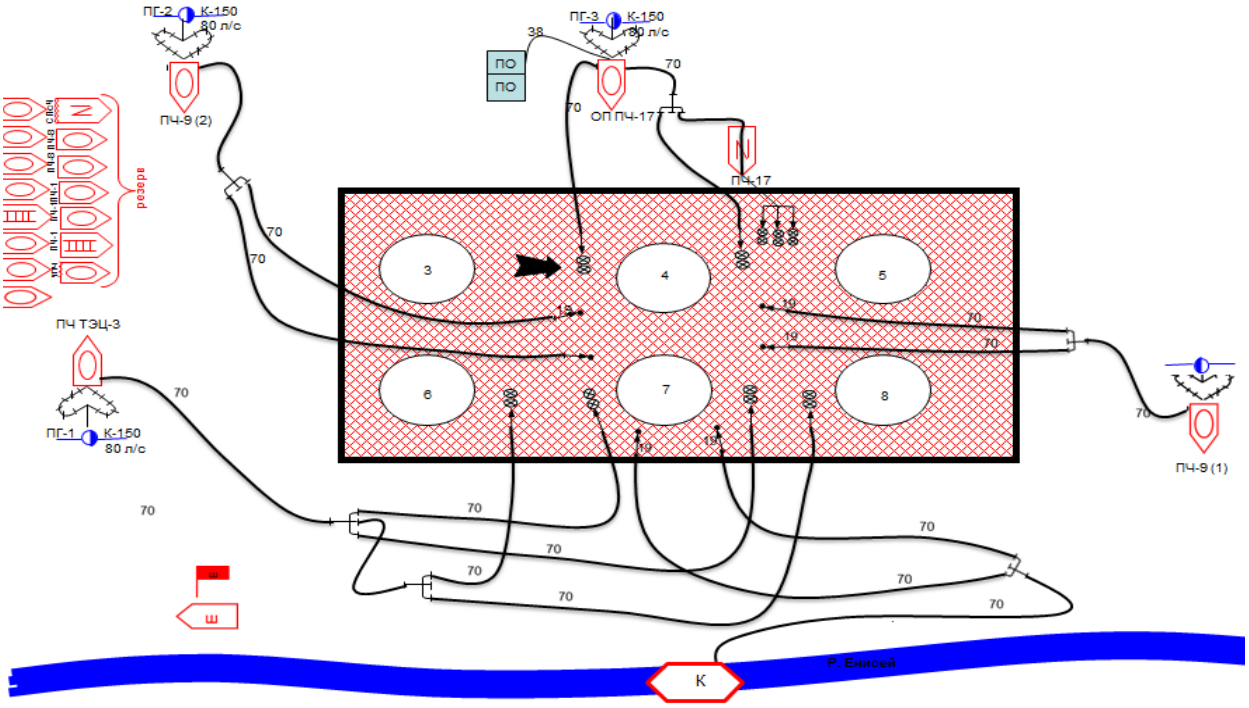
Определяем требуемое количество личного состава для тушения пожара:

$$N_{л/с} = N_{ств\ А} * 2 + N_{л/с} * 3 + N_{ГПС} * 2 + N_{АЦ} * 1 = 17*2+4*3+35*2+9*1 = 125 чел.$$

Определяем обеспеченность объекта водой:

Учитывая, что на территории имеются источники противопожарного водоснабжения с максимальной водоотдачей 80 л/с, и в непосредственной близости с объектом протекает река и 2 резервных водоема по 250 м^3 ,можно сделать вывод, что объект водой обеспечен.

Сравниваем требуемую численность личного состава и техники с тактическими возможностями гарнизона пожарной охраны:



Исходя из количества отделений задействованных при тушении пожара принимаем пожар по 4 номеру согласно расписания выездов гарнизона. Так же для подпитки пожарных водоемов задействуется система хозяйственного водопровода запитанного от насосной станции расположенной на причале и 2 резервных насоса по 250 м^3. Недостаток личного состава на тушении пожара восполняется за счет привлеченного личного состава по сигналу

«СБОР». Оптимальным способом тушения будет – свободное выгорание разлитого топлива с одновременным охлаждением резервуаров в зоне пожара.

Расчет необходимого количество ВПГ, пенообразователя и воды на тушение РВС-5000

Исходные данные:

- время года: лето, июнь;
- температура наружного воздуха: 20 °С;
- ветер юго - западный, умеренный, 5 м/с;
- уровень взлива в РВС № 3: 10,5 м, степень заполнения – 83%;

количество товарной нефти в резервуаре: 4080 м^3;

Для расчетов используем пеногенератор ВПГ-10.

1. Определение площади пожара.

В нашем случае горит РВС-5000 с товарной нефтью, диаметр резервуара 22,8 м.

$$S_n = \pi R^2 \qquad (2,1),$$

где R – радиус резервуара.

$S_n = \pi R^2 = 3,14 \cdot 11,4^2 = 408 м^2$

2. Определение площади тушения пожара одним пеногенератором ВПГ-10.

$$S^m_{ВПГ-10} = \frac{q_{ВПГ-10}}{J^m_{тр}} \qquad (2,2),$$

где $q_{ВПГ-10}$ - это расход высокоскоростного пеногенератора ВПГ-10 по раствору, $q_{ВПГ-10}$ = 10 л/с; $J^m_{тр}$ - требуемая интенсивность подачи раствора пенообразователя на тушения пожара, $J^m_{тр} = 0,08 \frac{л}{(м^2 \cdot с)}$.

$$S^m_{ВПГ-10} = \frac{10}{0,08} = 125 м^2$$

3. Определение общего количества пеногенераторов ВПГ-10 для тушения РВС-5000:

$$N^{m}_{ВПГ-10} = \frac{S_{n}}{S^{m}_{ВПГ-10}} \qquad (2,3),$$

$N^{m}_{ВПГ-10} = \frac{408}{125} = 3,3 \approx 4$ ВПГ-10.

4. Определение необходимого количества пенообразователя для тушения пожара в одном РВС.

$$W_{ПО} = q^{ПО}_{ВПГ-10} \cdot N^{m}_{ВПГ-10} \cdot \tau \cdot 60 \qquad (2,4),$$

где $q^{ПО}_{ВПГ-10}$ = 0,3л/с; τ – нормативное время тушения = 10 мин.

$$W_{ПО} = 0,3 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 60 = 720\,л$$

5. Определение необходимого количества воды для тушения пожара в одном РВС.

Используя формулу 2,4 получим:

$$W_{воды} = 9,7 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 60 = 23280\,л$$

6. Определение необходимого количества ВПГ-10, пенообразователя и воды для обеспечения тушения всех резервуаров на объекте.

На УППН «Оса» находится 7 РВС-5000, которые необходимо защитить системой подслойного пожаротушения, следовательно для защиты необходимо:

- 21 ВПГ-10;
- 5040 литров пенообразователя ПО-6А3F AFFF;
- 162960 литров воды.