Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа
Кафедра «Пожарная безопасность»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.Н. Минкин

«___» _____ 2016 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

20.05.01 «Пожарная безопасность»

Определение зон воздействия опасных факторов аварий со сжиженными газами на железнодорожной станции «Красноярск-Восточный» Красноярской железной дороги

Руководитель _____ _____ Ю.А. Андреев
подпись, дата должность, ученая степень

Выпускник _____ С.Э. Хомушку
подпись, дата

Рецензент _____ _____ С.Ю. Комаров
подпись, дата должность, ученая степень

Консультанты:

Экономическая часть _____ С.Н. Масаев
подпись, дата

Часть БЖД _____ А.Н. Минкин
подпись, дата

Нормоконтролер _____ О.В. Помолотова
подпись, дата

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Нефти и Газа
Кафедра «Пожарная безопасность»

УТВЕРЖДАЮДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.Н. Минкин

« _____» _____ 2016г.

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме дипломной работы

Красноярск 2016

Студенту Хомушку Саян Эресовичу.

Группа НГ 11-01 Специальность 20.05.01 – Пожарная безопасность

Тема выпускной квалификационной работы: «Определение зон воздействия опасных факторов аварий со сжиженными газами на железнодорожной станции «Красноярск-Восточный» Красноярской железной дороги»

Утверждена приказом по университету № _____ от _____ г.

Руководитель ВКР Андреев Юрий Александрович доктор технических наук, профессор кафедры «Пожарная безопасность»

Исходные данные для ВКР:

1. Анализ статистики пожаров на железной дороге.
2. Изучение структуры подразделений РЖД, используемых при тушении. Устройство пожарных поездов.
3. Изучение порядка оповещения при пожаре, организации тушения пожаров на железной дороге. Изучение нормативной документации.
4. Определение ОФП и физико-химических свойств СУГ.
5. Изучение особенностей типовых аварийных ситуаций на железной дороге, согласно темы дипломной работы, анализ причин возникновения и развития пожаров.
6. Изучение схем расстановки цистерн с СУГ. Расчет размеров взрывоопасных зон и избыточного давления взрыва при авариях с СУГ, расчет зон аварийного розлива СУГ.
7. Расчет сил и средств при пожаре.

Руководитель ДР _____ Ю.А. Андреев

Задание принял к исполнению _____ С.Э. Хомушку

« ___ » _____ 2016 г.

Календарный график

Выполнение этапов ВКР

Наименование и содержание этапов	Срок выполнения
Сбор информации по объекту	9.02.2016-7.03.2016
Аналитическая часть, инженерные расчеты	10.03.2016-23.04.2016
Графическая часть	25.04.2016-19.05.2016

Руководитель ВКР _____ Ю.А. Андреев

Задание принял к исполнению _____ С.Э. Хомушку

«___» _____ 2016 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме: «Определение зон воздействия опасных факторов аварий со сжиженными газами на железнодорожной станции «Красноярск-Восточный» Красноярской железной дороги» содержит 86 страниц текстового документа, графическая часть на 8 листах формата А1.

Целью дипломной работы является снижение зон воздействия опасных факторов аварий со сжиженными газами на железнодорожной станции «Красноярск - Восточный» Красноярской железной дороги и рассмотрение наиболее эффективного варианта его тушения.

Задачи дипломной работы:

- изучить статистические данные и определить пожарную опасность цистерн со сжиженными углеводородными газами на территории Российской Федерации;

- выяснения физико-химических свойств грузов;

- прогнозирования зон воздействия опасных факторов аварий со сжиженными газами на железнодорожной станции;

- провести расчеты сил и средств, необходимых для тушения пожара со сжиженными углеводородными газами на станции «Красноярск-Восточный» Красноярской железной дороги;

- по результатам расчетов разработать комплекс мероприятий, направленных на повышение эффективности противопожарной защиты объекта;

- дать оценку экономической эффективности предлагаемых мероприятий.

Тема работы актуальна, так как аварии с СУГ с последующими пожарами и взрывами на таких крупных товарно-сортировочных станциях, как «Красноярск-Восточный», приводят к многомиллионному ущербу и человеческим жертвам.

Выводы по данной работе:

- произведено прогнозирование опасных факторов аварий с СУГ на станции «Красноярск-Восточный»;

- по результатам расчетов предложены мероприятия, направленные на повышение эффективности противопожарной защиты объекта;

- на основании прогноза рассчитаны силы и средства по тушению сжиженного углеводородного газа на объекте.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ……..... 6
1 Статистические данные о пожарах ……. 8
1.1 Статистика пожаров в России ……...……..….. 8
1.1.1 Статистика пожаров в Красноярском крае ……..... 9
1.2 Обзор пожаров на Красноярской железной дороге за 2015 год …..….. 10
2 Пожарная опасность и особенности развития пожаров на ЖДТ …….. 12
2.1 Типовые сценарии развития аварий на объектах ЖДТ……..... 12
2.2 Особенности развития пожара при горении СУГ на подвижном составе ……... 14
2.3 Характерные особенности при тушении подвижного состава …….. 17
3 Примеры и способы тушения пожаров на подвижном составе …… 18
3.1 Общие положения ……...… 18
3.2 Оповещение о аварии ...…….. 19
3.3 Мероприятия по предотвращению пожара при возникновении аварий …… 22
3.4 Основные меры безопасности при аварии на подвижном составе …….…….……. 25
4 Физико-химические свойства сжиженного пропана …… 28
5 Расчет пожарной обстановки при аварии со СУГ ……. 29
5.1 Моделирования развития пожара и прогнозирования зон воздействия опасных факторов аварий со СУГ на сортировочной станции «Красноярск-Восточный» Красноярской железной дороги ……..……. 29
6 Оперативно-тактическая характеристика объекта ……... 48
6.1 Недостатки станции «Красноярск-Восточный» …….. 49
6.2 Водоснабжение …….….. 50
7 Расстановка сил и средств на пожаре …… 51
8 Экономическое обоснование и оценка вариантов тушения пожара …… 60

9 Безопасность жизнедеятельности …….. 66
9.1 Общая характеристика объекта …….…… 66
9.2 Освещение помещений и рабочего места ……..... 67
9.3 Воздействия шума на инженера ПБ …….……. 72
9.4 Организация рабочего места инженера ПБ …..……..…..……... 73
Заключение …….… 75
Список сокращений ……..….. 76
Список использованных источников ……..….. 77
Приложение А Основные показатели для определения зон воздействия опасных факторов аварий …..……... 79
Приложение Б Основные показатели для расчета сил и средств ……..... 83

ВВЕДЕНИЕ

Железная дорога представляет собой зону повышенной опасности, так как она используются для перевозки нескольких тысяч наименований грузов с различными физико-химическими свойствами. И зачастую из-за протяженности дорог отсутствует возможность доставки сил и средств к требуемым участкам с помощью автотранспорта, поэтому для обеспечения пожарной безопасности на РЖД создана ФГП ВО ЖДТ.

Наиболее опасными в пожарном отношении являются сортировочные парки, где происходит накопление вагонов, что может сопровождаться пожарами и возможными взрывами цистерн со сжиженными углеводородными газами (СУГ).

Тушение СУГ на сортировочном парке имеет свои особенности и отличается сложностью боевых действий. Сложность заключается в том, что при пожаре зачастую задерживается введение огнетушащих веществ до выяснения физико-химических свойств грузов и обесточивания электроконтактной сети над горящим подвижным составом.

Целью данной дипломной работы является снижение зон воздействия опасных факторов аварий со сжиженными газами на железнодорожной станции «Красноярск - Восточный» Красноярской железной дороги и рассмотрение наиболее эффективного варианта его тушения.

Тема работы актуальна, так как аварии с СУГ с последующими пожарами и взрывами на таких крупных товарно-сортировочных станциях, как «Красноярск-Восточный», приводят к многомиллионному ущербу и человеческим жертвам.

Для достижения поставленной цели в данной работе будет необходимо решить следующие задачи:

- изучить статистические данные и определить пожарную опасность цистерн со сжиженными углеводородными газами на территории Российской Федерации;

- выяснить физико-химические свойства грузов;

- определить зоны воздействия опасных факторов аварий со сжиженными газами на железнодорожной станции;

- провести расчеты сил и средств, необходимых для тушения пожара со сжиженными углеводородными газами на станции «Красноярск-Восточный» Красноярской железной дороги;

- по результатам расчетов разработать комплекс мероприятий, направленных на повышение эффективности противопожарной защиты объекта.

1 Статистические данные о пожарах

1.1 Статистика пожаров в России

Последние пять лет на территории Российской Федерации произошло 783314 пожара. Из общего числа пожаров в 2015 году произошло 145601 пожаров, на которых погибло 9377 человек, еще 10920 человек было травмировано. Ущерб от происшедших пожаров составил 18814077 рублей. За 2011 – 2015 гг. динамика основных показателей показаны на таблице 1.

Таблица 1 - Динамика основных показателей обстановки с пожарами в Российской Федерации за 2011-2015 гг.

Наименование показателя	2011	2012	2013	2014	2015
Количество пожаров, ед.	168528	162975	153208	153002	145601
Прямой материальный ущерб, руб.	17280086	14397379	13732395	18723313	18814077
Количество погибших при пожарах людей, чел.	12028	11635	10560	10253	9377
Количество травмированных при пожарах людей, чел.	12457	11962	11101	11089	10920

В 2015 году на железнодорожном подвижном составе произошло 112 пожаров, ущерб от которых составил 70453 руб. За 2011 - 2015 гг. динамика пожара основных показателей в России показаны на рисунке 1.

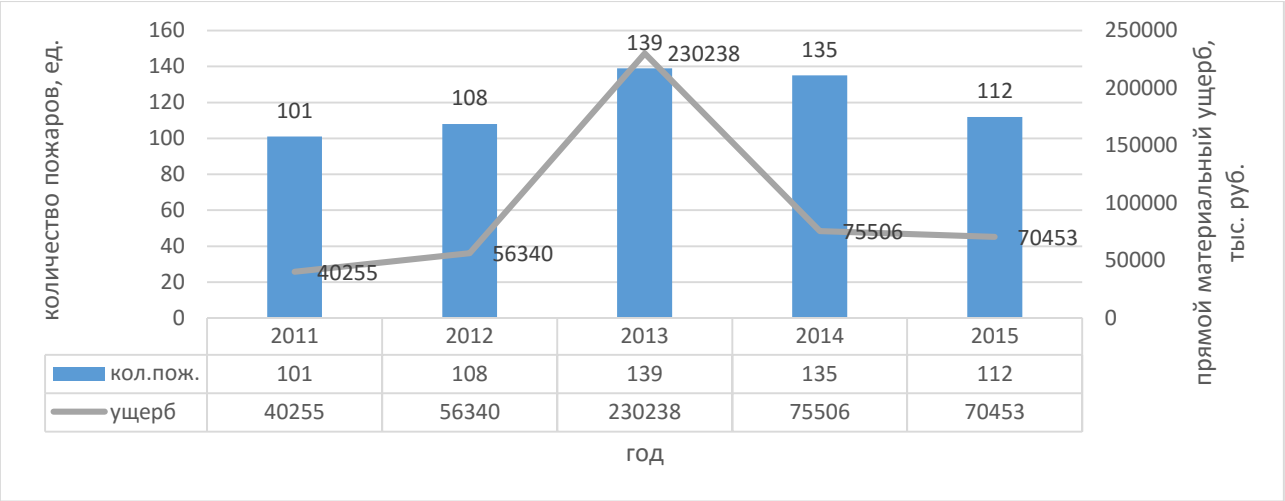

Рисунок 1 – Динамика основных показателей пожара в России на железнодорожном подвижном составе в период 2011 - 2015 гг.

1.1.1 Статистика пожаров в Красноярском крае

Динамика изменения количества пожаров за пять лет на стационарных объектах и на подвижном составе в Красноярском крае показаны на рисунке 2

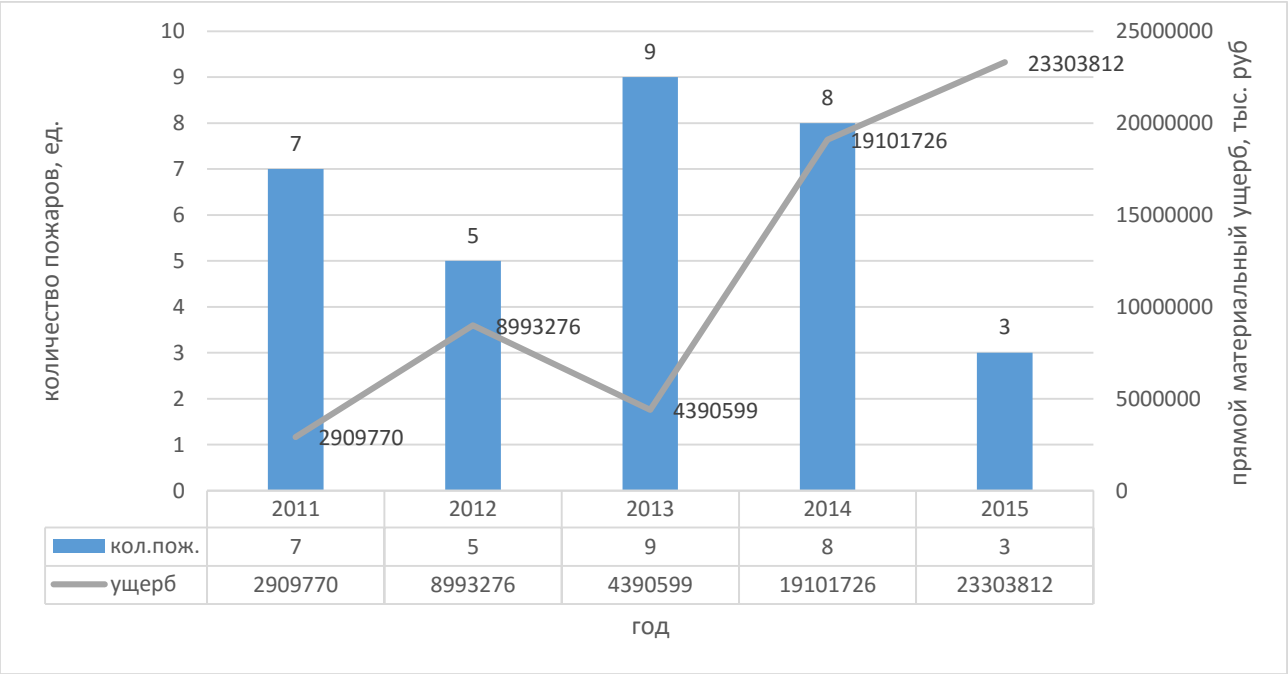

Рисунок 2 - Динамика изменения количества пожаров на стационарных объектах и на подвижном составе в Красноярском крае

За 2011 - 2015 гг. на стационарных объектах и на железнодорожном подвижном составе Красноярской железной дороги и самостоятельных дирекций осуществляющих свою деятельность в границах Красноярской железной дороги произошло 32 пожара (2011 год – 7 пожаров, 2012 год – 5 пожаров, 2013 год – 9 пожаров, 2014 год – 8 пожаров, 2015 год – 3 пожара), ущерб от которых составил 58699,183 тыс. руб. (2011 год – 2909,77 тыс. руб., 2012 год – 8993,276 тыс. руб., 2013 год – 4390,599 тыс. руб., 2014 год – 19101,726 тыс. руб., 2015 год – 23303,812 тыс. руб.).

Из общего числа пожаров:

- на стационарных объектах произошло 3 пожаров, ущерб от которых составил 8044,33 тыс. руб. (2012 год – 1 пожар ущерб от которого составил 8044,33 тыс. руб., 2013 год – 2 пожара ущерба от пожаров нет);
- на железнодорожном подвижном составе произошло 29 пожаров, ущерб от которых составил 50654,853 тыс. руб. (2011 год – 7 пожаров ущерб от которых составил 2909,77 тыс. руб., 2012 год - 4 пожара ущерб от которых составил 948,946 тыс. руб., 2013 год – 7 пожаров ущерб от которых составил 4390,599 тыс. руб., 2014 год – 8 пожаров ущерб от которых составил 19101,726 тыс. руб., 2015 год – 3 пожара ущерб от которых составил 23303,812 тыс. руб.).

В 2015 году на стационарных объектах и железнодорожном подвижном составе Красноярской железной дороги и дирекций центрального подчинения произошло 3 пожара, ущерб от которых составил 23303,812 тыс. руб., в сравнении с аналогичным периодом прошлого года количество пожаров уменьшилось на 5 случаев, при этом следует отметить, что ущерб, нанесенный пожарами, увеличился на 4202086 рублей.

1.2 Обзор пожаров на Красноярской железной дороге за 2015 год

1. 10.05.2015 на перегоне Громадская – Заозерная произошел пожар во 2 секции тепловоза 2ТЭ10В № 4782, приписки эксплуатационного локомотивного депо Иланская. Причина пожара - загорание кабелей сх.№ 392,

393, 394, 492 закрепленных на монтажной скобе ВВК (левой стороны) при воздействии электрической дуги образовавшейся от короткого замыкания указанных кабелей в кондуите с последующим замыканием на корпус тепловоза вследствие разрушения покровного слоя изоляции кабелей сх.№392, 393, 394, 492 в кондуите. Ущерб от пожара составил 2132,429 тыс. руб. Задержки в движении поездов нет.

2. 17.07.2015 на перегоне Зеледеево – Кача произошел пожар во 2 секции электровоза ВЛ80р № 1813, приписки эксплуатационного локомотивного депо Боготол. Причина пожара – образование межвиткового замыкания сглаживающего реактора № 55 в следствии ослабления крепления витков катушки реактора. Ущерб от пожара составил 3325,485 тыс. руб. Задержки в движении поездов нет.

3. 29.10.2015 на перегоне Ингашская – Тинская произошел пожар в электровозе ВЛ80р № 1624/1744А приписки эксплуатационного локомотивного депо Иланская. Причина пожара - возникновение электрической дуги по коллектору пятого тягового электродвигателя, что привело к разрушению обмотки якоря с последующим возгоранием суфле обдува и распространением огня вовнутрь кузова локомотива. Ущерб от пожара составил 17845,898 тыс. руб. Задержки в движении поездов составили: грузовые 25 поездов на 3921 мин., пассажирские 4 поезда на 323 мин.

Вывод: Проведенный анализ статистических данных и обзор пожаров и их последствий говорит о том, что обстановка с пожарами в целом по стране улучшается, отчетливо видна динамика постепенного снижения количества пожаров и их последствий, которые выражены в снижении числа погибших и травмированных. Такая статистика говорит прежде всего об усилении работы подразделений ФГП ВО РЖД и ФПС МЧС России, как по части профилактики, так и в улучшении качества работ по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ по всей стране в целом и в рассматриваемых регионах в частности.

Но в отношении 2015 году прямого материального ущерба на стационарных объектах и железнодорожном подвижном составе Красноярской железной дороги в сравнении с аналогичным периодом следует отметить, что ущерб, нанесенный пожарами, увеличился на 4202086 рубля, что негативно сказывается на экономическом положении инфраструктуры ЖДТ. Для снижения материальных потерь от возможных пожаров разрабатывается комплексная программа, предусмотренная оснащения как стационарных объектов, так и ЖД подвижном состава устройствами автоматической противопожарной защиты, а также приведения объектов в соответствие с действующими нормативными правовыми актами.

2 Пожарная опасность и особенности развития пожаров на железнодорожном транспорте

2.1 Типовые сценарии развития аварий на объектах железнодорожного транспорта

При рассмотрении типовых аварийных ситуаций с участием СУГ необходим учет следующих общих специфических особенностей:

- при температуре окружающей среды содержимое цистерны, как правило, представляет двухфазную среду (жидкость - пар) с давлением, превышающем атмосферное (иногда в 7 - 8 раз);

- заполнение и опорожнение цистерны невозможно осуществлять без герметизации системы слива – налива;

- разгерметизации цистерны в любой ее точке приводит к истечению жидкой и (или) парообразной среды с образованием в окружающем пространстве взрывоопасного паровоздушного облака;

- при истечении жидкой фазы определенная часть ее (в некоторых случаях до 40%) мгновенно испаряется, остальная часть жидкости образует зеркало пролива из которого происходит интенсивное испарение продукта;

- перевозимые продукты являются горючими веществами, минимальные энергии зажигания смесей паров которых с воздухом весьма низки. Исходя из этого, наиболее вероятным исходом аварии с разгерметизацией цистерны является воспламенение вещества через определенный период времени;

- сгорание взрывоопасных паровоздушных облаков (ТВС) может приводить к образованию ударных волн с тем или иным разрушением окружающих объектов;

- нагрев цистерны с СУГ в очаге пожара, в результате чего происходит повышение температуры жидкости с соответствующим увеличением давления паров внутри емкости, а также увеличение температуры стенок цистерны, особенно в ее верхней части, не смываемой жидкой фазой. Вследствие этого возможен разрыв цистерны, мгновенное вскипание и воспламенение ее содержимого с образованием огненного шара.

Каждая аварийная ситуация с учетом СУГ может иметь различные варианты развития.

Вариант 1. Истечение СУГ при разгерметизации трубопроводов, отказе запорной арматуры, при возникновении пробоины.

При этом возможны следующие ситуации:

ситуация 1.1 – устойчивое факельное горение;

ситуация 1.2 – образование взрывоопасного облака с последующим взрывом ТВС.

В зависимости от условий горения ситуация 1.1 устойчивое факельное горение может иметь следующее развитие:

- непосредственный контакт пламени с корпусом аварийной или соседней цистерны отсутствует. В этом случае опасность разрушения цистерны незначительна.

- факел пламени СУГ обтекает корпус аварийной или соседней цистерны с СУГ. В этом случае возможно разрушение цистерны от увеличения внутреннего давления СУГ и ослабления прочностных свойств стенок цистерны

вследствие ее нагрева. При разрушении цистерны происходит выброс СУГ С образованием огненного шара.

При ситуации 1.2 образование взрывоопасного облака можно ожидать следующее развитие:

- пожары в соседних зданиях и сооружениях;
- пожар на месте истечения;
- разрушение соседних цистерн, зданий и сооружений.

Вариант 2. Разлив в результате возникновения пробоины разгерметизации или схода цистерн с рельсов.

При этом возможны следующие ситуации развития аварии:

ситуация 2.1 – пожар на месте разлива продукта;

ситуация 2.2 – образование взрывоопасного облака с последующим взрывом ТВС.

В зависимости от условий горения ситуация 2.1 пожар на месте разлива продукта может иметь следующее развитие:

- непосредственный контакт пламени с корпусом аварийной или соседней цистерны отсутствует. В этом случае опасные разрушения цистерны незначительна:
- аварийная или соседняя цистерна находиться в зоне пожара. В этом случае возможно разрушение цистерны, выбросом СУГ образованием огненного шара.

Ситуация 2.2 образование взрывоопасного облака с последующим взрывом ТВС может иметь следующее развитие:

- пожары в соседних зданиях и сооружениях;
- пожар на месте истечения;
- разрушение соседних цистерн, зданий и сооружений.

2.2 Особенности развития пожара при горении СУГ на подвижном составе

Сжиженные газы перевозятся под высоким давлением, поэтому при эксплуатации котлов цистерн для сжиженных газов должны соблюдаться правила и требования, установленные для емкостей, работающих под давлением.

Котлы изготавливаются из низколегированной стали толщиной 9—32 мм. Верхняя часть обычно закрыта теневой защитой. Все цистерны снабжены предохранительно-контрольной арматурой, устройствами заполнения и опорожнения котлов.

На горловине цистерн находятся предназначенные для технологических нужд патрубки с вентилями и клапанами, которые при перевозках закрываются крышкой и пломбируются. При повышении давления в цистернах более допустимой величины (0,8—3,0 МПа в зависимости от типа цистерны и вида перевозимого груза) срабатывает предохранительный клапан, при этом опрокидывается крышка люка.

При пожаре вагонов и цистерн со сжиженными газами возможно:

- утечка сжиженного газа при нарушении герметичности запорной арматуры и наличии пробоин с образованием струйного факела пламени;

- образование газовоздушной смеси вне цистерны при утечке газа, при этом зона загазованности может достигать площади 2500 м^2 и иметь протяженность до 250 м;

- взрыв газовоздушной смеси;

- взрыв цистерны при воздействии на нее открытого пламени и теплового излучения;

- высокое тепловое излучение пламени.

Сжиженные углеводородные газы обладают малым объемным весом, их пары не менее чем в 1,5—2 раза тяжелее воздуха. Температура кипения сжиженных газов, перевозимых в цистернах, находится в пределах от - 0,5 до - 50 °С и ниже. При испарении 1 кг жидкого газа в нормальных условиях образуется 380 - 530 л газообразного продукта (пара).

Высокая испаряемость и парообразующая способность газов обусловливает большую скорость их выгорания и значительные размеры пламени. Высота струи газового факела достигает 35 м, а длина — 50 м. Пламя факела может иметь температуру до 1500 °С.

При значительных повреждениях цистерн выходящий жидкий газ не успевает сгорать в факеле и растекается на грунте. Под действием пламени растекающегося жидкого газа и факелов интенсивно нагреваются соседние объекты и подвижной состав, что приводит к увеличению зоны горения.

Сжиженные газы имеют большой коэффициент объемного расширения. Поэтому при нагреве котлов цистерн в них быстро растет давление и возникает угроза взрыва, так как предохранительные клапаны не успевают выпускать пары в атмосферу. В котлах цистерн торцевые стенки наиболее слабые места для разрыва. При разрыве торцевых стенок и выходе из котла жидкого газа образуется реактивная сила, которая способна переместить цистерну или отбросить ее на значительное расстояние.

При авариях с СУГ площадь зоны загазованности при разгерметизации одной цистерны СУГ достигает 2500 м^2 и может иметь протяженность до 250 м. При попадании цистерны, заполненной СУГ, в факел пламени в ней резко повышается давление, предохранительные клапаны не успевают стравливать газ и через 16—25 мин цистерна разрушается со взрывом, выбросом пламени на высоту до 150 м и образованием новых очагов горения на расстоянии до 150 м. При этом образуется огненный шар диаметром до 120 м. Осколки взорвавшейся цистерны разбрасываются на расстояние до 150 м, в отдельных случаях - до 450 м. Иногда взрыв срывает цистерну с рамы и отбрасывает ее на расстояние до 80 м.

Взрыв одной железнодорожной цистерны с СУГ способствует проливу СУГ в зависимости от состояния балласта железнодорожных путей и рельефа местности и увеличению площади пожара.

Быстрее всего пожар развивается при разливе СУГ из железнодорожных цистерн в результате аварий, столкновения или крушения поездов. При этом

цистерны опрокидываются и повреждаются, вследствие чего площадь пожара может достигать 10 тыс. м^2. По разлитому продукту горение распространяется не только на ближайшие поезда, но и на соседние складские, производственные и административные здания, а в некоторых случаях — на постройки прилегающих районов.

Характерной особенностью рассматриваемых пожаров является значительная скорость роста площади горения. Обычно она составляет около 330 м^2/мин, а иногда достигает 1000 м^2/мин. Если в результате аварии цистерн СУГ растекается без горения, то при воспламенении предварительно разлитой жидкости рост площади пожара будет характеризоваться скоростью распространения пламени по поверхности продукта, которая определяется его физико-химическими свойствами. Если же воспламенение продукта происходит одновременно с аварией, то скорость роста площади пожара будет определяться гидродинамическими свойствами потока жидкости, зависящими от ее расхода, уклона местности, вязкости продукта и скорости выгорания.

2.3 Характерные особенности при тушении подвижного состава

Наиболее характерными особенностями пожарной опасности объектов железнодорожного транспорта в отличие от объектов городской застройки и промышленных предприятий являются:

- участие в перевозочном процессе большого числа железнодорожных составов, что затрудняет эвакуацию подвижного состава в безопасное место, подъезд пожарной техники и прокладку рукавных линий для тушения пожара;

- наличие на объектах значительного количества разнообразного подвижного состава (пассажирские, рефрижераторные, крытые грузовые вагоны, полувагоны, платформы, цистерны, тепловозы, электровозы и др.) с различными ГЖ, ЛВЖ, СУГ, твердыми горючими материалами с пожарной нагрузкой 1000 кг/м^2 и более;

- наличие на сортировочных, грузовых и участковых станциях складских помещений, открытых и полузакрытых (под навесами) складов с пожаро- и взрывоопасными, отравляющими, ядовитыми и другими опасными веществами и материалами;

- недостаточность противопожарного водоснабжения на станциях, а зачастую и его отсутствие в парках подвижного состава, а также на промежуточных разъездах и перегонах;

- наличие искусственных сооружений (тоннелей, мостов), которые являются исключительно опасными объектами при возникновении пожара. Как правило, такие объекты имеют недостаточную противопожарную защиту;

- наличие на многих участках железных дорог, особенно в районах газо- и нефтедобычи, мест пересечения и сближения железнодорожных путей с продуктопроводами;

- наличие, как правило, только на крупных станциях пожарных поездов, способных к тушению пожаров в труднодоступных местах, особенно на перегонах, не имеющих подъездов из населенных пунктов для использования другой пожарной техники;

- наличие контактной сети напряжением до 25 кВ.

3 Примеры и способы тушения пожаров на подвижном составе

3.1 Общие положения

Боевые действия по тушению пожаров следует проводить согласно требованиям Боевого устава пожарной охраны и настоящего Руководства. Они включают в себя обработку вызовов, выезд и следование к месту вызова (пожара), разведку, спасание людей и имущества, боевое развертывание, ликвидацию горения, выполнение специальных работ, сбор и возвращение в подразделение.

Порядок привлечения сил и средств для тушения пожаров определяется Государственной противопожарной службой и утверждается:

- на межрегиональном уровне, федеральными органами государственной власти;

- на территориальном и местном уровнях, соответственно органами государственной власти субъектов Российской Федерации и органами самоуправления.

Основными подразделениями, выполняющими боевые задачи, являются пожарные поезда и команды ЖДТ, пожарные части Государственной противопожарной службы МЧС России (далее - ГПС). В вопросах организации службы, тушения пожаров и проведении связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ (далее - тушение пожара) пожарные подразделения руководствуются требованиями действующих в МЧС России и ВО ЖДТ России нормативных документов.

В соответствии с соглашением между МЧС и ВО ЖДТ о порядке осуществления государственного пожарного надзора и других полномочий ГПС на объектах ВО ЖДТ при получении сообщения о пожаре на объектах и в подвижном составе железнодорожного транспорта оба министерства информируют друг друга. При необходимости организуют совместную работу по тушению пожара.

Управления (отделы) ГПС МЧС совместно со службами (отрядами) ВО ЖДТ определяют порядок привлечения пожарных подразделений железных дорог для тушения пожаров в населенных пунктах и объектах народного хозяйства. Этот порядок доводится до сведения руководства соответствующих отделений дорог путем согласования с ними расписаний выездов (планов привлечения сил и средств), утверждаемых местными органами исполнительной власти.

3.2 Оповещение о аварии

Своевременно поступившее сообщение о пожаре в пожарные подразделения во многом предопределяет успех его тушения.

При поступлении сообщения о пожаре дежурному по станции или поездному диспетчеру необходимо уточнить следующую информацию:

- адрес пожара или иные сведения о месте пожара, время возникновения пожара;

- наличие и характер опасности жизни и здоровью людей;

- особенности объекта, на котором возник пожар;

- при пожаре в подвижном составе - наименование и количество груза в горящем и смежных с ним вагонах;

- фамилию, имя, отчество заявителя;

- иные сведения о пожаре, которые могут повлиять на успех тушения пожара.

Полученную информацию дежурный по станции или поездной диспетчер незамедлительно передает в пожарные подразделения и другие службы и подразделения ВО ЖДТ и МЧС согласно представленной на рисунке 3.

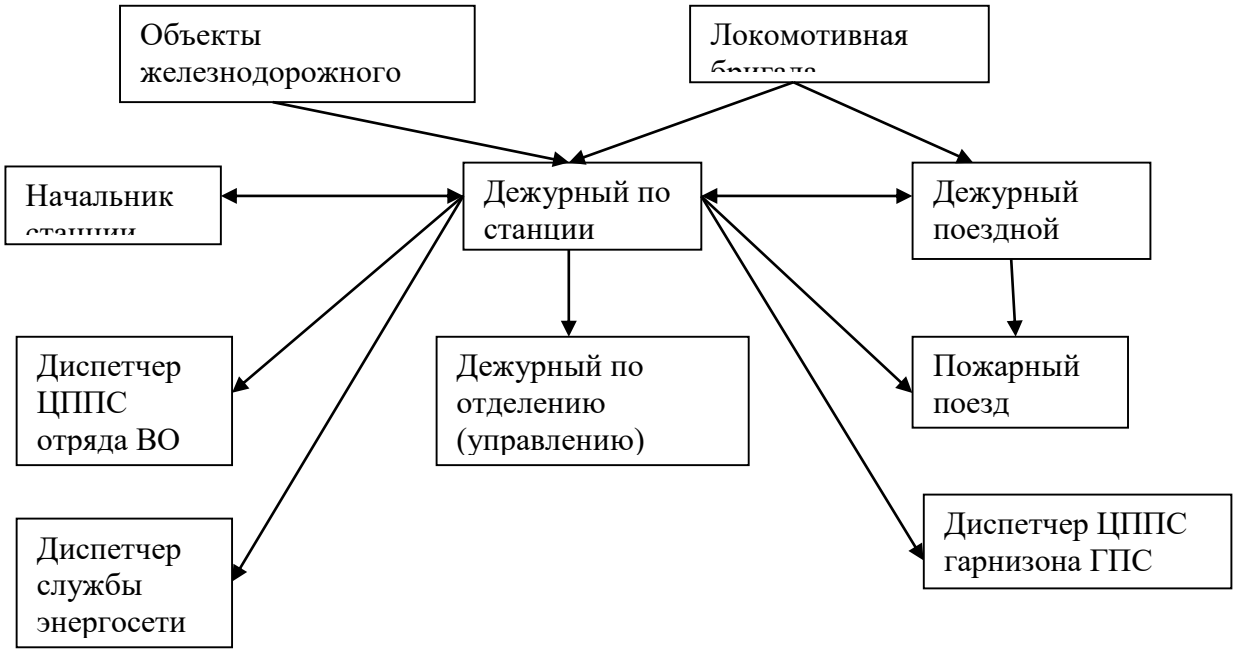

Рисунок 3 – Схема оповещения при тушении пожаров

Сообщение должно включать в себя описание характера аварийной ситуации, сведения о наличии пострадавших, содержащиеся в перевозочных документах, наименование груза, номер аварийной карточки (номер ООН груза при наличии), количество опасного груза в зоне аварийной ситуации, а на электрифицированных участках — сведения о необходимости снятия напряжения в контактной сети.

После передачи сообщения об аварийной ситуации локомотивная бригада принимает меры, руководствуясь указаниями, содержащимися в аварийной карточке на данный опасный груз.

Планом предусматривается ответственность за организацию тушения пожара до прибытия подразделений ГПС и возлагается на начальника станции (заместителя) или дежурного по станции.

Начальник станции или его заместитель после получения сообщения от дежурного по станции о возникновении пожара (загорания) на объектах железнодорожного транспорта или в подвижном составе обязан:

- установить вид груза, содержащегося в горящих и смежных вагонах;
- принять меры по рассредоточению вагонов и составов на безопасные расстояния от очага пожара (горящего вагона, места разлива и горения ЛВЖ, сжиженных газов и т.п.) - по длине пути не менее 200 м. Освободить не менее трех соседних путей с обеих сторон от очага пожара;
- с наветренной стороны предусмотреть не менее двух свободных путей для размещения прибывающих пожарных и восстановительных поездов;
- проконтролировать через энергодиспетчера выполнение работ по обесточиванию и заземлению контактной сети и выдачу письменного разрешения руководителю тушения пожара (РТП) на ведение работ по тушению пожара;
- при большом количестве составов на станции произвести их расцепку для прокладки рукавных линий от пожарных автомобилей;
- производить эвакуацию подвижных составов, особенно с людьми и опасными грузами, в безопасную сторону с учетом преобладающего

направления развития пожара, создающего угрозу парку станции, станционным сооружениям и застройке;

- до прибытия на место пожара пожарных подразделений организовать тушение пожара силами добровольных пожарных дружин с помощью первичных средств пожаротушения. Подавать огнетушащее средство можно только после выяснения вида груза, руководствуясь рекомендациями, указанными в аварийной карточке;

- по возможности организовать прокладку рукавной линии от ближайших водоисточников; производить защиту (обеспечить безопасность) персонала станции, занимающегося рассредоточением подвижных составов, с помощью подачи распыленных струй;

- принять меры для повышения давления в водопроводной сети объекта до нормативной величины, сократить, при необходимости, водопотребление на хозяйственные нужды;

- обеспечить встречу оперативных пожарных подразделений и доложить прибывшему старшему начальнику о характере пожароопасной ситуации или пожара.

3.3 Мероприятия по предотвращению пожара при возникновении аварий

При факельном горении СУГ из пробоины или предохранительного клапана аварийной цистерны и отсутствии воздействия факела на аварийную или смежную цистерну опасность взрыва цистерны незначительна. Тушение факела в этом случае производить не следует. При этом необходимо:

- обеспечить охлаждение корпуса цистерны подачей распыленной воды в местах возможного нагрева;

- произвести эвакуацию аварийной цистерны в безопасное место (200—300 м) от состава;

- обеспечить контролируемое выгорание газа.

Если корпус аварийной или смежной цистерны находится в зоне

пламени, то вследствие их нагрева существует угроза взрыва с образованием огненного шара. В этом случае никаких действий по тушению пожара не производить, обеспечить эвакуацию личного состава за пределы 300-метровой зоны. Производить орошение пожара и защиту смежных объектов от возможного воспламенения под воздействием тепловых потоков.

В случае возникновения аварии с повреждением корпуса цистерны или предохранительного клапана и наличии истечения негорящего СУГ существует угроза образования зоны с взрывоопасной концентрацией. Необходимо принять меры по ликвидации возможных источников воспламенения, удалить весь личный состав на безопасное расстояние, производить распыление газовоздушного облака водяными струями.

При тушении пожара в вагонах и цистернах со сжиженными газами необходимо:

- организовать усиленное охлаждение горящих и соседних цистерн и арматуры, находящихся в опасной зоне теплового воздействия, мощными водяными струями с интенсивностью, указанной в приложении 2 настоящего Руководства;

- удалить весь подвижной состав на расстояние не менее 200 м от горящей цистерны (вагона);

- работать со стволами из-за укрытия, в качестве которого можно использовать складки местности, искусственные сооружения, порожние или груженые негорючим грузом цельнометаллические вагоны (полувагоны) и т.д.;

- приступать к ликвидации горения факела только после принятия мер по предотвращению опасных последствий, связанных с выходом негорящего газа, либо при готовности аварийных служб к действиям по прекращению утечки газа;

- при одновременном горении струи газа и продукта на земле вначале тушат огонь на земле, а затем у факелов;

- заблаговременно приготовить места для укрытия личного состава на

случай опасности взрыва и объявить сигналы отхода (места укрытия подбирать преимущественно с наветренной стороны не ближе 100—150 м от места пожара);

- при отводе личного состава из опасной зоны действующие стволы оставить на месте, предварительно закрепив их подручными средствами;

- не допускать расположения личного состава около торцевых стенок цистерн;

- посылать людей в опасные зоны только по разрешению оперативного штаба и в случае крайней необходимости, обеспечив их надежной страховкой;

- для предохранения личного состава от опасных ожогов снабдить их ватными телогрейками и брюками, подшлемниками, теплоотражательными костюмами и различными экранами;

- обеспечить контроль за состоянием газовоздушной среды на прилегающей к месту пожара территории, в помещениях зданий и подвижном составе.

Для защиты соседних цистерн могут быть использованы брезенты, войлочная кошма и асбестовые полотна с после дующим смачиванием их водой.

Тушение факела производить мощными струями воды или огнетушащими порошками только после необходимой подготовки, включающей орошение факела пламени, защиту соседних объектов и сосредоточение необходимого количества сил и средств.

Горение пролитого продукта на земле, в лотках, колодцах, траншеях и канализации, если его слой составляет более 3 см, следует ликвидировать пеной средней кратности или огнетушащими порошками. При меньшем количестве продукта можно применять распыленные водяные струи, подаваемые под давлением у ствола не менее 6 атм.

При тушении факелов воду подавать до полного прекращения выхода газа из цистерны или устранения повреждений силами аварийных бригад.

При невозможности ликвидировать горение факела газа допускается

свободное его выгорание при непрерывном охлаждении поверхности котла цистерны водяными струями.

Во избежание воспламенения и взрыва газового облака, распространяющегося по территории, все машины, агрегаты и установки с огневым действием, расположенные с подветренной стороны на расстоянии 200—300 м, должны быть отключены. В этих же целях запрещается движение по загазованной территории подвижного состава и автотранспорта и организуется патрулирование.

3.4 Основные меры безопасности при аварии на подвижном составе

При возникновении пожароопасной ситуации или пожара в подвижном составе, имеющем цистерны с СУГ, ЛВЖ и ГЖ, на железнодорожных станциях, перегонах, сливо-наливных эстакадах, на путях промышленных предприятий, при проведении маневровых работ руководители, диспетчеры, машинисты и другие работники железнодорожного транспорта должны действовать в соответствии с Планом ликвидации пожаров и аварийных ситуаций на станциях железных дорог, утвержденным начальником отделения железной дороги и согласованным с местным органом ГПС МЧС России.

При возникновении пожаров СУГ на железнодорожных станциях, перегонах (в пути следования) администрация станции, диспетчер, машинисты и другие работники железнодорожного транспорта должны руководствоваться основными положениями данного Руководства по тушению пожаров на железнодорожном транспорте и других нормативных документов.

При утечке СУГ следует прекратить движение поездов и маневровые работы, не относящиеся к ликвидации аварии, устранить источники зажигания (огонь, искры и др.).

При интенсивной утечке дать газу полностью выйти из цистерны. При этом следует вести постоянный контроль за образованием возможных зон

загазованности в радиусе 200 м, пока газ не рассеется вызвать на место аварии оперативные подразделения пожарной охраны, аварийную группу и газоспасательную службу данного района. Оповестить об опасности органы власти. Не допускать попадания СУГ в тоннели, подвалы, канализацию.

При незначительных и умеренных утечках СУГ (интенсивность истечения до 10 кг/с) следует на место истечения газа направлять газо-водяные струи от автомобиля газоводяного тушения для рассеивания облака истекающего газа.

При загорании истекающего СУГ при отсутствии на месте аварии пожарных подразделений необходимо локализовать пожар и создать условия для безопасного выгорания продукта, вытекающего из поврежденной цистерны или коммуникаций эстакады.

Если температура кипения СУГ выше температуры окружающей среды, то при интенсивной утечке оградить валом разлившуюся жидкость, перекачать в авто- или железнодорожную цистерну. Использовать распыленную воду для осаждения паров жидкости.

Тушение пожара допускается в тех случаях, когда:

- технически невозможно организовать эффективную защиту соседнего оборудования (цистерны, резервуара, трубопровода, газопровода и т.д.) и создалась критическая обстановка, при которой продолжение горения может привести к катастрофе или стихийному характеру развития пожара;

- обеспечены меры безопасности, исключающие возможность образования зон взрывоопасной концентрации паров и газов после ликвидации горения и их повторное воспламенение.

Решение на непосредственное тушение пожара принимает РТП после согласования с руководителем ликвидации последствий аварии и специалистами.

Охлаждение находящихся в зоне пожара железнодорожных цистерн с СУГ осуществляют путем подачи, распыленной воды на верхнюю часть корпуса цистерны, что способствует также наиболее равномерному и

быстрому снижению температуры на боковых поверхностях цистерны.

При наличии в зоне пожара цистерн с СУГ в первую очередь необходимо принять меры по их защите путем охлаждения и выводу их из зоны пожара. Для предотвращения воспламенения цистерн не допускается производить их эвакуацию через зону пожара. При невозможности их эвакуации охлаждение должно производиться непрерывно одновременно с двух сторон. Личный состав подразделений пожарной охраны должен работать в тепло-отражательных или теплозащитных костюмах. Боевые позиции для личного состава следует выбирать с учетом вероятности образования взрывов и огненных шаров (удобнее всего их располагать под прикрытием вагонов на соседних путях).

Для ликвидации пожара железнодорожных цистерн с СУГ и зашиты оборудования и негорящих цистерн, как правило, должны применяться компактные и распыленные струи воды, воздушно-механическая пена низкой и средней кратности, порошковые составы, подаваемые от передвижной пожарной техники.

Защита от воздействия тепловых потоков на соседние цистерны осуществляется путем орошения факела пламени распыленной водой, охлаждения поверхности соседних цистерн и оборудования водой или пеной, а также путем устройства водяных завес.

Для тушения продукта, разлитого на поверхности земли, используются водяные струи, причем компактные струи - для смыва горящей жидкости, а распыленные - для тушения.

Для тушения факельного истечения, как правило, используют водяные струи, для разлитых нефтепродуктов и СУГ —пенные.

Порошковые составы могут применяться для тушения как струйных факелов, так и для разлитого нефтепродукта.

При тушении факела порошковую струю подают в место истечения продукта и постоянно перемещают ее по оси факела до полного срыва пламени.

При тушении разлитого ЛВЖ или СУГ порошковую струю подают с

ближнего края разлива с последующим охватом всей площади горения.

Совместное применение порошковых и водяных средств одновременно не рекомендуется.

4 Физико-химическое свойства сжиженного пропана

Пропан, C_3H_8 — горючий бесцветный газ. Органическое вещество класса алканов. Содержится в природном газе, образуется при крекинге нефтепродуктов, при разделении попутного нефтяного газа, природного газа, как побочная продукция при различных химических реакциях. Чистый пропан не имеет запаха, однако в технический газ могут добавляться компоненты, обладающие запахом. Как представитель углеводородных газов пожаровзрывоопасен. Малотоксичен, но оказывает вредное воздействие на центральную нервную систему (обладает слабыми наркотическими свойствами).

Физико-химические свойства: Бесцветный газ. Молекулярная масса 44,096; температура кипения – 42,06°С; $\lg p = 5{,}95547 - 813{,}864/(248{,}116 + t)$ при температурере от –189 до –42°С; коэффициент дифференциального газа в воздухе 0,0977 см^2/с; теплота образования –103,8 кДж/моль; теплота сгорания –2044 кДж/моль.

Пожароопасные свойства: Горючий газ температура воспламенения– 96°С; температура самовоспламенения 470°С; концентрационный пределы распространения пламени, % об.: 2,3–9,4 в воздухе, 2,3–55 в кислороде, 2,1–25 в гемиоксиде азота, 5–40 в хлоре, 6,5–33,5 в диоксиде азота приведены в таблице 2; максимальное давления взрыва 843 кПа; максимальная скорость нарастания давления 24,8 МПа/с; минимальная энергия зажигания 0,25 мДж; МВСК и минимальный флегматизатор концетрации (далее - МФК) при разбавлении воздушно-пропановых смесей флегматизаторами приведены в таблице 2.1; нормальная скорость распространения пламени 0,39 м/с; средства тушения приведена в таблице 2 – 3

Таблица 2 – Концентрационный предел распространения пламени

Наименование	Предел возгорании смеси, %		
	НКПР		ВКПР
В воздухе	2,3	–	9,4
В кислороде	2,3	–	5,5

Таблица 3 – Рекомендации по средствам и нормам тушения

Характер горения	Интенсивность подачи средств тушения			
	Воздушно-механическая пена средней кратности (по раствору)	Распыленная вода	Порошок	Хладоны
СУГ, под слоем гравия	1,0 $л \cdot с^{-1} \cdot м^{-2}$	5,0 $л \cdot с^{-1} \cdot м^{-2}$	-	-
СУГ, на свободной поверхности	1,0 $л \cdot с^{-1} \cdot м^{-2}$	-	1,0 $кг \cdot с^{-1} \cdot м^{-2}$	-
Компактная струя СУГ	-	3,5 $л \cdot кг^{-1}$	4,0 $кг \cdot кг^{-1}$	4,5 $кг \cdot кг^{-1}$
Распыленная струя СУГ	-	3,5 $л \cdot кг^{-1}$	4,0 $кг \cdot кг^{-1}$	4,5 $кг \cdot кг^{-1}$

5 Расчет пожарной обстановки при аварии со сжиженным углеводородным газом

5.1 Моделирование развития пожара и прогнозирования зон воздействия опасных факторов аварий со сжиженным газом на сортировочной станции «Красноярск-Восточный» Красноярской железной дороги

Пожары могут возникать в любой части станции, но наиболее сложными являются пожары при авариях со СУГ площадь зоны загазованности при разгерметизации одной цистерны СУГ достигает 2500 $м^2$ и может иметь протяженность до 250 м. При попадании цистерны, заполненной СУГ, в факел пламени в ней резко повышается давление, предохранительные клапаны не успевают стравливать газ и через 16 – 25 мин цистерна разрушается со взрывом,

выбросом пламени на высоту до 150 м и образованием новых очагов горения на расстоянии до 150 м. При этом образуется огненный шар диаметром до 120 м. Осколки взорвавшейся цистерны разбрасываются на расстояние до 150 м, в отдельных случаях - до 450 м. Иногда взрыв срывает цистерну с рамы и отбрасывает ее на расстояние до 80 м.

Характерной особенностью рассматриваемых пожаров является значительная скорость роста площади горения. Обычно она составляет около 330 м^2/мин, а иногда достигает 1000 м^2/мин. Если в результате аварии цистерн СУГ растекается без горения, то при воспламенении предварительно разлитой жидкости рост площади пожара будет характеризоваться скоростью распространения пламени по поверхности продукта, которая определяется его физико-химическими свойствами. Если же воспламенение продукта происходит одновременно с аварией, то скорость роста площади пожара будет определяться гидродинамическими свойствами потока жидкости, зависящими от ее расхода, уклона местности, вязкости продукта и скорости выгорания. Эти данные и легли в основу моего тактического замысла.

Инструкция о порядке действий станционного диспетчера при обнаружении пожара или при получении информации о его возникновении.

Обязанности станционного диспетчера:

- немедленно доложить о возникновении пожара;

а) руководству станции;

б) поездному диспетчеру;

в) начальнику смены диспетчерского центра или его помощнику;

г) начальнику пожарного поезда.

- вызвать пожарную часть «Зыково», «Березовка» и пожарный поезд станции «Красноярск»;

- организовать тушения пожара работающей смены с применением первичных средств пожаротушения при строгом соблюдении мер личной безопасности и защиты работников, выполняющих операции по эвакуации подвижного состава и опасных грузов;

- организовать рассредоточение вагонов и составов на безопасное расстояние от очага пожара на расстоянии не менее 200 метров;

- организовать освобождение от подвижного состава не менее трех соседних путей с обеих сторон от очага пожара;

- проконтролировать отключение и заземление контактной сети на участках работы пожарных подразделений и пожарного поезда;

- после прибытия пожарных подразделений действия работников по эвакуации и рассредоточению подвижного состава осуществлять по согласию с руководителем тушения пожара;

- периодически докладывать руководству станции и дороги о ситуации на месте пожара.

Типовая авария 1. На сортировочной станции «Красноярск-Восточный» Красноярской железной дороги из-за нарушения техники безопасности при сортировке с сортировочной горки произошел уход с места стоянки цистерн с пропаном, которое неконтролируемо двигаясь по железнодорожным путям совершили столкновение с стоящим вагоном. Цистерн стандартная объемом 54 $м^3$, загрузка СУГ 24 т, степень заполнения 0,85. При столкновении цистерна с пропаном получила пробоину ниже уровня жидкости, произошел пролив СУГ и образовалось облако ТВС. От источника воспламенения произошел взрыв облака ТВС и образовалось устойчивое горение СУГ.

Образование зоны разлива СУГ (последующая зона пожара). Образование зоны взрывоопасных концентраций с последующим взрывом ТВС (зона мгновенного поражения пожара-вспышки). Образование зоны избыточного давления воздушной ударной волной. Образование зоны критических тепловых потоков при горении СУГ на площади разлива. Разрушение цистерны с выбросом СУГ и образованием огненного шара. Образование зоны теплового излучения огненного шара.

Исходные данные:

Внутренний диаметр D, м 2,6

Расчетная температура воздуха $t_р$, ^{0}С	28
Плотность жидкой фазы $\rho_ж$, т · м$^{-3}$	0,52
Нижний концентрационный предел распространения пламени $С_{нкпр}$, % (об)	2,0
Плотность паров СУГ $\rho_п$, кг · м$^{-3}$	1,78
Давление в цистерне Р, Па	$8 \cdot 10^5$
Молярная масса $М_м$, кг · кмоль$^{-1}$	44

Расчет размеров взрывоопасных зон.

Масса газа в облаке ТВС при истечении СУГ из цистерны в случае нахождения отверстия ниже уровня жидкости. ($М_р$) определяют по формуле:

$$M_p = 36 \cdot \rho \cdot S_0 \cdot [\frac{2 \cdot (P - P_a)}{\rho + 1{,}2 \cdot g \cdot H}]^{1/2} \qquad (5.1)$$

$$M_p = 36 \cdot 520 \cdot 0{,}0254 \cdot [\frac{2 \cdot (8 \cdot 10^5 - 1{,}01 \cdot 10^5)}{520 + 1{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot 2{,}6}]^{1/2} = 24000 кг$$

где ρ – плотность жидкой фазы СУГ, кг/м^3;

S_0 – площадь сечения отверстия, м^2;

Р – давление в цистерне, Па;

$Р_а$ – атмосферное давление. Па (нормальное атмосферное давление составляет 1.01 · 10^5 Па);

g – ускорение свободного падения, 9,81 с/с^2;

Н – высота столба жидкой фазы (диаметр котла цистерны), м.

Радиус зоны загазованности определяют по формуле:

$$X_{НКПР} = 14{,}6 \cdot (\frac{M_p}{\rho_П C_{НКПР}}]^{1/3} = 14{,}6 \cdot (\frac{24000}{1{,}78 \cdot 2{,}3})^{1/3} = 262 м \qquad (5.2)$$

где $X_{нкпр}$ – расстояние по горизонтали от источника, ограниченное НКПР, м;

$M_р$ – масса газа, поступившего в окружающее пространство (масса газа в облаке ТВС), кг;

$C_{нкпр}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени, % (об);

$\rho_п$ – плотность паров СУГ, кг/м^3.

Масса СУГ в огненном шаре определяют по формуле:

$$M_{ош} = 0{,}6 \cdot M_р = 0{,}6 \cdot 24 = 14{,}4т \qquad (5.3)$$

где $M_р$ – масса ТВС, т.

Если $M_{ош}$ <1 т, то огненный шар не образуется.

Радиус огненного шара $R_{ош}$ определяют по формуле:

$$R_{ош} = 29 \cdot M_{ош}^{1/3} = 29 \cdot 14{,}4^{1/3} = 70м \qquad (5.4)$$

Время его существования $t_{ош}$ определяют по формуле:

$$t_{ош} = 4{,}5 \cdot M_{ош}^{1/3} = 4{,}5 \cdot 14{,}4^{1/3} = 11с \qquad (5.5)$$

Определения величины избыточного давления.

Для расчета границ зон поражения людей и зданий при взрыве облаков ТВС определяют по формуле:

Для расчета границ зон поражения людей:

$$R_1 = 32 \cdot M_р^{1/3}, м \qquad (5.6)$$

$$R_5 = 360 \cdot M_р^{1/3}, м$$

Для расчета границ зон повреждения зданий:

$$R_1 = 32 \cdot M_p^{1/3}, м$$

$$R_2 = 45 \cdot M_p^{1/3}, м$$

$$R_3 = 64 \cdot M_p^{1/3}, м$$

$$R_4 = 120 \cdot M_p^{1/3}, м$$

$$R_5 = 360 \cdot M_p^{1/3}, м$$

Относительная величина расстояния вычисляется по следующей формуле и ΔP находится с использованием рисунка – 4

$$X_p = \frac{R_i}{(0{,}42 \cdot M_p)^{1/3}} \qquad (5.7)$$

где R_i – расстояние от места взрыва, м;

M_p - масса газа в облаке, т.

Определяем радиус зон поражения и величину избыточного давления во фронте ударной волны при взрыве облака ТВС по формуле (5.6-5.7)

Границы зон поражения людей:

- тяжелые поражения $R_1 = 32 \cdot 24^{1/3} = 93м,$ $X_{p1} = 42,$ $P_1 = 100кПа;$
- порог поражения $R_2 = 360 \cdot 24^{1/3} = 1037м,$ $X_{p2} = 471,$ $P_2 = 2{,}8кПа;$

Границы повреждения зданий:

- полные разрушения $R_1 = 32 \cdot 24^{1/3} = 93м,$ $X_{p1} = 42,$ $P_1 = 100кПа;$
- сильные разрушения $R_2 = 45 \cdot 24^{1/3} = 129м,$ $X_{p2} = 59,$ $P_2 = 53кПа;$
- средние разрушения $R_3 = 64 \cdot 24^{1/3} = 184м,$ $X_{p3} = 83,$ $P_3 = 33кПа;$
- умеренные разрушения $R_4 = 120 \cdot 24^{1/3} = 345м,$ $X_{p4} = 156,$ $P_4 = 15кПа;$
- малые повреждения $R_5 = 360 \cdot 24^{1/3} = 1037м,$ $X_{p5} = 471,$ $P_5 = 2{,}8кПа.$

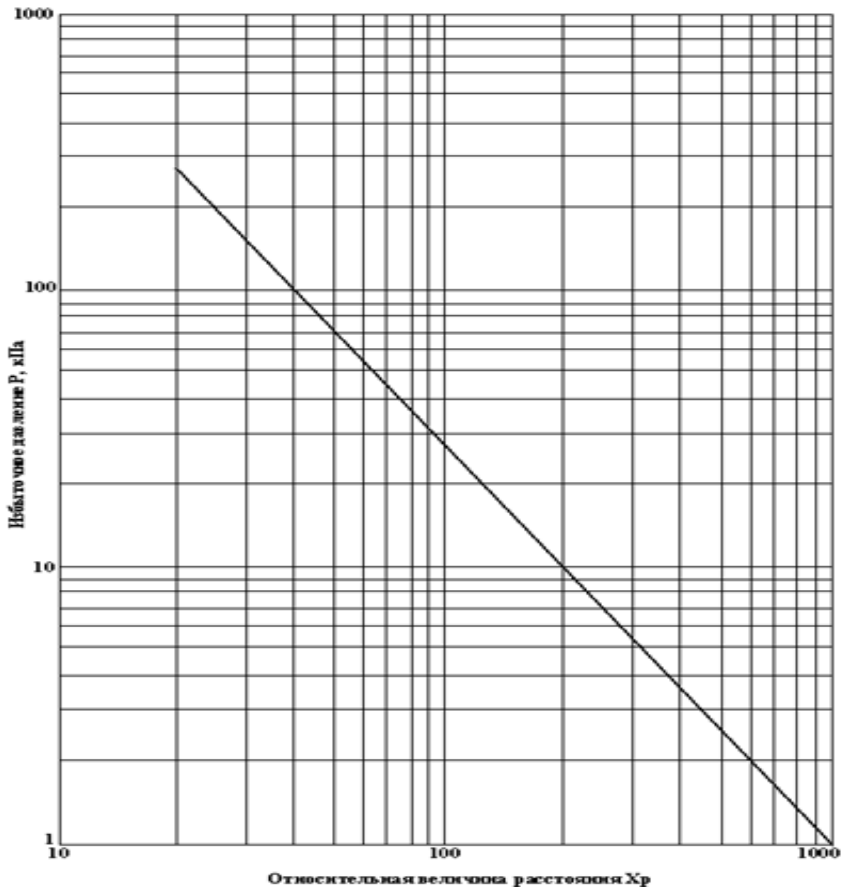

Рисунок 4 – Зависимость избыточного давления взрыва ТВС от относительной величины расстояния.

Коэффициент облученности между факелом пламени и элементарной площадкой на поверхности облучаемого объекта при $r_п = R_{ош} = 70$ м и r = 100м определяют по формуле:

$$\varphi = \frac{r_n^2 \cdot r}{(r_n^2 + r^2)^{1,5}} \cdot [1 - 0,058 \ln(r)] = \frac{70^2 \cdot 100}{(70^2 + 100^2)^{1,5}} \cdot [1 - 0,058 \ln 100] = 0,197 \qquad (5.8)$$

где φ – коэффициент облученности между факелом пламени и элементарной площадкой на поверхности облучаемого объекта.

r_n – радиус факела пламени, определяемый по формуле, м;

r – расстояние по горизонтали от очага пожара, м.

Величина плотности теплового излучения q (кВт/м^2) на заданном расстоянии r = 100 от огненного шара вычисляется по формуле:

$$q = E \cdot \varphi = 200 \cdot 0{,}197 = 39{,}4 кВт / м^2 \quad (5.9)$$

где E – среднеповерхностная плотность теплового излучения факела пламени 200 кВт/м^2;

φ – коэффициент облученности между факелом пламени и элементарной площадкой на поверхности облучаемого объекта.

Вероятность поражения людей тепловым потоком зависит от индекса дозы теплового излучения (I), который определяется по формуле:

$$I = t_{ош} \cdot (1000 \cdot q)^{4/3} = 11 \cdot (1000 \cdot 39{,}4)^{4/3} = 1{,}4 \cdot 10^7 \quad (5.10)$$

Площадь пожара равна площади розлива.

Полная масса пролитого пропана при разрушении одной цистерны определяется по формуле:

$$M_1 = V_ц \cdot e \cdot \rho_ж = 54 \cdot 0{,}85 \cdot 520 = 24000 кг, \quad (5.11)$$

где $V_ц$ – объем цистерны, м^3;

e – степень заполнения цистерны (0,85);

$\rho_ж$ - плотность жидкости (пропан), 520 кг/м^3;

Определяем зоны аварийного разлива СУГ.

Количество пролитой жидкости, образующей возможную площадь горения, определяется по формуле:

$$M_2 = M_1 \cdot (1 - K_б) = 24000 \cdot (1 - 0{,}24) = 18240 кг, \quad (5.12)$$

где M_1 – общая масса пролитого продукта, кг;

$K_б$ = 0,24 – коэффициент, учитывающий уход разлитого пропана в балласт.

Площадь разлива оценивается по формуле:

$$S_р = \frac{M_2}{h_{сл} \cdot \rho_ж} = \frac{18240}{0{,}29 \cdot 520} = 121 м^2, \quad (5.13)$$

где $h_{сл}$ – толщина слоя разлившейся жидкости $h_{сл}$ = 0,29 м.

Определяем длину и ширину пожара на момент возникновения ЧС по формулам:

$$b_1 = (S_{p1} / 3{,}5)^{1/2} = (121/3{,}5)^{1/2} = 5{,}9 м, \quad (5.14)$$

$$a_1 = 3{,}5 \cdot b_1 = 3{,}5 \cdot 5{,}9 = 20{,}6 м, \quad (5.15)$$

Вывод: Доля пораженных тепловым излучением определяется по таблице А.1 или рисунок А.1 (Приложение А) в радиусе площади 132 м^2 – тяжелая степень поражения, а в радиусе площади 1479 м^2 – порог поражения.

При взрыве ТВС зоне поражения ни одного здания.

В соответствии с данными таблицы А.4 (Приложение А) данное значение плотности теплового излучения q = 39,4 кВт/м^2 при времени облучения 11 секунд не вызывает воспламенение горючих материалов.

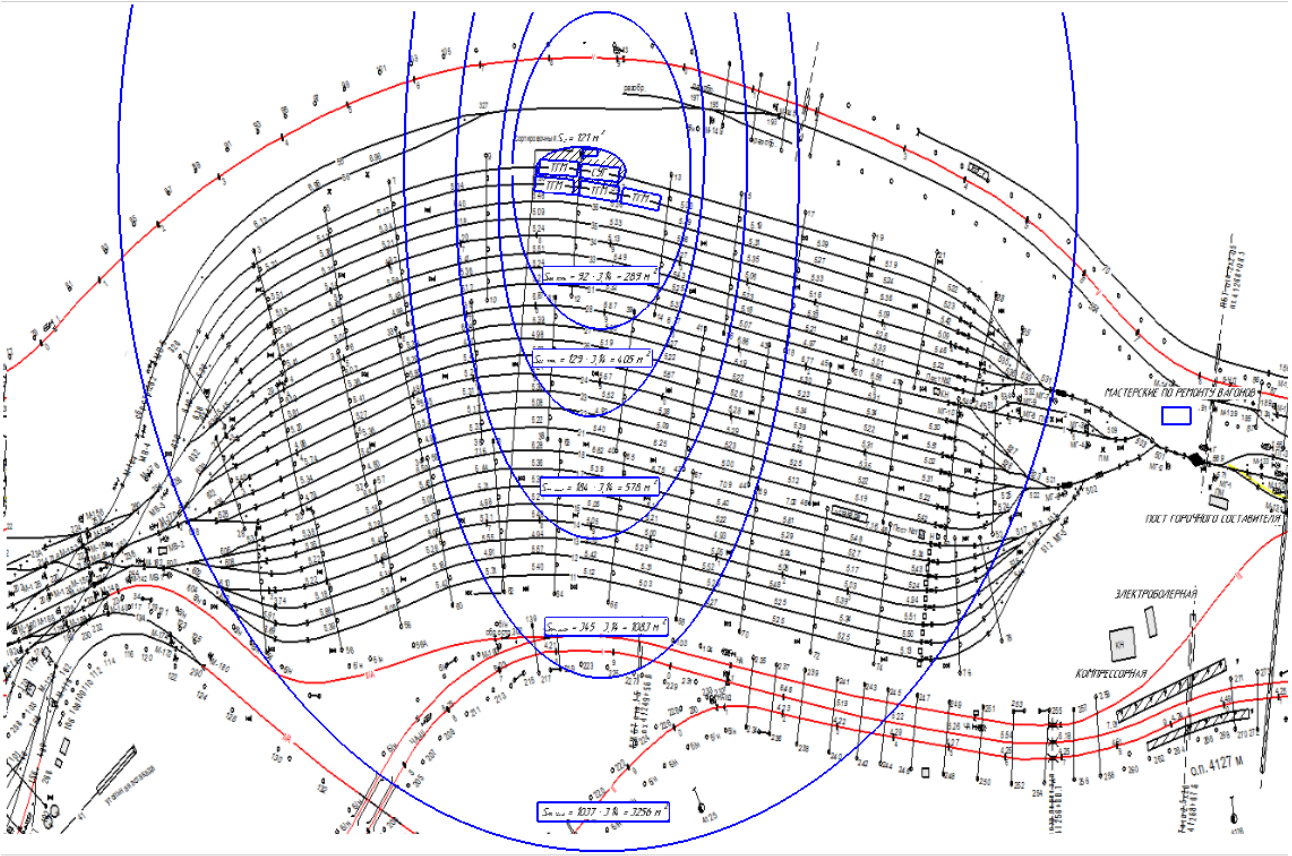

Рисунок 5 – Типовая авария 1

Типовая авария 2. На сортировочной станции «Красноярск-Восточный» Красноярской железной дороги из-за нарушения техники безопасности при сортировке с сортировочной горки произошел уход с места стоянки 2 цистерн с пропаном, цистерн стандартная объемом 54 м^3, загрузка СУГ 24 т, степень заполнения 0,85 которое неконтролируемо двигаясь по железнодорожным путям совершили столкновение со стоящим цистерной ЛВЖ, объемом 61,2 м^3. При столкновении цистерна с пропаном получила пробоину ниже уровня жидкости, произошел пролив СУГ и образовалось факельное горение с обтеканием корпуса цистерн.

Расчет размеров взрывоопасных зон.

Масса газа в облаке ТВС при истечении СУГ из цистерны в случае нахождения отверстия ниже уровня жидкости. (M_p) определяют по формуле (5.1)

$$M_p = 36 \cdot 520 \cdot 0{,}0010 \cdot [\frac{2 \cdot (8 \cdot 10^5 - 1{,}01 \cdot 10^5)}{520 + 1{,}2 \cdot 9{,}8 \cdot 2{,}6}]^{1/2} = 944 кг$$

где ρ – плотность жидкой фазы СУГ, кг/м^3;

S_0 – площадь сечения отверстия, м^2;

P – давление в цистерне, Па;

P_a – атмосферное давление. Па (нормальное атмосферное давление составляет 1.01 · 10^5 Па);

g – ускорение свободного падения, 9,81 с/с^2;

H – высота столба жидкой фазы (диаметр котла цистерны), м.

Радиус зоны загазованности определяют по формуле (5.2)

$$X_{НКПР} = 14{,}6 \cdot (\frac{M_p}{\rho_П C_{НКПР}}]^{1/3} = 14{,}6 \cdot (\frac{944}{1{,}78 \cdot 2{,}3})^{1/3} = 90 м$$

где $X_{нкпр}$ – расстояние по горизонтали от источника, ограниченное НКПР, м;

$M_р$ – масса газа, поступившего в окружающее пространство (масса газа в облаке ТВС), кг;

$C_{нкпр}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени, % (об);

$\rho_п$ – плотность паров СУГ, кг/м^3.

Масса выгоревшего СУГ при истечении жидкой фазы определяется по формуле:

$$m = G \cdot \tau = 540 \cdot 16 = 8640 кг, \quad (5.16)$$

где G – зависимость интенсивности истечения СУГ, 9 кг/с.

$$M_{p1} = M - M_p - m = (24000 \cdot 2) - 944 - 8640 = 38416 кг, \quad (5.17)$$

Масса СУГ в огненном шаре определяют по формуле (5.3)

$$M_{ош} = 0{,}6 \cdot M_{p1} = 0{,}6 \cdot 38{,}416 = 23{,}049 m$$

где $M_р$ – масса ТВС, т.

Если $M_{ош}$ <1 т, то огненный шар не образуется.

Радиус огненного шара $R_{ош}$ определяют по формуле (5.4)

$$R_{ош} = 29 \cdot M_{ош}^{1/3} = 29 \cdot 23{,}049^{1/3} = 83 м$$

Время его существования $t_{ош}$ определяют по формуле (5.5)

$$t_{ош} = 4{,}5 \cdot M_{ош}^{1/3} = 4{,}5 \cdot 23{,}049^{1/3} = 13 с$$

Определения величины избыточного давления.

Для расчета границ зон поражения людей и зданий при взрыве облаков ТВС определяют по формуле (5.6-5.7)

Определяем радиус зон поражения и величину избыточного давления во фронте ударной волны при взрыве цистерны с использованием рисунка – 4

Границы зон поражения людей:

- тяжелые поражения $R_1 = 32 \cdot 38{,}416^{1/3} = 108 м,$ $P_1 = 100 кПа;$
- порог поражения $R_2 = 360 \cdot 38{,}416^{1/3} = 1214 м,$ $P_2 = 2{,}8 кПа;$

Границы повреждения зданий:

- полные разрушения $R_1 = 32 \cdot 38{,}416^{1/3} = 108 м,$ $P_1 = 100 кПа;$
- сильные разрушения $R_2 = 45 \cdot 38{,}416^{1/3} = 152 м,$ $P_2 = 53 кПа;$
- средние разрушения $R_3 = 64 \cdot 38{,}416^{1/3} = 216 м,$ $P_3 = 33 кПа;$

- умеренные разрушения $R_4 = 120 \cdot 38{,}416^{1/3} = 405 м,$ $P_4 = 15 кПа;$
- малые повреждения $R_5 = 360 \cdot 38{,}416^{1/3} = 1214 м,$ $P_5 = 2{,}8 кПа.$

Коэффициент облученности между факелом пламени и элементарной площадкой на поверхности облучаемого объекта при $r_п = R_{ош} = 83$м и r = 100м определяют по формуле (5.8)

$$\varphi = \frac{r_n^2 \cdot r}{(r_n^2 + r^2)^{1,5}} \cdot [1 - 0{,}058 \ln(r)] = \frac{83^2 \cdot 100}{(83^2 + 100^2)^{1,5}} \cdot [1 - 0{,}058 \ln 100] = 0{,}23$$

где φ – коэффициент облученности между факелом пламени и элементарной площадкой на поверхности облучаемого объекта.

r_n – радиус факела пламени, определяемый по формуле, м;

r – расстояние по горизонтали от очага пожара, м.

Величина плотности теплового излучения q (кВт/м^2) на заданном расстоянии r = 100 от огненного шара вычисляется по формуле (5.9)

$$q = E \cdot \varphi = 200 \cdot 0{,}23 = 46 кВт / м^2$$

где E – среднеповерхностная плотность теплового излучения факела пламени 200 кВт/м^2;

φ – коэффициент облученности между факелом пламени и элементарной площадкой на поверхности облучаемого объекта.

Вероятность поражения людей тепловым потоком зависит от индекса дозы теплового излучения (I), который определяется по формуле (5.10)

$$I = t_{ош} \cdot (1000 \cdot q)^{4/3} = 13 \cdot (1000 \cdot 46)^{4/3} = 2{,}1 \cdot 10^7$$

Площадь пожара равна площади розлива ЛВЖ.

Полная масса пролитого ЛВЖ при разрушении одной цистерн определяется по формуле (5.11)

$$M_1 = V_ц \cdot e \cdot \rho_ж = 61{,}2 \cdot 0{,}85 \cdot 806{,}4 = 41949 кг,$$

где $V_ц$ – объем цистерны, м^3;

e – степень заполнения цистерны (0,85);

$\rho_ж$ - плотность жидкости (бензин), 800 кг/м^3;

Определяем зоны аварийного разлива ЛВЖ.

Количество пролитой жидкости, образующей возможную площадь горения, определяется по формуле (5.12)

$$M_2 = M_1 \cdot (1 - K_б) = 41949 \cdot (1 - 0{,}24) = 31881 кг,$$

где M_1 – общая масса пролитого продукта, кг;

$K_б$ = 0,24 – коэффициент, учитывающий уход разлитого в балласт.

Площадь разлива оценивается по формуле (5.13)

$$S_р = \frac{M_2}{h_{сл} \cdot \rho_ж} = \frac{31881}{0{,}29 \cdot 806{,}4} = 137 м^2,$$

где $h_{сл}$ – толщина слоя разлившейся жидкости $h_{сл}$ = 0,29 м.

Определяем длину и ширину пожара на момент возникновения ЧС по формулам (5.14-5.15)

$$b_1 = (S_{p1} / 3{,}5)^{1/2} = (137 / 3{,}5)^{1/2} = 6{,}26 м,$$

$$a_1 = 3{,}5 \cdot b_1 = 3{,}5 \cdot 6{,}26 = 22 м,$$

Вывод: Доля пораженных тепловым излучением определяется по таблице А.1 или рисунок А.1 в радиусе площади 339 м^2 – тяжелая степень поражения, а в радиусе площади 3812 м^2 – порог поражения.

При взрыве цистерн зоне поражения находится:

- электроболерная $S_{здания}$ = 60 м^2, $\Delta P_р$= 2,8 кПа – малые повреждения, разбито не более 10% остекления;

- компрессорная $S_{здания}$ = 500 м^2, $\Delta P_р$= 2,8 кПа – малые повреждения, разбито не более 10% остекления;

- мастерские по ремонту вагонов $S_{здания}$ = 600 м^2, $\Delta P_р$= 2,8 кПа – малые повреждения, разбито не более 10% остекления;

- ПОСТ горочного составителя $S_{здания}$ = 200 м^2, $\Delta P_р$= 2,8 кПа – малые повреждения, разбито не более 10% остекления.

В соответствии с данными таблицы А.4 данное значение плотности теплового излучения q = 46 кВт/м^2 при времени облучения 13 секунд не вызывает воспламенение горючих материалов.

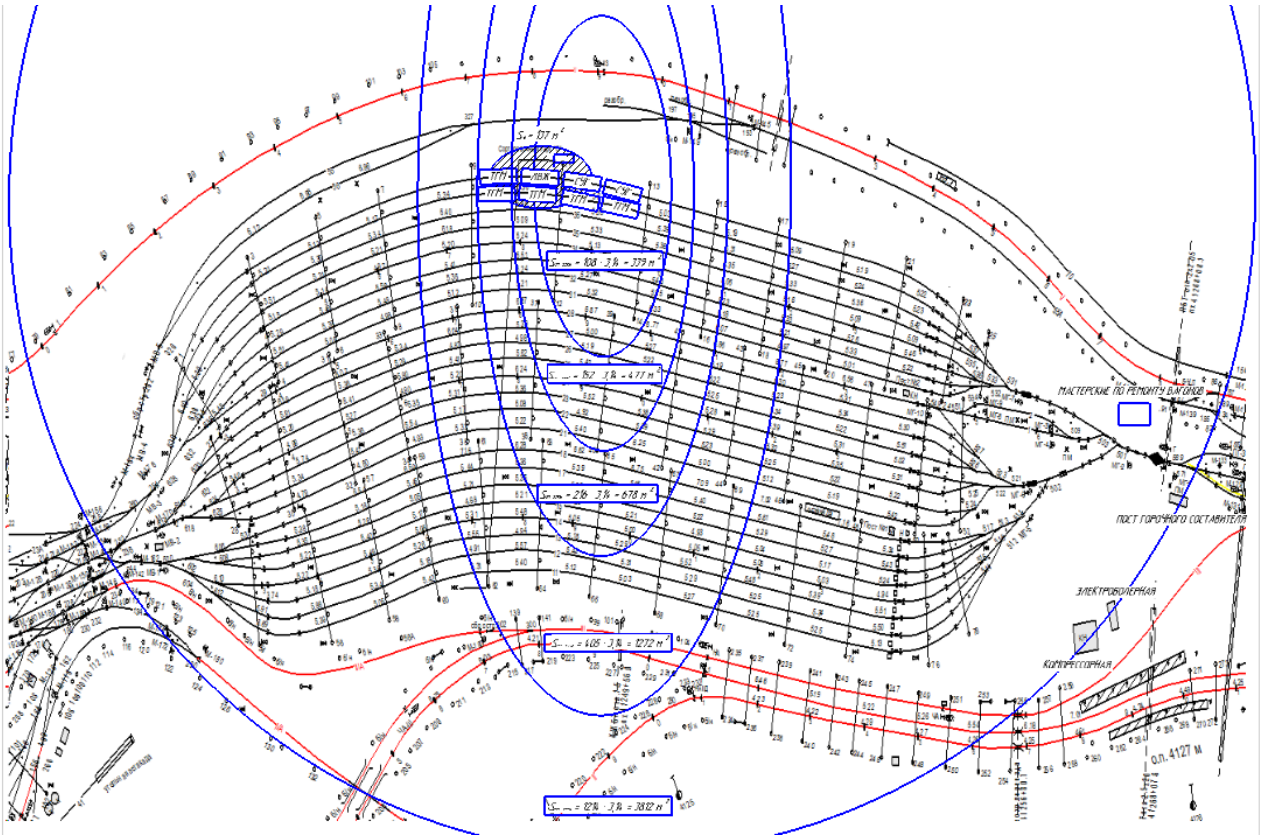

Рисунок 6 – Типовая авария 2

Типовая авария 3. Во время маневровой работы из-за ошибки сцепщика произошел сход рельсов и опрокидывание, 2 цистерн с мазутом объем 72,38 м^3 плотность 960 кг · м^3 и 3 цистерн с СУГ (пропан). В результате теплового воздействия взорвалось 3 цистерн СУГ с образованием огненного шара.

Расчет размеров взрывоопасных зон.

Полная масса пролитого пропана при разрушении цистерн определяется по формуле (5.11)

$$M_p = V_ц \cdot e \cdot \rho_ж = (54 \cdot 3) \cdot 0{,}85 \cdot 520 = 72000 кг,$$

Масса СУГ в огненном шаре определяют по формуле (5.3)

$$M_{ош} = 0{,}6 \cdot M_p = 0{,}6 \cdot 72 = 43{,}2 т$$

где $M_р$ – масса ТВС, т.

Если $M_{ош}$ <1 т, то огненный шар не образуется.

Радиус огненного шара $R_{ош}$ определяют по формуле (5.4)

$$R_{ош} = 29 \cdot M_{ош}^{1/3} = 29 \cdot 43{,}2^{1/3} = 102 м$$

Время его существования $t_{ош}$ определяют по формуле (5.5)

$$t_{ош} = 4{,}5 \cdot M_{ош}^{1/3} = 4{,}5 \cdot 43{,}2^{1/3} = 16 с$$

Определения величины избыточного давления.

Для расчета границ зон поражения людей и зданий при взрыве облаков ТВС определяют по формуле (5.6-5.7)

Определяем радиус зон поражения и величину избыточного давления во фронте ударной волны при взрыве цистерны с использованием рисунка – 4.

Границы зон поражения людей:

- тяжелые поражения $R_1 = 32 \cdot 72^{1/3} = 133м,$ $P_1 = 100кПа;$
- порог поражения $R_2 = 360 \cdot 72^{1/3} = 1496м,$ $P_2 = 2{,}8кПа;$

Границы повреждения зданий:

- полные разрушения $R_1 = 32 \cdot 72^{1/3} = 133м,$ $P_1 = 100кПа;$
- сильные разрушения $R_2 = 45 \cdot 72^{1/3} = 187м,$ $P_2 = 53кПа;$
- средние разрушения $R_3 = 64 \cdot 72^{1/3} = 266м,$ $P_3 = 33кПа;$
- умеренные разрушения $R_4 = 120 \cdot 72^{1/3} = 499м,$ $P_4 = 15кПа;$
- малые повреждения $R_5 = 360 \cdot 72^{1/3} = 1496м,$ $P_5 = 2{,}8кПа.$

Коэффициент облученности между факелом пламени и элементарной площадкой на поверхности облучаемого объекта при $r_п = R_{ош} = 102$м и r = 110м определяют по формуле (5.8)

$$\varphi = \frac{r_n^2 \cdot r}{(r_n^2 + r^2)^{1,5}} \cdot [1 - 0{,}058 \ln(r)] = \frac{102^2 \cdot 110}{(102^2 + 110^2)^{1,5}} \cdot [1 - 0{,}058 \ln 110] = 0{,}25$$

где φ – коэффициент облученности между факелом пламени и элементарной площадкой на поверхности облучаемого объекта.

r_n – радиус факела пламени, определяемый по формуле, м;

r – расстояние по горизонтали от очага пожара, м.

Величина плотности теплового излучения q (кВт/м^2) на заданном расстоянии r = 150 от огненного шара вычисляется по формуле (5.9)

$$q = E \cdot \varphi = 200 \cdot 0{,}25 = 50кВт / м^2$$

где E – среднеповерхностная плотность теплового излучения факела пламени 200 кВт/м^2;

φ – коэффициент облученности между факелом пламени и элементарной площадкой на поверхности облучаемого объекта.

Вероятность поражения людей тепловым потоком зависит от индекса дозы теплового излучения (I), который определяется по формуле (5.10)

$$I = t_{ош} \cdot (1000 \cdot q)^{4/3} = 16 \cdot (1000 \cdot 50)^{4/3} = 2{,}9 \cdot 10^7$$

Площадь пожара равна площади розлива мазуты.

Скорость выгорания мазуты определяется по формуле:

$$M = m \cdot \tau = 2{,}4 \cdot 16 = 38 кг \qquad (5.18)$$

где m – скорость выгорания мазуты 0,04 кг/м^2 · с;

τ – время горения.

Полная масса пролитой мазуты при разрушении цистерн определяется по формуле (5.11; 5.17)

$$M_1 = V_ц \cdot e \cdot \rho_{ж} = (72{,}38 \cdot 2) \cdot 0{,}85 \cdot 960 = 118124{,}2 кг,$$

$$M_2 = M_1 - M = 118124{,}2 - 38 = 118086{,}2 кг,$$

Определяем зоны аварийного разлива мазуты.

Количество пролитой жидкости, образующей возможную площадь горения, определяется по формуле (5.12)

$$M_3 = M_2 \cdot (1 - K_б) = 118086{,}2 \cdot (1 - 0{,}24) = 89746 кг,$$

где M_2 – общая масса пролитого продукта, кг;

$K_б$ = 0,24 – коэффициент, учитывающий уход разлитого в балласт.

Площадь разлива оценивается по формуле (5.13)

$$S_р = \frac{M_2}{h_{сл} \cdot \rho_ж} = \frac{89746}{0,29 \cdot 960} = 323 м^2,$$

где $h_{сл}$ – толщина слоя разлившейся жидкости $h_{сл}$ = 0,29 м.

Определяем длину и ширину пожара на момент возникновения ЧС по формулам (5.14-5.15)

$$b_1 = (S_{p1}/3,5)^{1/2} = (323/3,5)^{1/2} = 9,6 м,$$

$$a_1 = 3,5 \cdot b_1 = 3,5 \cdot 9,6 = 33,6 м,$$

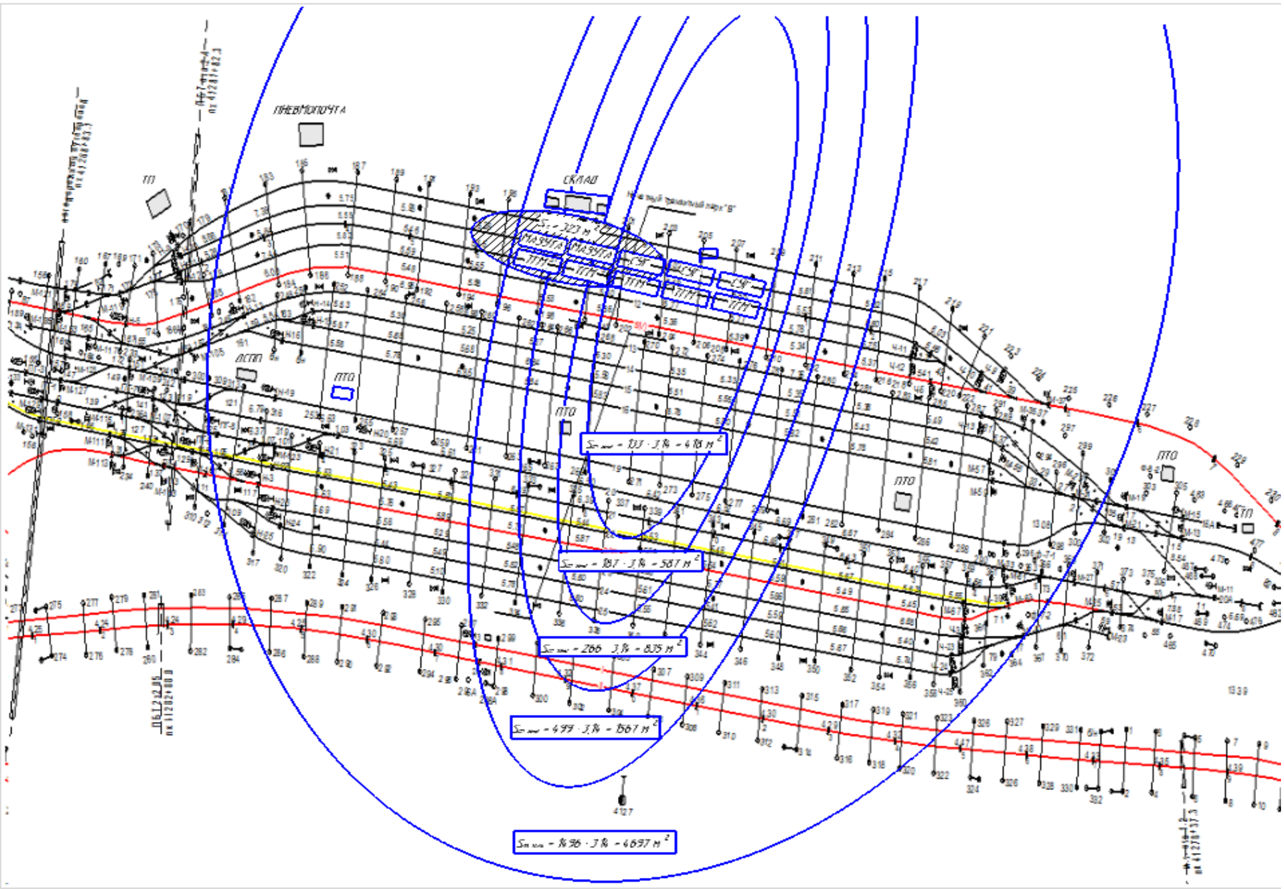

Рисунок 7 – Типовая авария 3

Вывод: Доля пораженных тепловым излучением определяется по таблице А.1 или рисунок А.1 в радиусе площади 418 $м^2$ – тяжелая степень поражения, а в радиусе площади 4697 $м^2$ – порог поражения.

При взрыве цистерны зоне поражения находится:

- ПТО $S_{здания}$ = 50 $м^2$, $\Delta P_р$= 2,8 кПа – малые повреждения, разбито не более 10% остекления;

- ПТО $S_{здания}$ = 50 $м^2$, $\Delta P_р$= 2,8 кПа – малые повреждения, разбито не более 10% остекления;

- ПТО $S_{здания}$ = 50 $м^2$, $\Delta P_р$= 53 кПа – сильные разрушение, 50% полного разрушения;

- ДСПП $S_{здания}$ = 70 $м^2$, $\Delta P_р$= 2,8 кПа – малые повреждения, разбито не более 10% остекления;

- пневмопочта $S_{здания}$ = 200$м^2$, $\Delta P_р$= 2,8 кПа – малые повреждения, разбито не более 10% остекления;

- склад $S_{здания}$ = 300$м^2$, $\Delta P_р$= 33 кПа – среднее повреждение, разрушение без обрушения.

В соответствии с данными таблицы А.4 данное значение плотности теплового излучения q = 50 кВт/$м^2$ при времени облучения 16 секунд не вызывает воспламенение горючих материалов.

Значительное внимание профилактическим мероприятиям, а именно:

- усилить контроль за проведением обучение личного состава для избежания заформализованности;

- увеличить количество средств наглядного обучения (плакатов, аншлагов и т.д.), размешать их в местах наиболее частого пребывания людей;

- выявлять систематических нарушений техники безопасности, проводить индивидуальную профилактическую работу.

6 Оперативно-тактическая характеристика объекта

Площадь станции Красноярск-Восточный достигает 120 Га, ширина 170-250 метров, длина станции от платформы «Сады» до «Зыкова» 10 км.

На территории Красноярск-Восточный находится 6 рабочих парков.

На станции может одновременно находится до 11 тыс. вагонно-оборота в сутки с различными грузами.

Парк «А» и «В» ширина - 170 метров, длина 3000 метров. Имеются 17 путей, в парке «В» - 5 путей, в парке «А» -12 путей.

Из стационарных объектов – пневмопочта, ДСПП, ПТО-4, склад, ТП-2.

Парк «С» ширина - 250 метров, длина - 2100 метров. Имеются 24 путей.

Из стационарных объектов – мастерские по ремонту вагонов, компрессорная, ПОСТ горочного составителя, электроболерная. Сортировочная горка, предназначенная для переработки вагона потока, в парке «С» формируется состав 15 часов.

Парк «Б» и «Г» ширина – 250 метров, длина – 2000метров. Имеются 24 путей, в парке «Б» -11 путей из них транзитных - 1, в парке «Г» - 13 путей из них транзитных – 3.

Из стационарных объектов – административно-хозяйственное здание, мастерская ВЧД, пост ЭЦ-1 с помещением дежурного по станции, помещение ЭЧ, компрессорная подстанция №2, контрольно-измерительная лаборатория, дом связи, пункт технического осмотра с аккумуляторной подстанцией, пескосушильный цэх, действующая котельная.

Путь для ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами находится в парке «Б» - путь №26.

На станции работает 6 тепловозов круглосуточно.

6.1 Недостатки станции Красноярск-Восточный

На всей территории объекта нет сухотрубов, так как этот факт в первоначальных действиях тушения возможного пожара является основным

действием тушения пожара во времени и успех его зависит от вовремя поданных стволов на данный объект.

6.2 Водоснабжение

На территории Красноярск-Восточный находится 12 пожарных гидрантов

ПГ-1 – на дороге у комплекса зданий ЭЧК-47; ЭЧС-18.

ПГ-2 – у дома связи у западной стороны.

ПГ-3 – у здания ПТО с восточной стороны.

ПГ-4 – напротив входа в здание поста ЭУ-1

ПГ-5 – у 3-го подъезда здания АБК.

ПГ-6 – около здания мастерских дорводч.

ПГ-7 – около здания действующей котельной

ПГ-8 – около здания 2 котельной.

ПГ-9 – около здания ШЧ-12 с восточной стороны.

ПГ-10 – между зданиями компрессорной и горочным постом.

ПГ-11 – около здания ПТО-2 с восточной стороны.

ПГ-12 – западной стороны парка С.

Имеются кольцевые и тупиковые водоснабжение.

В тупиковое входит 4 ПГ диаметр 150 мм, давление в сети 2,5 атм., производительность 30 л/с, при включении насосов повысителей давление в сети 4 атм., производительность 45 л/с.

Остальные ПГ входят в кольцевое водоснабжение диаметр 219 мм, давление в сети 3,5 атм., производительность 120 л/с, при включении насосов повысителей давление в сети 5-6 атм., производительность 155 л/с.

Указатели ПГ имеются, подсветок нет, в зимнее время очищаются от снега.

Вода подается от трех скважин тремя насосами водонапорную башню 100 куб. и в два резервных резервуара по 250 куб.

Городской водопроводной сети нет, водоемов нет.

За территории объекта протекает река «Березовка» расстояния до объекта 1500 м, 500 м, 150 м.

Имеется внутреннее водоснабжение.

В зданиях Красноярск-Восточный имеются 70 пожарных кранов с диаметром 51 мм, давление 3 атм., производительность 5-10 л/с.

Имеется внутренняя пожарно-охранная сигнализация.

7 Расстановка сил и средств на пожаре

Определяем время свободного развития пожара $t_{св}$ до прибытия первого пожарного подразделения (дежурного караула ПЧ – 96 «3 отряд ФПС по Красноярскому краю» в составе 2-х отделений на АЦ-40) по формуле:

Время прибытия ПЧ – 96 «Зыково» определяется по формуле:

$$t_{св} = t_{дс} + t_{сб} + t_{сл} + t_{бр} = 1 + 1 + 7 + 6 = 15 мин \quad (7.1)$$

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

$t_{бр}$ - время боевого развертывания караула, мин.;

$t_{дс}$ - время развития пожара от момента его возникновения до сообщения о нем в пожарную часть, мин.:

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

Определяется количество пролитой жидкости при разрушении цистерн с СУГ.

Площадь пожара равна площади розлива.

Полная масса пролитого пропана при разрушении одной цистерн определяется по формуле (5.11)

$$M_1 = V_ц \cdot e \cdot \rho_{ж} = 54 \cdot 0{,}85 \cdot 520 = 24000 кг,$$

где $V_ц$ – объем цистерны, м^3;

e – степень заполнения цистерны (0,85);

$\rho_{ж}$ - плотность жидкости (пропан), 520 кг/м^3;

Определяем зоны аварийного разлива СУГ.

Количество пролитой жидкости, образующей возможную площадь горения определяется по формуле (5.12)

$$M_2 = M_1 \cdot (1 - K_б) = 24000 \cdot (1 - 0{,}24) = 18240 кг,$$

где M_1 – общая масса пролитого продукта, кг;

$K_б$ = 0,24 – коэффициент, учитывающий уход разлитого пропана в балласт.

Площадь разлива оценивается по формуле (5.13)

$$S_р = \frac{M_2}{h_{сл} \cdot \rho_{ж}} = \frac{18240}{0{,}29 \cdot 520} = 121 м^2,$$

где $h_{сл}$ – толщина слоя разлившейся жидкости $h_{сл}$ = 0,29 м.

Определяем длину и ширину пожара на момент возникновения ЧС по формулам (5.14-5.15)

$$b_1 = (S_{p1} / 3{,}5)^{1/2} = (121/3{,}5)^{1/2} = 5{,}9 м,$$

$$a_1 = 3{,}5 \cdot b_1 = 3{,}5 \cdot 7{,}5 = 20{,}6 м,$$

Определяем общее возможное количество вагонов в очаге пожара на момент возникновения ЧС по формуле:

$$N = (S_р \cdot K_P / S_{ваг}) \cdot 2{,}2 = (121 \cdot 0{,}75 / 39{,}8) \cdot 2{,}2 = 4 шт, \quad (7.2)$$

где N – общее количество вагонов, охваченных огнем, шт.;

$S_{ваг}$ – площадь полувагона, м^2;

$K_р$ – коэффициент, учитывающий расстояние между подвижным составом ($K_р$=*0,75* при полной загрузке станции).

Количество $N_к$ вагонов на крайних железнодорожных путях по длине фронта пожара определяется по формуле:

$$N_к = a/(l_в + 1) = 20{,}6/(12{,}02 + 1) = 1{,}58 = 2ед, \quad (7.3)$$

где $l_в$ – длина цистерны.

Количество $N_ш$ вагонов на железнодорожных путях по ширине фронта пожара определяется по формуле:

$$N_ш = b / R_{жд} = 5{,}9 / 4 = 1{,}47 = 2ед, \quad (7.4)$$

где $R_{жд}$ – минимальное расстояние, занимаемое одним железнодорожным путем с подвижным составом, м (принимается равным 4 м при полной загрузке станции).

Количество $N_п$ вагонов по периметру пожара без учета цистерн, из которых произошел разлив, определяется по формуле:

$$N_п = 2[N_к + (N_ш - 2)] - N_ц^{гор} = 2 \cdot [2 + (2 - 2)] - 1 = 3ед, \quad (7.5)$$

где $N_ц^{гор}$ - количество цистерн с СУГ на горящих путях, 1 ед.

Определяем расход огнетушащего средства на тушение пожара на момент возникновения пожара.

Требуемый расход воды на охлаждение цистерн в очаге пожара определяются по формуле:

$$Q_{тр}^{о} = (N_ц^{гор} + 1) \cdot S_ц \cdot I_S^{о} = (1 + 1) \cdot 100 \cdot 0{,}3 = 60л/с, \quad (7.6)$$

где $Q^{o}_{тр}$ - требуемый расход воды на охлаждение, л/с,

$N^{гор}_{ц}$ - количество цистерн в очаге пожара;

$S_ц$ – площадь поверхности защищаемых цистерн определяется по формуле:

$$S_ц = \pi DL + 2\frac{\pi d^2}{2} = 3{,}14 \cdot 2{,}6 \cdot 10{,}650 + 2 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 2{,}6^2}{2} = 100 м^2 \quad (7.7)$$

где π = 3,14

D – диаметр котла – 2600 мм,

L – длина котла – 10650 мм,

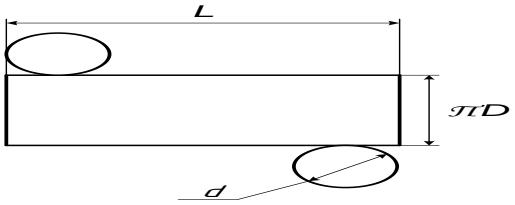

Рисунок 8 – Цистерна СУГ

I^{o}_{S} - интенсивность подачи распыленной воды на охлаждение, л/м^2·с

Требуемый расход на тушение подвижного состава по периметру пожара определяется по формуле (7.6)

$$Q^{п}_{тр} = N_п \cdot S_{ваг} \cdot I^{п}_{S} = 6 \cdot 39{,}8 \cdot 0{,}2 = 48 л/с,$$

где $N_п$ - количество вагонов по периметру пожара;

$S_{ваг}$- площадь вагона, м^2;

$I^{п}_{S}$ - интенсивность подачи воды на тушение подвижного состава, л/м^2·с.

Общий расход волы на тушение и разлив жидкости по периметру пожара, определяется по формуле:

$$Q_{тр} = Q^{о}_{тр} + Q^{п}_{тр} = 60 + 48 = 108 л/с, \quad (7.8)$$

Масса пролитого пропана после взрыва ТВС определяется по формуле (5.17)

$$M_3 = M_1 - M_{ош} = 24000 - 14400 = 9600 кг$$

Скорость выгорания пропана определяется по формуле:

$$V_{вп} = m \cdot S_p = 6 \cdot 121 = 726 кг / м^2 \cdot мин \quad (7.9)$$

где m – скорость выгорания пропана 0,1 кг/м^2 · с;

Время выгорания пропана определяется по формуле:

$$\tau_{вп} = \frac{M_3}{V_{вп}} = \frac{9600}{726} = 13{,}2 = 13 мин. 14 сек. \quad (7.10)$$

Линейная скорость распространения ТГМ определяется по формуле:

$$L = 5 \cdot V_л + V_л \cdot (\tau_{св} - 10) = 5 \cdot 1 + 1 \cdot 5 = 10 \quad (7.11)$$

До прибытия первых подразделений произойдет выгорания розлива пропана, поэтому площадь пожара будет равна площади в зоне розлива и в зоне интенсивного теплового излучения.

Площадь пожара к моменту ведения первых стволов определяется по формуле:

$$S_{p1} = S_в \cdot 6 + S_ц = 39{,}8 \cdot 6 + 100 = 339 м^2 \quad (7.12)$$

На момент подачи первых стволов на месте пожара будет находиться караул ПЧ-96 «3 отряд ФПС по Красноярскому краю» (в составе 2-х отделений на АЦ-40). Учитывая, что решающим направлением ведения действий по тушению пожара будут мероприятия по охлаждению цистерн в очаге пожара и отцепка подвижного состава на аварийном пути негорящих вагонов. По охлаждению цистерн в очаге пожара личный состав ПЧ-96 сможет подать лафетный ствол и на отцепку негорящих вагонов распыленную воду со ствола А, следовательно, локализацию пожара обеспечить не могут.

Имеющихся сил и средств недостаточно для выполнения поставленной задачи. Дополнительно вызывается ПЧ – 2 по второму рангу пожара вызов №2.

Количество лафетных стволов с диаметром насадка 28 мм на охлаждение цистерн в очаге пожара определяется по формуле:

$$\mathrm{N}_{\text{охл}} = Q^{\text{о}}_{\text{тр}} / q_{\text{ст}} = 60/20 = 3; \qquad (7.13)$$

Количество стволов – А на тушение подвижного состава по периметру пожара определяется по формуле (7.13)

$$N_{под} = Q^{\text{п}}_{\text{тр}} / q_{\text{ст}} = 48/7{,}4 = 6{,}48 = 7;$$

Фактический расход воды на охлаждение цистерн в очаге пожара определяется по формуле:

$$Q^{o}_{ф} = q_{ст} \cdot N_{ст} = 20 \cdot 3 = 60 л/с \qquad (7.14)$$

Фактический расход воды на тушение подвижного состава по периметру пожара определяется по формуле (7.14)

$$Q^{п}_{ф} = q_{ст} \cdot N_{ст} = 7{,}4 \cdot 7 = 51{,}8 л/с$$

Определяем фактический расход раствора и воды на тушение пожара, по формуле:

$$Q_ф = Q_ф^о + Q_ф^п = 60 + 51{,}8 = 111{,}8 л/с \quad (7.15)$$

$Q_ф = 111{,}8 \geq Q_{тр} = 108$ условие обеспеченности объекта водой выполнено.

Определяем по расходу водного раствора пенообразователя и площадь тушения ПУРГА10.20.30 по формуле:

$$V_{р-ра} = V_{по} \cdot K_в + V_{по} = 5000 \cdot 15{,}7 + 5000 = 83500 \quad (7.16)$$

$$\tau_{раб} = \frac{V_{р-ра}}{N_{гпс} \cdot Q_{гпс} \cdot 60} = \frac{83500}{1 \cdot 30 \cdot 60} = 46{,}3 = 46 мин. 16 сек \quad (7.17)$$

$$S_Т = \frac{V_{р-ра}}{I \cdot \tau_{расч} \cdot 60} = \frac{83500}{1 \cdot 10 \cdot 60} = 139 м^2 \quad (7.18)$$

Определяем необходимое количество автоцистерн на данном этапе тушения пожара по формуле:

$$N_{ац} = \frac{Q_ф}{0{,}8 \cdot Q_{пн}} = \frac{111{,}8}{0{,}8 \cdot 40} = 4 \quad (7.19)$$

Необходимое количество личного состава, определяется по формуле:

$$N_{л/с} = N_{пурга}^{тущ} \cdot 3 + N_{лаф.ств}^{охл} \cdot 3 + N_{ств.А}^{п} \cdot 2 + N_{разв} \cdot 1 = 1 \cdot 3 + 3 \cdot 3 + 7 \cdot 2 + 7 \cdot 1 = 33 \quad (7.20)$$

Требуемое количество отделений, определяется по формуле:

$$N_{отд} = 33/4 = 9 \qquad (7.21)$$

Согласно расчету количества привлекаемой техники и объему выполняемых работ принимаем “ПОЖАР №2. Также необходимо привлечение пожарного поезда ст. Красноярск, ПЧ-2, ПЧ-95 и ПЧ-96 по тушению крупных пожаров. При этом пожарных машин и личного состава будет достаточно. Необходимость вызова специальной техники определяет РТП.

Дополнительные расчеты.

Определение водоотдачи наружного противопожарного водопровода по формуле:

$$Q^{к}_{сети} = (\frac{D}{25} \cdot V_{в})^2 = (\frac{150}{25} \cdot 1{,}5)^2 = 81 л/с \qquad (7.22)$$

где D – диаметр водопроводной сети, [мм];

25 – переводное число из миллиметров в дюймы;

$V_в$ – скорость движения воды в водопроводе, которая равна:

- при напоре водопроводной сети H<30 м вод.ст. -$V_в$ =1,5 [м/с];
- при напоре водопроводной сети H>30 м вод.ст. -$V_в$ =2 [м/с].

Определение предельного расстояния подачи огнетушащих средств ПГ-12 по формуле:

$$L_{пр} = \frac{H_н - (H_{разв} + H_{ст} \pm Z_м \pm Z_{ст})}{S \cdot Q^2} \cdot \frac{20}{1{,}2}$$

$$L_{пр} = \frac{100 - (40 + 10 \pm 0 \pm 0)}{0{,}015 \cdot 22{,}2^2} \cdot \frac{20}{1{,}2} = 112 м \qquad (7.23)$$

$$N_{рук} = \frac{1,2 \cdot L}{20} = \frac{1,2 \cdot 80}{20} = 4,8 = 5 \qquad (7.24)$$

Предельного расстояния подачи огнетушащих средств от естественного водоисточника со ствола А определяется по формуле (7.23-7.24)

$$L_{пр} = \frac{100 - (40 + 10 \pm 0 \pm 0)}{0,015 \cdot 14,8^2} \cdot \frac{20}{1,2} = 253 м$$

$$N_{рук} = \frac{1,2 \cdot L}{20} = \frac{1,2 \cdot 150}{20} = 9$$

Предельного расстояния подачи огнетушащих средств от естественного водоисточника с лафетного ствола определяется по формуле (7.23-7.24)

$$L_{пр} = \frac{100 - (10 \pm 0 \pm 0)}{0,015 \cdot 20^2} \cdot \frac{20}{1,2} = 250 м$$

$$N_{рук} = \frac{1,2 \cdot L}{20} = \frac{1,2 \cdot 150}{20} = 9$$

где $L_{пр}$ – предельное расстояние (м),

$H_н$ = 90÷100 м – напор на насосе АЦ,

$H_{разв}$ = 10 м – потери напора в разветвлении и рабочих рукавных линиях,

$H_{ст}$ = 35÷40 м – напор перед стволом,

$Z_м$ – наибольшая высота подъема (+) или спуска (–) местности (м),

$Z_{ст}$ – наибольшая высота подъема (+) или спуска (–) стволов (м),

S – сопротивление одного пожарного рукава,

Q – суммарный расход воды в одной из двух наиболее загруженной магистральной рукавной линии (л/с).

Силы и средства, привлекаемые на тушение пожара и время их сосредоточения приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Силы и средства

Ранг пожара	Подразделения, место дислокации	Кол-во и тип пожарных автомобилей, шт.	Численность боевого расчёта, чел.	Время следования прибытия на ст. Красноярск-	Время развёртывания сил и средств, мин.
1	2	3	4	6	7
2	ПЧ-96 «Зыкова»	АЦ-40 (130)	4	15	6
		АЦ-40 (130)	4		
	ПЧ-95 «Березовка»	АЦ-40 (130)	4	20	6
		АЦ -40 (130)	4		
	ПЧ-2 «Красноярск»	АЦ-40 (130)	4	30	6
		АЦ-40 (130)	4		
		АЛ	1		
	ПЧ-8	АЦ-40 (130)	4	30	6
		АЦ-40 (130)	4		
	СПЧ7/57	АЦ-40 (130)	4	30	6
	ВО ЖДТ Красноярск	ПП	7	40	6

8 Экономическое обоснование и оценка вариантов тушения пожара

Расчет ожидаемого экономического эффекта от использования ствола MID-FLOW.

Формулировка задачи и выбор базы для сравнения.

Предлагается внедрение на вооружение пожарных частей прибора подачи огнетушащих веществ MID-FLOW, что дает возможность сократить время локализации пожара, и как следствие, уменьшить размер материального ущерба.

В качестве базового варианта (эталона) принимается использование стандартных перекрывных стволов «А».

Основные исходные данные для расчета приведены в таблице 5-6.

Таблица 5 – Исходные данные

№ п/п	Наименование	Значение параметра	
		MID-FLOW	РС-70
1	Тип соединительной головки	ГЦ-50	ГМ-70
2	Рабочее давление, МПа	0,4÷0,6	0,4÷0,6
3	Расход воды, л/с: - сплошной - распыленной	 4,3 ÷ 12,7 4,3 ÷ 12,7	 7,4 -
4	Дальность струи, м, не менее: - сплошной - распылённой с углом факела 40º	 35 17	 32 -
5	Диаметр факела защитной завесы (120º), не менее, м	0,6	-
6	Дальность подачи пены стволом, м	18	-
7	Кратность воздушно-механической пены, не менее	20	-
8	Габаритные размеры, мм: - длина - высота	 310 275	 450 180
9	Метод управления потоками	автоматический	ручной
10	Масса, кг	2,35	1,5

Количество стволов на тушение определяется по формуле (2.18):

MID-FLOW: $N_{под} = Q^{п}_{тр} / q_{ст} = 48/12{,}7 = 4;$

РС-70 : $N_{под} = Q^{п}_{тр} / q_{ст} = 48/7{,}4 = 7;$

Таблица 6 – Исходные данные

№	Наименование показателей	Условные обозначения	Единица измерения	Значение показателя	
				Базовый вариант	Новый вариант
1	2	3	4	5	6
1.	Балансовая стоимость оборудования	$Ц_б$	руб.	1180	19436
2.	Себестоимость приборов тушения	$С_у$	руб.	843	11900
3.	Количество приборов тушения необходимое для локализации расчетного пожара	n	шт.	7	4
4.	Срок службы установки в системе защиты	$Т_{сл}$	лет	20	20
5.	Производственные затраты	$К_н$	руб.	500	1448
6.	Прочие потери от пожара (расчет)	$У_{пр}$	руб.	940000	940000
7.	Вероятность возникновения пожара	f	-	0,125	0,125
8.	Степень огнестойкости	$С_0$	мин.	120	120
9.	Площадь горения	$П_{гор}$	$м^2$	121	121
10.	Время свободного горения	$С_г$	мин.	15	15
11.	Расход огнетушащего средства	$Р_{ос}$	л/с	7,4	12,7
12.	Коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы	$К_{тзр}$	-	1,1	1,04
13	Материальный ущерб от пожара	U	руб.	1230000	950000

Определение величины основных экономических показателей.

Основные показатели противопожарной защиты являются:

– Капитальные вложения $К_1$ и $К_2$ (руб.)

– Эксплуатационные расходы $И_1$ и $И_2$ (руб.)

– Материальный ущерб от пожара $У_1$ и $У_2$ (руб.)

Базовый вариант

По базовому варианту $И_1$ отсутствуют и следовательно равны:

$И_1$=0.

Материальный ущерб от пожара из таблицы (расчетные данные) составляет U_1=1230000 руб, U_2=950000 руб.

Приведенные затраты по базовому варианту определяются по формуле:

$$З_1 = C_1 + E_н K_1 \quad (8.1)$$

Рассчитываемый вариант:

Приведенные затраты по рассчитываемому варианту определяются по формуле (8.1)

$$З_2 = C_2 + E_н K_2$$

Себестоимость пожарной защиты объекта, определяются по формуле:

$$C_1 = C_y n = 843 \cdot 7 = 5901 руб \quad (8.2)$$

$$C_2 = C_y n = 11900 \cdot 4 = 47600 руб.$$

В удельные капитальные вложения рассчитываемого варианта входят пред производственные затраты.

$$K_1 = K_{пр} + Ц \cdot K_{тзр} = 500 + 1180 \cdot 1{,}1 = 1798 руб. \quad (8.3)$$

$$K_2 = K_{пр} + Ц \cdot K_{тзр} = 1448 + 19436 \cdot 1{,}04 = 21661 руб.$$

Приведенные затраты по рассчитываемому варианту определяются по формуле (8.1)

$$З_1 = 840 + 0{,}15 \cdot 1798 = 1110 руб.$$

$$З_2 = 11900 + 0{,}15 \cdot 21661 = 15149 \, руб.$$

Определение коэффициента качества пожарно-профилактических мероприятий:

$$K_к = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4}{n} \tag{8.4}$$

$$q_1 = \frac{CO_1}{CO_2} = \frac{120}{120} = 1 \tag{8.5}$$

где q_1- относительный показатель, учитывающий степень огнестойкости.

$$q_2 = \frac{П_{гор1}}{П_{гор_2}} = \frac{121}{121} = 1$$

q_2- относительный показатель, учитывающий площадь горения.

$$q_3 = \frac{C_{Г1}}{C_{Г2}} = \frac{15}{15} = 1$$

q_3- относительный показатель, учитывающий время свободного горения.

$$q_4 = \frac{P_{ос1}}{P_{ос2}} = \frac{7{,}4}{12{,}7} = 0{,}58$$

$$K_к = \frac{1 + 1 + 1 + 0{,}58}{4} = 0{,}9$$

Определение экономических потерь по базовому и рассчитываемому варианту.

Экономические потери рассчитываются по формуле:

$$У = (У_{ПР} + У_{ПОС})f + П_{ГТ} \cdot f_{Г} \qquad (8.6)$$

где $У_{ПР}$, $У_{ПОС}$ - значение прямого и косвенного ущерба от пожара, руб.

$П_{ГТ}$ – годовые потери от гибели людей или получения ими телесных повреждений, руб.

Тогда экономические потери по базовому варианту определяются по формуле (8.6)

$$У_1 = (940000 + 0) \cdot 0{,}125 + 0 \cdot 0{,}0001 = 117500\,руб.$$

$$У_2 = (940000 + 0) \cdot 0{,}125 + 0 \cdot 0{,}0001 = 117500\,руб.$$

Сопоставление вариантов и определение ожидаемого экономического эффекта. При сопоставлении приведенных затрат получается, что $З_1 < З_2$. Однако, при расчете ожидаемого экономического эффекта, учитывая коэффициент $К_к$ (значение которого существенно влияет на снижение размера материального ущерба $У_2$). Получим следующие результаты:

$$Э = \left[З_1 \frac{P_1 + E_н}{P_2 + E_н} + \frac{(U_1 - U_2) - E_н(K_2 - K_1) + (У_1 - У_2)}{P_2 - E_н} - З_2 \right] A_2 \qquad (8.7)$$

$$Э = \left[1110 \cdot \frac{0 \cdot 0{,}15}{0{,}0874 + 0{,}15} + \frac{(1230000 - 950000) - 0{,}15(21661 - 1798) + (117500 - 117500)}{0{,}0874 - 0{,}15} - 15149 \right] \cdot$$

$$\cdot 1 = 1152494\,руб.$$

Вывод: в результате внедрения на тушение пожара стволов MID-FLOW ожидаемый экономический эффект, а именно уменьшение размера материального ущерба от пожаров, составит 1152494 руб.

9 Безопасность жизнедеятельности

Для прогнозирования опасных факторов аварий для СУГ в ходе дипломной работы мне было предоставлено отдельное рабочее помещение (кабинет). А именно стадии написания и оформления, предполагают работу за компьютером, который является опасным как разработчика, так и других работников, находящихся в помещении. Поэтому для эффективной работы нужно учитывать особенности организации рабочего места, укомплектованного компьютером.

Безопасность жизнедеятельности - это область знаний о состоянии окружающей среды и о безопасном взаимодействии человека со средой его обитания, при котором вероятность повреждения организма человека в процессе его жизни и деятельности в определенных условиях является минимальной.

В рамках данной части дипломной работы необходимо рассмотреть влияние вредных факторов, способных оказать неблагоприятные воздействия на сотрудников офисного помещения.

К ним относятся:

- искусственное освещение;
- воздействие шума на инженера-исследователя;
- организация рабочего места инженера-исследователя.

9.1 Общая характеристика объекта

В дипломной работе будут рассмотрены офисное помещение, а также условия работы в нем.

Параметры помещения:

- длина 6 м,
- ширина 4 м,
- площадь 24 м^2,
- объем 64,8 м^3.

Требования к объему и площади помещений на одного работающего регламентируются СП 2.2.1.1312-03 и сведены вместе с фактическими показателями в таблицу 7.

Таблица 7 – Требуемые и фактические значения объема и площади помещений на одного работающего.

Показатель согласно СП 2.2.1.1312-03	Кабинет	
	Требуемое значение	Фактическое значение
объем на одного работающего, $м^3$	15	16,2
площадь на одного работающего, $м^2$	4,5	6
высота помещения, м	2,7	2,7

Как видно из таблицы 7 помещения удовлетворяют установленным требованиям.

9.2 Освещение помещений и рабочего места

Правильно спроектированное и выполненное освещение в помещениях обеспечивает возможность нормальной деятельности. Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы и безопасность на рабочем месте в значительной мере зависят от условий освещения.

Освещение делится на два вида естественное и искусственное, расчет допустимой нормы представлен в следующей форме.

Мною было рассчитано общее освещение помещения. Помещение, где проводится работа с ПК должно иметь искусственное освещение.

Искусственное освещение.

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены соответствующими сводами

правил на проектирование зданий и сооружений, нормативными документами по строительному проектированию зданий и сооружений отдельных отраслей промышленности, утвержденными в установленном порядке, а также помещения, размещение которых разрешено в подвальных этажах зданий и сооружений.

Необходимый световой поток одной лампы вычисляется по формуле:

$$F_л = \frac{E_н \cdot S \cdot K_з \cdot Z}{\eta \cdot N} \qquad (9.1)$$

где $F_л$ - необходимый световой поток лампы в каждом светильнике, лм;

$E_н$ - нормативная минимальная освещенность, лк;

S - площадь освещения, м^2;

$K_З$- коэффициент запаса светильников, который учитывает их износ и запыление;

Z- коэффициент минимальной освещенности (Z=l,l);

η - коэффициент использования светового потока;

N - количество ламп в помещении.

Коэффициент использования светового потока η выбирают по следующим данным:

- коэффициент отражения побеленного потолка $\rho_п$ = 70%;

- коэффициент отражения от стен, окрашенных в светлую краску $\rho_с$ = 50%;

- коэффициент отражения от пола, покрытого линолеумом темного света $\rho_р$ = 10%.

Высоту подвеса светильника рассчитывается по формуле:

$$h = H - h_{кр} = 2{,}7 - 0{,}25 = 2{,}45 \qquad (9.2)$$

где H – высота помещения, м;

$h_{кр}$ – расстояние светильников от перекрытия, 0,25 м;

$h_р$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью, м. Определяется по формуле (9.2)

$$h_{расч} = h - h_р = 2{,}45 - 0{,}7 = 1{,}75$$

Расстояние между светильниками определяется по формуле:

$$L = 1{,}4 \cdot h_{расч} = 1{,}4 \cdot 1{,}75 = 2{,}45 \qquad (9.3)$$

где $h_{расч}$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью, м.

Количество ламп в помещении определяется по формуле:

$$N = S / L^2 = 24 / 2{,}45^2 = 4 \qquad (9.4)$$

где S – площадь освещения, м^2;

L – расстояния между светильниками, м.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$I = S / h_{расч} \cdot (a + b) = 24 / 1{,}75 \cdot 10 = 1{,}37 \qquad (9.5)$$

где S – площадь помещения, м^2;

$h_{расч}$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью, м.

a – длина помещения, м;

b – ширина помещения, м.

Необходимый световой поток одной лампы определяется по формуле (9.1)

$$F_л = \frac{E_н \cdot S \cdot K_з \cdot Z}{\eta \cdot N} = \frac{300 \cdot 24 \cdot 1{,}4 \cdot 1{,}1}{0{,}6 \cdot 4} = 4620 \text{ лм}$$

где E - заданная минимальная освещенность = 300 лк., т.к. разряд зрительных работы Б - от 0,30 до 0,50

$K_З$ - коэффициент запаса = 1,4 (для помещений, связанных с работой ПЭВМ)

S - освещаемая площадь = 24 м^2.

z - характеризует неравномерное освещение, $z = Eср / Emin$ - зависит от отношения $\lambda = L/h$, $\lambda a = La/h = 0,6$, $\lambda в = Lв/h = 1,4$. Т.к. λ превышают допустимых значений, то $z=1,1$ (для люминесцентных ламп).

N - число ламп в помещении;

η - коэффициент использования. Для его нахождения выбирают индекс помещения i и предположительно оцениваются коэффициенты отражения поверхностей помещения $\rho пот.$ (потолка) = 70%, $\rho ст.$ (стены) = 50%, $\rho р.$ (пола) = 30%.

Выбираем тип ламп ЛБ, мощностью 80 Вт.

Уточняем необходимое количество ламп данного типа, определяется по формуле:

$$N_{уст} = \frac{N \cdot F_л}{Ф} = \frac{4 \cdot 4620}{5200} = 4 \qquad (9.6)$$

где Ф – световой поток выбранной лампы.

Светильника типа ЛДР 2х80 Вт.Длина 1,24 м ширина 0,27 м высота 0,10 м.

Находим расстояние от крайних светильников до стены, определяется по формуле:

$$l = 0,3 – 0,5\ L \qquad (9.7)$$

где L - расстояние между светильниками, м;

l – расстояние от крайних светильников до стены, м;

La (по длине помещения) = 2,45 м;

Lb (по ширине помещения) =1,86 м.

$$La = 0,3 \cdot La = 0,3 \cdot 2,45 = 0,7 \text{ м} \quad (9.8)$$

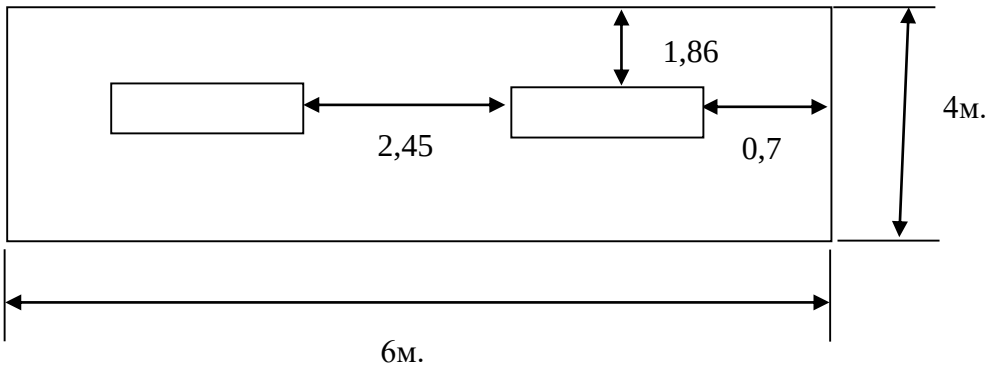

Рисунок 9 – Схема расположения светильников

Светильники с люминесцентными лампами в помещениях для работы установлены рядами. Располагаем два светильника в один ряд. Светильники вмещаются в ряд, так как длина помещении 6 м. Применяем светильники с лампами 2х80 Вт с общим потоком 10400 лм.

Делаем вывод, что помещение соответствует установленным требованиям.

9.3 Воздействие шума на инженера пожарной безопасности

В помещениях с низким уровнем общего шума, каким является помещения где работает инженер пожарной безопасности, источниками шумовых помех могут стать вентиляционные установки, кондиционеры или периферийное оборудование для ЭВМ (плоттеры, принтеры и др). Длительное воздействие этих шумов отрицательно сказываются на эмоциональном состоянии персонала.

Согласно СанПин 2.2.2.542-96 при выполнении основной работы на ВДТ и ПЭВМ (диспетчерские, операторские, расчетные кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.), во всех учебных и дошкольных

помещениях с ВДТ и ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА.

В помещениях, где работают инженерно-технические работники, осуществляющие лабораторный, аналитический или измерительный контроль, уровень шума не должен превышать 60 дБА.

В помещениях операторов ЭВМ (без дисплеев) уровень шума не должен превышать 65 дБА.

На рабочих местах в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин (АЦПУ, принтеры и т.п.) уровень шума не должен превышать 75 дБА.

В качестве мер по снижению шума можно предложить следующее:

– облицовка потолка и стен звукопоглощающим материалом (снижает шум на 6-8 дБ);

– экранирование рабочего места (постановкой перегородок, диафрагм);

– установка в компьютерных помещениях оборудования, производящего минимальный шум;

– рациональная планировка помещения.

Поэтому я предлагаю для уменьшения шума в помещении использовать вместо матричного принтера, который производит много шума, более тихий – лазерный принтер.

Защиту от шума следует выполнять в соответствии с ГОСТ 12.1.003-99, а звукоизоляция ограждающих конструкций должна отвечать требованиям главы СНиП 23-03-2003 «Защита от шума. Нормы проектирования».

9.4 Организация рабочего места инженера пожарной безопасности

Производственная деятельность инженера пожарной безопасности, заставляет его продолжительное время находиться в сидячем положении, которое является вынужденной позой, поэтому организм постоянно испытывает

недостаток в подвижности и активной физической деятельности. При выполнении работы сидя большую роль играет плечевой пояс. Перемещение рук в пространстве влияет не только на работу мышц плечевого пояса и спины, но и на положение позвоночника, таза и даже ног.

Чтобы исключить возникновение заболеваний необходимо иметь возможность свободной перемены поз. Необходимо соблюдать режим труда и отдыха с перерывами, заполняемыми “отвлекающими” мышечными нагрузками на те звенья опорно-двигательного аппарата, которые не включены в поддержание основной рабочей позы.

Рабочее место инженера-исследователя согласно данным по СанПин 2.2.2.542-96. Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680-800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ВДТ и ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее650 мм.

Рабочий стул (кресло)должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья.

Конструкция его должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;

- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400-550 мм и углам наклона вперед до 15 град. И назад до 5 град.;

- высоту опорной поверхности спинки 300 плюс-минус 20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;

- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах 0 ± 30 градусов;

- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260-400 мм;

- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50-70 мм;

Рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 градусов. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Вывод в разделе по безопасности жизнедеятельности были рассмотрены освещение помещений, воздействие шума и рабочего места инженера ПБ, в ходе выполнения дипломной работы.

Были даны практические рекомендации по организации рабочего места и оптимизации условий труда инженера ПБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы:

- произведено прогнозирование опасных факторов аварий с СУГ на станции «Красноярск-Восточный»;

- по результатам расчетов предложены мероприятия, направленные на повышение эффективности противопожарной защиты объекта;

- на основании прогноза рассчитаны силы и средства по тушению сжиженного углеводородного газа на объекте.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

СУГ – сжиженный углеводородный газ

ЛВЖ – легковоспламеняющийся жидкость

ФГП ВО ЖДТ – федеральное государственное предприятия ведомственной охраны железнодорожного транспорта

ПП – пожарный поезд

ДСПП – дежурный по парку

ТП – тяговая подстанция

ПТО – пост технического осмотра

УФПС — управление федеральной противопожарной службы

ОФПС — отряд федеральной пожарной службы

ПЧ — пожарная часть

ДПД — добровольная пожарная дружина

ЦППС - центральный пункт пожарной связи

ЦУСС - центр управления силами и средствами

ДСПТ — дежурная служба пожаротушения

ПНК — помощник начальника караула

РС- ручной ствол

ПЛС - переносной лафетный ствол

СВП - ствол воздушно-пенный

РТ (РП) - разветвление трех (пяти) ходовое

ГПС- генератор (ствол) пены средней кратности

РТП - руководитель тушения пожара

ГЖ - горючие жидкости

ГГ - горючие газы

СУГ - жиженные углеводородные газы

АСР- аварийно-спасательные работы

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» от 21 декабря 1994 г.

2. Федеральный закон № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» от 09 февраля 2007 г.

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 10.12.2008 № 940 «Об уровнях безопасности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств и о порядке их объявления (установления)», которым установлено 3 уровня безопасности, отражающих степень защищенности транспортного комплекса от потенциальных, непосредственных и прямых угроз совершения актов незаконного вмешательства;

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 31.03.2009 № 289 «Об утверждении Правил аккредитации юридических лиц для проведения оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств». Данный документ утверждает правила аккредитации подведомственными Минтрансу России федеральными агентствами организаций (юридических лиц) с целью определения их способности проводить оценку уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств в конкретной сфере транспорта и дорожного хозяйства;

5. Постановление Правительства Российской Федерации от 22.04.2009 № 354 «О внесении изменений в некоторые Постановления Правительства Российской Федерации по вопросам транспортной безопасности», которым на федеральные агентства по видам транспорта возложены функции компетентного органа в области обеспечения транспортной безопасности, а на Федеральную службу по надзору в сфере транспорта – функция по контролю и надзору за обеспечением транспортной безопасности;

6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 05.11.2009 № 1653, утверждающее перечень работ, непосредственно связанных с обеспечением транспортной безопасности;

7. Приказ Минтранса России от 03.11.2009 № 194 «О Порядке установления количества категорий и критериев категорирования объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств». В соответствии с указанным документом категорирование осуществляется на основании разрабатываемых методик и критериев. Категория объекта определяется с учетом степени угрозы совершения акта незаконного вмешательства и его возможных последствий.

8. Приказ МЧС России № 240 от 05.05.2008 года «Об утверждении Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, гарнизонов пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».

9. Аксютин В.П. Руководство по тушению пожаров на железнодорожном транспорте. В.П. Аксютин - М.: УВО МПС, ВНИИЖТ, 2001 г., - 198 с.

10. Девлишев П.П. Руководство по определению зон воздействия опасных факторов аварий с сжиженными газами, горючими жидкостями и аварийно-химически опасными веществами на объектах железнодорожного транспорта. - М.: МПС РФ, 1997. - 124 с.

11. Теребнев В.В. Справочник руководителю тушению пожара: учебник В.В. Теребнев – ИБС-Холдинг, 2005. – 248 с.

12. Баратов А.Н. Справочник. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средств их тушения. А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко. – М.: Химия, 1990 – 384 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Классификация термических поражений от степени тяжести в зависимости от размеров обожжённой площади

Степень тяжести	Характеристика
I	Ожоги II-IIIA степеней при S< 10%
II	Ожоги II-IIIA степеней при S< 40% или Ожоги IIIБ-IV степеней при S< 10%
III	Ожоги II-IIIA степеней при S< 40% или Ожоги IIIБ-IV степеней при S< 40% или Ожоги IV степени при S> 30%
IV	Ожоги IIIБ-IV степеней при S< 40% или Ожоги IV степени при S> 30%

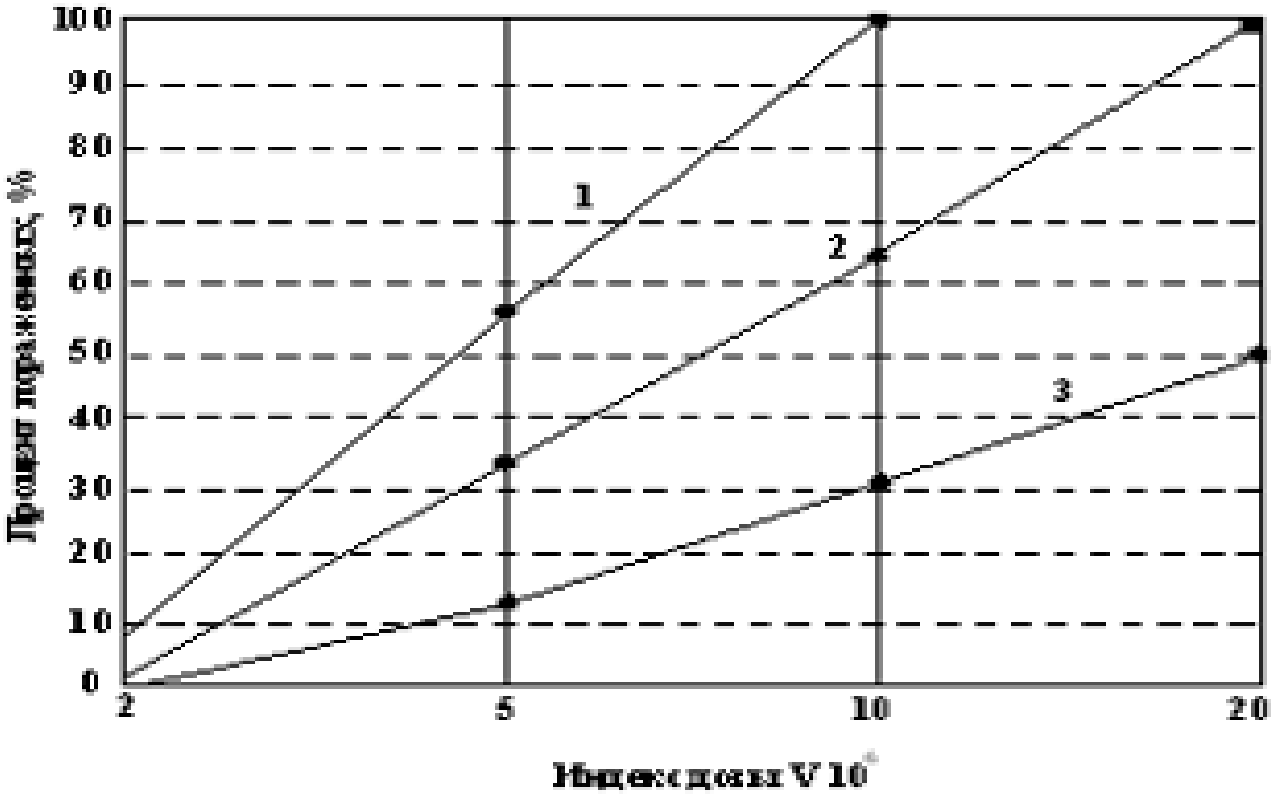

Рисунок А.1 – Зависимость процента пораженных от индекса дозы теплового излучения:

1 – ожоги 1-й степени;

2 – ожоги 2-й степени;

3 – смертельные поражения.

Таблица А.2 – Степени разрушений зданий и сооружений.

Класс зоны	Коэффициент, K_1	ΔP, кПа	Степень разрушения зданий и сооружений
1	3,8	›100	Полное разрушение
2	5,6	53	Сильное разрушение, 50% полного разрушения
3	9,6	28	Среднее повреждение, разрушение без обрушения. Резервуары нефтепродуктов разрушаются
4	28	12	Умеренное разрушение, повреждения внутренних перегородок, рам, дверей
5	56	3	Малые повреждения, разбито не более 10% остекления

Таблица А.3 – Избыточное давление и поражения человека.

Уровень поражения	ΔP, кПа
Безусловное смертельное поражение	500
Летальный исход, 50% случаев	350
Порог смертельного поражения	200
Тяжелая степень поражения	100
Порог поражения человека	3

Таблица А.4 – Воздействие теплового излучения на горючие материалы.

Излучение, кВт/м^2	Металл	Древесина	Ткань, резина
7		нет	
8,5 – 9	Разложение, вспучивание краски	Начало разложения	Начало обугливания
10,5 – 13,5	Обгорание краски через 2 мин	Интенсивное обугливание через 5 мин	Интенсивное обугливание через 4 мин
14 – 16	То же, через 1 мин	Загорание через 5 мин	Загорание через 1 мин
85	То же, через 3 – 5 сек	Загорание через 3 – 5 сек	Загорание через 3 – 5 сек

Таблица А.5 – Плотность теплового потока, кВт · м^2, при горении пролива СУГ

Площадь горения, м^2	Расстояние от фронта пламени, м				
	2	5	10	15	20
1	3,8	-			
2	7,0	4,2	-		
3	11,1	7,0	4,2	-	
5	14,0	8,1	4,9	2,1	-
7	16,5	9,2	5,5	2,3	-
10	18,0	10,5	6,3	3,1	-
15	20,5	12,6	8,1	3,9	-
20	30,0	24,0	11,1	5,6	2,4
100	75,0	40,0	11,0	6,0	2,8
150	82,0	45,0	14,0	8,0	4,2

Таблица А.6 – Допустимое время пребывания людей в зонах теплового воздействия

Плотность теплового потока, кВт/м^2	Допустимое время пребывания людей, мин.	Требуемая защита	Степень теплового воздействия без средств защиты
3,0	Не ограничивается	Без защиты	Болевые ощущения отсутствуют
4,2	Не ограничивается	В боевой одежде и касках	Переносимая боль через 20 с
7,0	5	То же	Непереносимая боль мгновенно
8,5	5	В боевой одежде, смоченной водой, каске	Ожоги через 20 с
10,5	5	То же, но под защитой струй	Мгновенные ожоги
14,0	5	В теплоотражательных костюмах под защитой струй	Мгновенные ожоги
85,0	1	То же, со средствами защиты	Мгновенные ожоги

Таблица А.7 – Интенсивность теплового излучения на поверхности факела пожаров.

Вещество	КВт/м^2
Винилацетат	60
Аммиак	30
Керосин	90
Нефть	70
Мазут	60
СУГ	150 – 200

Таблица А.8 – Избыточное давление взрыва ТВС при различных расстояниях от центра взрыва при разрушении стандартной цистерны с СУГ объемом 54 м^3 и степенью заполнения 85%

R, м	100	150	200	300	400	500	600	700	800	1000
ΔP, кПа	70	40	20	15	10	8	6	5	4	3

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени и скорость выгорания.

Топливо	E_f, кВт/м^2, при d, м.					m, кг/(м^2·с)
	10	20	30	40	50	
СПГ (метан)	220	180	150	130	120	0,08
СУГ (пропан-бутан)	80	63	50	43	40	0,1
Бензин	60	47	35	28	25	0,06
Дизельное топливо	40	32	25	21	18	0,04
Нефть	25	19	15	12	10	0,04
Примечание: Для диаметров очага меньше 10 и больше 50 м. следует принимать E_f такой как для очагов 10 и 50 м. соответственно						

Таблица Б.2 – Основные физико-химические и пожароопасные характеристики СУГ

Название вещества	Плотность жидкой фазы, кг·м^3·10^{-3}	Плотность газовой фазы, кг·м^3·10^{-3}	Температура кипения, ^{0}С	Удельная низшая теплота сгорания кДж·кг$^{-1}$·10^{-3}	Нижний концентрационный предел распространения пламени, % об	Температура самовоспламенения, ^{0}С	Радиус взрыво-опасных зон при $t_р$ = 28^0 С	Молярная масса, кг·кмоль$^{-1}$
Пропан н-Бутан Изобутан Пропилен	0,52 0,60 0,58 0,60	1,78 2,35 2,35 1,78	-4,1 -0,5 -11,7 -47,7	46,3 47,3 47,2 46,0	2,3 1,8 1,8 2.4	470 405 462 455	238 194 195 238	44 58 58 44

Таблица Б.3 – Величины сопротивления одного напорного рукава длиной 20 м

Тип рукавов	Диаметр рукавов, мм					
	51	66	77	89	110	150
Прорезиненные	0,15	0,035	0,015	0,004	0,002	0,00046
Непрорезиненные	0,3	0,077	0,03	-	-	-

Таблица Б.4 – Интенсивность подачи раствора при тушении пожаров воздушно-механической пеной, л/(м с)

Перечень зданий, сооружений, материалов и веществ	Пена средней кратности	Пена низкой кратности
Здания и сооружения		
Горючая жидкость на бетоне	0,08	0,14
Нефтепродукты, пролитые на грунт:		
нефтепродукт с температурой вспышки ниже 28 "С	0,06	0,25
нефтепродукт с температурой вспышки 28 °С и выше, нефть	0,05	0,15
мазут и масла	0,05	0,10
Сжиженный газ, пролитый на железнодорожных путях под слоем щебня	1,0	
Пенополистирол (ПС-1)		0,1
Твердые материалы	0,1	
Термоизоляция, пропитанная нефтепродуктами	0,05	

Таблица Б.5 – Интенсивность подачи воды для охлаждения железнодорожных цистерн, находящихся в зоне горения

Огнетушащие средства	Интенсивность подачи воды для охлаждения, л/(м^{2}с)	
	сжиженных газов	газообразных и жидких нефтепродуктов
Компактные струи воды, подаваемые из ручных и лафетных стволов	0,5	0,2
Распыленные струи воды, подаваемые из ручных стволов	0,3	0,1
Распыленные струи воды, подаваемые из турбинных распылителей и пена низкой кратности	0,2	0,1

Таблица Б.6 – Пропускная способность одного прорезиненного рукава длиной 20 метров в зависимости от диаметра

Пропускная способность, л/с	Диаметр рукавов, мм					
	51	66	77	89	110	150
	10,2	17,1	23,3	40,0	-	-

Таблица Б.7 – Тактико-технические характеристики пожарной техники

Наименование пожарной техники	Боевой расчет	Подача насоса, л/мин	Напор, м вод. ст.	Емкость, л	
				цистерны для воды	бака для пенообразователя
1	2	3	4	5	6
Пожарный поезд 1 категории	4	2х1600	90	100000	10000
Пожарный поезд 2 категории	4	2х1600	90	100000	5000
АЦ-30(53А)106	4	1800	90	1950	80
АЦ-30(53А)106Б	4	1800	90	1900	100
АЦ-30(66)146	1	1500	80	1500	-
АЦ-30(66)184	1	1800	90	1600	100
АЦ-40(130Е)126	4	2400	100	2150	150
АЦ-40(130)63А	4	2400	100	2100	150
АЦ-40(130)63Б	4	2400	100	2350	165
АЦС-40(131)42Б	4	2400	100	2400	150
АЦ-40(131)137	4	2400	100	2400	150
АЦ-40(131)153	4	2400	100	2300	150
АЦ-40(133Г1)181	4	2400	100	5000	180+180
АЦ-40(375)Ц1	4	2400	100	4000	180
АЦ-40(375Н)Ц1А	4	2400	100	4000	180
АН-30(130)64А	7	1800	90	-	500
АН-40(130Е)127	7	2400	90	-	350
АНР-40(130)127А	7	2400	100	-	350
ПНС-100(150К)66		6000	100	-	-
ПНС-110(131)131		6600	100	-	-
АА-40(131)139	4	2400	90	2110	150
АА-40(43105)189	4	2400	100	3000	250
АА-60(7310)160	3	3600	100	12000	900
АВ-40(375)Ц50	4	2400	90	-	4000
АВ-40(375Н)Ц50А	4	2400	100	-	4000+180

Таблица Б.8 – Объем одного рукава длиной 20 м

Диаметр рукава, мм	51	66	77	89	110	150
Объем рукава, л	40	70	90	120	190	350

Таблица Б.9 – Тактико-технические показатели приборов подачи пены низкой и средней кратности

Тип прибора	Напор у прибора, м вод. ст.	Расход, л/с		Кратность пены	Производительность по пене, $м^3$/мин
		воды	пенообразователя		
Пурга 10.20.30	60	30	1,8	100	1200
ГПС-600	60	5,64	0,36	100	36

Таблица Б.10 – Основные технические характеристики ручных пожарных стволов

Показатели		РС-70	СРК-50	РСК-50	РСКЗ-70	РСП-50	РСП-70
Рабочее давление, МПа		0,4…0,6					
Расход воды, л/с	сплошной струи	7,4	2,7		7,4	2,7	7,4
	распылённой струи	-	2		7	2	7
Дальность водяной струи, м	сплошной струи	32	30		32	30	32
	распылённой струи	-	12	11	15	11	15
Угол факела распыла, град.	максимальный	-	25	40	40		
	минимальный	-	60	70	-		

Таблица Б.11 – Технические характеристики типовых цистерн для перевозки СУГ

Габариты по ГОСТ 9238-83	02-ВМ (02-Т)	
Грузоподъёмность	31	т
Масса тары	36	т
Конструктивная скорость	120	км/ч
Длина по осям сцепления автосцепок	12020	мм
Высота от УГР до верха крышки люка	4603	мм
Диаметр котла внутренний	2600	мм
Длина котла наружная	10964	мм
Количество верхних люков	1	шт