

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Департамент бакалавриата

(наименование)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Пожарная безопасность

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Профилактика и тушение пожаров на железнодорожном транспорте

Студент

В.П. Михеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

И.В. Костюшин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

А. В. Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

Тема ВКР: «Профилактика и тушение пожаров на железнодорожном транспорте».

В разделе «Организация пожарной безопасности» приведён комплекс организационных мер, проводимых с целью предупреждения пожара, ограничения распространения огня и создания условий для безопасной эвакуации людей, обращение с пожароопасными материалами на станции «Химическая».

В разделе «Анализ систем противопожарной защиты и оборудования» приведено описание существующих систем противопожарной защиты.

Раздел «Организация борьбы с пожаром» посвящен исследованию практики тушения пожаров на объектах железнодорожного транспорта и выбору методов и способов ликвидации загораний цистерн с СУГ на сортировочных станциях.

В разделе «Охрана труда» представлено описание действующей системы управления охраной труда на станции «Химическая» и ОАО «РЖД».

В разделе «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность» представлена оценка антропогенного воздействия последствий возможного пожара на станции «Химическая» на окружающую среду и разработаны методы и средства, снижающие это воздействие.

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» рассчитан интегральный экономический эффект от монтажа сухотрубов и системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая».

ВКР состоит из шести глав на 54 страницах и содержит 5 таблиц и 4 рисунка.

Abstract

The topic of the work: «Prevention and extinguishing of fires in railway transport».

The section «Organization of fire safety» contains a set of organizational measures taken to prevent fire, limit the spread of fire and create conditions for the safe evacuation of people, handling of fire-hazardous materials at the Chemical station.

The section «Analysis of fire protection systems and equipment» describes the existing fire protection systems.

The section «Organization of fire fighting» is devoted to the study of the practice of extinguishing fires at railway transport facilities and the choice of methods and methods for eliminating fires of LPG tanks at marshalling yards.

The section «Labor Protection» describes the current system of labor protection management at the Chemical plant and JSC «Russian Railways».

The section «Environmental protection and environmental safety» provides an assessment of the anthropogenic impact of the consequences of a possible fire at the Chemical plant on the environment and develops methods and means to reduce this impact.

In the section «Evaluation of the effectiveness of measures to ensure technosphere safety», the integral economic effect of the installation of dry pipes and a system for generating air-mechanical foam based on the «Blizzard» and «BLIZARD» devices on the open storage area of LPG tanks at the «Chemical» station is calculated.

The work consists of six chapters on 54 pages and contains 5 tables and 4 figures.

Содержание

Введение.....	5
Термины и определения	7
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Организация пожарной безопасности.....	9
2 Анализ систем противопожарной защиты и оборудования	15
3 Организация борьбы с пожаром	25
4 Охрана труда.....	36
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность	39
6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности	42
Заключение	48
Список используемых источников.....	51

Введение

Тысячи тонн опасных грузов ежедневно перевозятся всеми видами транспорта.

Перевозка опасных грузов по железной дороге сопряжена с высоким риском возникновения аварийных ситуаций, пожаров и взрывов. По мере увеличения объема перевозки опасных грузов возрастает и риск, который они представляют во время перевозки [21].

Из-за опасного характера грузов опасные аварии на наземном транспорте часто имеют тяжелые последствия для населения и окружающей среды [22].

Железнодорожный транспорт превосходит другие виды транспорта тем, что он универсален, надежен, способен перевозить опасные грузы независимо от времени года, климатических условий и вариантов транспортировки. Опасные грузы могут перевозиться по железной дороге в больших количествах и на большие расстояния [23].

Особые требования безопасности предъявляются к перевозке опасных грузов железнодорожным транспортом как на международном, так и на национальном уровне [24].

При перевозке опасных грузов избежать риска невозможно, однако можно управлять факторами, повышающими риск, и свести их к минимуму [25].

На показатели безопасности железных дорог влияют несколько факторов, таких как факторы риска людей, работающих на участке железной дороги, а также факторы риска инфраструктуры [25].

Целью работы будет – разработка конструктивных, технических, технологических, тактических и организационных средств защиты объектов железнодорожного транспорта от пожаров и их последствий.

Задачи:

- исследовать комплекс организационных мер, проводимых с целью предупреждения пожара, ограничения распространения огня и создания условий для безопасной эвакуации людей, обращение с пожароопасными материалами на станции «Химическая»;
- проанализировать существующие системы противопожарной защиты на станции «Химическая»;
- проанализировать практику тушения пожаров на объектах железнодорожного транспорта;
- произвести выбор методов и способов ликвидации загораний на объектах железнодорожного транспорта;
- исследовать действующую систему управления охраной труда на станции «Химическая» и ОАО «РЖД»;
- произвести оценку антропогенного воздействия последствий возможного пожара на окружающую среду и разработаны методы и средства, снижающие это воздействие;
- произвести оценку эффективности проведения мероприятий по повышению пожарной безопасности объекта.

Термины и определения

В настоящей ВКР применяют следующие термины с соответствующими определениями.

Пожарный извещатель – «техническое средство, предназначенное для обнаружения факторов пожара и/или формирования сигнала о пожаре» [20].

«Класс конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков - классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая степенью участия строительных конструкций в развитии пожара и образовании опасных факторов пожара» [20].

«Класс функциональной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков - классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая назначением и особенностями эксплуатации указанных зданий, сооружений и пожарных отсеков, в том числе особенностями осуществления в указанных зданиях, сооружениях и пожарных отсеках технологических процессов производства» [20].

«Пожарная безопасность объекта защиты – состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [20].

«Пожарная сигнализация – совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд» [20].

«Пожарная опасность веществ и материалов – состояние веществ и материалов, характеризующее возможность возникновения горения или взрыва веществ и материалов» [20].

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей ВКР применяют следующие сокращения и обозначения:

АБК – административно-бытовой комплекс.

АСУ – автоматическая система управления.

АЦ – автоцистерна.

ББФ – бутилен-бутадиеновая фракция.

ВМП – воздушно-механическая пена.

ВОЛС – волоконно-оптические линии связи.

ГДЗС – газодымозащитная служба.

ГЖ – горючая жидкость.

ГОСТ – государственный стандарт.

ГПВС – газопаровоздушные смеси.

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость.

ОТ – охрана труда.

ПКП – приемно-контрольный прибор.

ПСЧ – пожарно-спасательная часть.

ПУЭ – правила устройства электроустановок.

РЖД – Российские железные дороги.

САПС – система автоматической пожарной сигнализации.

СИЗОД – средства индивидуальной защиты органов дыхания.

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией.

СПГ – сжиженный природный газ.

СУГ – сжиженный углеводородный газ.

ТБ – техносферная безопасность.

ТВС – топливовоздушная смесь.

ТОК – теплоотражающий костюм.

ТП – технологический процесс.

ФПС – федеральная противопожарная служба.

ЦМ – цельнометаллический вагон.

1 Организация пожарной безопасности

Станция «Химическая» расположена в Центральном районе г.о. Тольятти, на расстоянии 5,7 километра до ближайшего подразделения ФПС – 86 ПСЧ.

Станция «Химическая» является сортировочной станцией с пропускной способностью 45 тысяч вагонов в месяц, предназначенной в первую очередь для обработки транзитных грузовых и временного хранения различных грузов в цистернах и вагонах, а также для расформирования и формирования поездов.

Станция «Химическая» представлена железнодорожными и административными зданиями и открытыми площадками временного хранения железнодорожных цистерн.

Станция состоит из двух приемоотправочных парков – чётного и нечётного, и одного сортировочного, а также грузового двора.

На территорию объекта имеется один въезд с улицы Ларина. Станция «Химическая» состоит из 16 железнодорожных путей протяженностью 1 км. На путях с 1 по 5 находятся железнодорожные цистерны и вагоны с различными грузами. Пути с 6 по 16 используются:

- 1 путь всегда свободен;
- 2,3 пути служат для формирования составов порожняка;
- оставшиеся пути задействованы под стоянку железнодорожных составов.

Контактная сеть на территории станции отсутствует.

Составление и маневрирование составов производится с использованием 2-х тепловозов.

Имеется 2 капитальных строения на станции:

- тепловозное депо для стоянки одного тепловоза;
- здание станции «Химическая».

Степень огнестойкости тепловозного депо – III.

Тепловозное депо для стоянки одного тепловоза представляет собой одноэтажное здание из металлического каркаса обшито «сендвич» панелями. Кровля профнастил. Размеры депо 24×9 м. Общая площадь равна 269м². Высота здания 4,2м.

Класс функциональной пожарной опасности помещений – Ф 5.2 [20].

Станция «Химическая» имеет степень огнестойкости II, представляет собой двухэтажное здание, кирпичное, перекрытия железобетонные плиты, кровля плоская рубероидная. В здании имеется 1-лестничная клетка с выходом непосредственно наружу. Подвал и чердак отсутствуют. Размеры здания 13×21 м. Общая площадь равна 590,5м², площадь застройки – 304,9м². Высота здания 6,4 м.

В здании располагаются служебные кабинеты транспортной компании «ВолгаУралТранс» и кабинеты сотрудников РЖД ст. «Жигулевское Море».

Режим работы обслуживающего персонала – двухсменный (по 12 часов), четырехбригадный.

В административном отношении станция «Химическая» подчиняется единому руководству РЖД ст. «Жигулевское Море», помещения для которого предусмотрены в административном здании. Бытовые помещения для обслуживающего персонала предусмотрены в АБК.

Станция оборудована всеми современными видами связи. Имеется информационная, диспетчерская внутристанционная радиосвязь маневрового диспетчера с машинистами маневровых локомотивов, громкоговорящая связь.

В каждом конце приемоотправочного парка имеются вытяжные пути, полезная длина которых рассчитана на размещение не менее половины длины грузового поезда. С обоих концов парков имеются прямые выходы на главные пути.

Класс функциональной пожарной опасности помещений – Ф 4.3

В непосредственной близости от станции расположены садовые участки, различные хозяйственные постройки.

На расстоянии 150 м от станции в южном направлении расположена ул. Ларина, а на расстоянии от 300 до 400 м объекты:

- Тольяттинский комбикормовый завод;
- ЮниФлэйкс;
- столярный цех ЗБСК;
- Тольяттинское заготовительное предприятие «Вторсырье».

В западном направлении станция граничит с железнодорожным цехом ООО «Тольяттикаучук», на востоке – лесной массив.

Места хранения горючих материалов и веществ на объекте представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Места хранения горючих материалов и веществ на объекте

Место хранения горючих материалов	Наименование веществ	Количество (объем)	Средства тушения	Рекомендации по мерам защиты л/с
Открытая площадка, ж/д цистерна	Бензин	50м ³	ВМП, вода	Установка единого сигнала для отхода, использование костюмов ТОК-1
Открытая площадка, ж/д цистерна	Дизельное топливо	50м ³	ВМП, вода	Установка единого сигнала для отхода, использование костюмов ТОК-1
Открытая площадка, ж/д цистерна	изопентан	50м ³	СИЗОД, Резиновые перчатки	Смеси пар/воздух взрывоопасны. Не курить во время работы.
Открытая площадка, ж/д цистерна	изобутан	50м ³	СИЗОД, Резиновые перчатки	Не принимать пищу, не пить и не курить во время работы.

Одновременно на станции может находиться до 100 типовых железнодорожных цистерн объемом 60м³ с различными углеводородами для ООО «Тольяттикаучук»: изобутан, изопентан, бензин и другими, сходными с ними по характеристике, а также железнодорожные вагоны с материальными ценностями.

Пожарная опасность станции характеризуется большим количеством перевозимых через станцию, обрабатываемых на станции вагонов с взрывоопасными и пожароопасными грузами, а также наличием на станции хранящихся цистерн с СУГ [1].

Открытая площадка цистерн с СУГ по характеристике обращающихся веществ (сжиженный углеводородный газ) относится к взрывопожароопасному производству.

Взрывопожароопасность открытой площадки цистерн с СУГ определяется наличием в цистернах большого количества сжиженных углеводородных газов (пропан-бутан автомобильный) под давлением (до 16 кгс/см²), которые при разгерметизации системы (при нарушении правил эксплуатации оборудования или проведения ремонтных работ) обладают высоким потенциальным разрушающим действием.

Снабжение электроэнергией объектов железной дороги осуществляется от трансформаторных подстанций, расположенных вдоль железной дороги.

Отключение электроэнергии производится силами обслуживающего персонала [7].

Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности включают в себя:

- паспортизацию веществ, материалов, изделий, технологических процессов, здания и сооружений станции в части обеспечения пожарной безопасности;
- привлечение общественности к вопросам обеспечения пожарной безопасности;
- организацию обучения персонала правилам пожарной безопасности при проведении плановых и ремонтных работ на станции;
- разработку и реализацию в соответствии с Федеральным законодательством норм и правил пожарной безопасности, инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и

материалами, о соблюдении противопожарного режима и действиях персонала при возникновении пожара;

- изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности;
- нормирование численности людей на объекте по условиям безопасности их при пожаре;
- разработку мероприятий по действиям персонала подстанций на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей;
- основные виды, количество, размещение и обслуживание пожарной техники по ГОСТ 12.4.009 (Применяемая пожарная техника должна обеспечивать эффективное тушение пожара (загорания), быть безопасной для природы и людей).

Класс пожарной опасности строительных конструкций соответствует принятому классу конструктивной пожарной опасности для административных зданий железнодорожных станции (ст.87, п.6, табл.22 ФЗ № 123-ФЗ).

Конструктивные элементы здания предусматриваются с пределом огнестойкости не менее, соответствующих принятой степени огнестойкости здания (ст.87, п.2, табл.21, ст.87 ФЗ № 123-ФЗ) [20]:

Персональная ответственность за обеспечение пожарной безопасности на исследуемом объекте возложена на его руководителя.

Руководитель предприятия организовал:

- разработку инструкции о мерах пожарной безопасности для опасного производственного объекта;
- организовал обучение и инструктаж рабочих и инженерно-технических работников по вопросам пожарной безопасности;
- периодические проверки состояние пожарной безопасности, наличие и исправность технических средств пожаротушения.

На случай возникновения пожара на объекте обеспечена возможность безопасной эвакуации людей, находящихся в административном здании. На видных местах вывешены «Планы эвакуации людей».

Первичные средства пожаротушения имеют сертификаты соответствия, установленные стандартом или ТУ в Российской Федерации.

Огнетушители опломбированы, имеют исправный раструб. При отправке на перезарядку огнетушители заменяются на заряженные.

Асбестовое полотно, войлок (кошма) храниться в металлических футлярах с крышками и не реже 1 раза в 3 месяца просушивается и очищается от пыли.

В тупике железнодорожной эстакады на расстоянии 30,5 м от нее установлена маневровая лебедка с тяговым усилием 5 т.

В соответствии с приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 31 марта 2008 г. № 186 для предотвращения постороннего несанкционированного вмешательства в деятельность опасного производственного объекта предусмотрено ограждение территории предприятия с установкой камер видеонаблюдения.

С учетом изложенного несанкционированное вмешательство в ход технологического процесса и террористические акты сведены к минимуму.

Вывод: прогнозируя обстановку в административном здании станции, при возникновении пожара угроза сильного задымления будет возможна на том этаже, на котором возник пожар и на вышерасположенных этажах. Концентрация продуктов горения будет повышаться по мере заполнения объёма помещений. Системы автоматической пожарной сигнализации также имеются, поэтому в ночное время обнаружения пожара может составлять не более 5 минут. Прогнозируя обстановку в административном здании станции, с учётом конструктивных особенностей данного здания и действий обслуживающего персонала, то на момент прибытия подразделений пожарной охраны люди будут эвакуированы.

2 Анализ системы противопожарной защиты и оборудования

В соответствии со ст.5, п.3 ФЗ № 123-ФЗ, система обеспечения пожарной безопасности станции «Химическая» должна включать в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты и комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности [20].

Целью создания системы противопожарной защиты является защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий.

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий обеспечивается снижением динамики нарастания опасных факторов пожара, эвакуацией людей и имущества и тушением пожара (ст.51, п.п. 1, 2 ФЗ № 123-ФЗ) [20].

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий обеспечивается следующими способами (ст. 52 ФЗ № 123-ФЗ):

- применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага;
- устройство эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;
- устройство системы обнаружения пожара;
- устройство систем автоматического водяного пожаротушения;
- применение основных строительных конструкций с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требуемым степеням огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности здания станции;
- устройство аварийного слива масла из маслонаполненного оборудования;

- применение первичных средств пожаротушения;
- организация деятельности подразделений пожарной охраны.

В соответствии со ст.87, п.3 ФЗ № 123-ФЗ, пределы огнестойкости заполнения проемов (дверей, ворот, окон и люков) не нормируется, за исключением заполнения проемов в противопожарных преградах.

В административном здании предусматривается, что огнестойкость узлов крепления и сочленения строительных конструкций выполняется не ниже требуемой огнестойкости стыкуемых конструкций (ст.137, п.2 ФЗ № 123-ФЗ). Узлы пересечения кабелями и другим технологическим оборудованием ограждающих конструкций здания также имеют огнестойкость не ниже требуемой огнестойкости, установленной для данных конструкций (ст.137, п.4 ФЗ № 123-ФЗ) [20].

Заделка отверстий в ограждающих конструкциях помещений, после прокладки коммуникаций, предусматривается уплотнение материалами, обеспечивающими огнестойкость не менее REI 45 (п.4.2.108 ПУЭ). При этом не допускается прокладка кабелей через преграды пучками. В этих местах кабели рассредоточены и каждый уплотнен несгораемым материалом (п.8.27 РД 153-34.0-49.101-2003) [7].

В соответствии с требованиями п.п. 4.13, 6.1.2. СП 4.13130.2013 минимальные противопожарные расстояния между зданиями и сооружениями II степени огнестойкости, а также расстояния до ближайших жилых и общественных зданий, должны быть не менее 9 м. Требования нормативных значений расстояний между зданием станции и жилой застройкой в проекте обеспечиваются [8].

В соответствии со СНиП II-89-80* расстояние от граней здания станции до деревьев должно быть не менее 5 м, а до кустарников – не менее 1,5 м. Данное требование при проведении благоустройства территории станции «Химическая» соблюдается [14].

Практически все здания исследуемого объекта оборудованы автоматическими установками пожарной сигнализации с выводом на пульт в

местах с круглосуточным пребыванием обслуживающего персонала, однако вывода на пульт пожарной охраны не предусмотрено.

Исключение условий образования горючей среды на станции «Химическая» обеспечивается следующими способами (ст.49 ФЗ № 123-ФЗ):

- применение в строительных конструкциях здания подстанции, отделке помещений, конструкциях подвесных потолков, двойных полов и т.п. негорючих веществ и материалов;
- установка пожароопасного технологического оборудования в изолированных помещениях и камерах;
- применение устройств защиты оборудования, исключающих выход горючих веществ;
- удаление из помещений станции, технологического оборудования и кабельных каналов пожароопасных отходов, отложений пыли, пуха.

Пожарные гидранты должны устанавливаться на сети наружного противопожарного водопровода с условием обеспечения пожаротушения любой точки территории станции не менее чем от 2-х пожарных гидрантов, с учетом прокладки рукавных линий длиной не более 200 м по дорогам с твердым покрытием (п.п.8.16, 9.11 СП 8.13130.2020) [9].

Однако, существующее противопожарное водоснабжение станции не отвечает требованиям СНИП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий», СНИП 2.04.02-84* «Водоснабжение Наружные сети и сооружения» [15, 16].

Существующие противопожарные водопроводные сети обеспечивают расход воды не более 30 л/с только от одного пожарного гидранта.

Расстояние от пожарных гидрантов до края проезжей части автомобильной дороги предусматривается не более 2,5 м, до стен здания – не менее 5 м (п.8.6 СП 8.13130.2020) [9].

Для обозначения мест расположения пожарных гидрантов предусматривается установка стандартных указателей.

Пожарными водоемами станция не оборудована. Нет на станции проложенных сухотрубов. Нет лотков для прокладки рукавных линий.

Заправка АЦ водой, также может осуществляться путём подвоза бойлерами и железнодорожной цистерной объёмом 60 м³, подготовленной для нужд пожаротушения [19].

Для тушения возможного пожара в железнодорожных цистернах предусмотрена доставка пожарной железнодорожной цистерны вместимостью 60 тонн воды с площадки ООО «Гольяттикаучук». Доставка осуществляется маневровым тепловозом по железнодорожным путям.

При отключении воды в городском водопроводе, ближайшее место заправки пожарных автомобилей производить из пожарного водоёма объёмом 40 м³, расположенного на территории 86 ПСЧ, ул. Комсомольская 119 (расстояние 9,5км.).

Продолжительность тушения пожара, в соответствии с требованиями п.6.3 СП 8.13130.2020, принимается 3 часа [9].

Восстановление пожарного объема воды осуществляется от городского водопровода и должно составлять не более 24 ч (п.6.4 СП 8.13130.2020).

Для тушения малых очагов загораний на объекте предусмотрены первичные средства пожаротушения.

Первичные средства пожаротушения используются для локализации и ликвидации небольших возгораний, а также пожаров в их начальной стадии развития.

Для размещения порошковых огнетушителей, предназначенных для тушения пожаров класса С, предусмотрена установка пожарных шкафов типа ШПО-113.

Пожарные шкафы установлены, в административном здании парке в количестве 4 шт., в локомотивном депо – 2 шт.

Система внутреннего противопожарного водопровода здания выполнена кольцевой, при этом расход воды составляет не менее 10,4 л/с (2 струи по 5,2 л/с), что соответствует требованиям табл.2 СП 10.13130.2020.

Продолжительность работы пожарных кранов должна обеспечиваться не менее 3 часов (п.4.1.10 СП 10.13130.2020) [10].

Свободное давление у пожарных кранов должно обеспечивать получение компактных струй высотой не менее 6 метров (п.4.1.8 СП 10.13130.2020) [10].

В шкафу пожарного крана, защищаемого помещения, располагается пожарный рукав, пожарный ствол и два ручных огнетушителя (п.п.4.1.4 СП 10.13130.2020) [10].

В здании предусматривается, что вспрыски, пожарные стволы, пожарные краны, пожарные рукава будут одинакового диаметра.

В соответствии с требованиями п.4.1.8, прим.2 СП 10.13130.2020, в системе внутреннего пожаротушения применяются пожарные краны с комплектующими с DN 65.

Внутри здания ПС пожарные краны размещаются у входов, на площадках лестничных клеток и коридорах.

Внутренние сети противопожарного водопровода выполнены из стальных электросварных труб по ГОСТ 10704-91 с окраской красной масляной краской в два раза.

Количество и места размещения первичных средств пожаротушения согласованы с органами государственного пожарного надзора.

На воздуховодах, обслуживающих помещения категории В1 станции, установлены противопожарные нормально открытые клапаны в местах пересечения воздуховодами противопожарной преграды обслуживаемого помещения (п.6.54(в) СП 7.13130.2013). Предел огнестойкости данных клапанов не менее EI 30 (п.6.65 СП 7.13130.2013) [4].

Воздуховоды системы вентиляции выполнены из негорючих материалов (п.6.58(б-г) СП 7.13130.2013), при этом воздуховоды выполняются из листовой стали толщиной не менее 0,8 мм, что соответствует требованиям п.6.57 СП 7.13130.2013 и относятся к классу П по п.6.60(а) СП 7.13130.2013 [4].

Для обеспечения эвакуации персонала станции при пожаре, в здании подстанции, два эвакуационных выхода, расположенных рассредоточено (СП 1.13130.2020) [11].

Расстояние между эвакуационными выходами в проекте соответствует требованиям п.4.2.4 СП 1.13130.2020 [11].

Помещения первого этажа здания обеспечиваются эвакуационными выходами, ведущими наружу (ст.89, п.3 ФЗ № 123-ФЗ):

- непосредственно;
- через коридор;
- через коридор и тамбур;
- в соседнее помещение, обеспеченное вышеуказанными выходами.

Помещения второго этажа обеспечиваются эвакуационными выходами в коридор, ведущий непосредственно в лестничную клетку (ст.89, п.3 ФЗ № 123-ФЗ).

Расстояния от наиболее удаленных мест нахождения обслуживающего персонала в помещениях здания станции до ближайшего эвакуационного выхода соответствуют требованиям п.9.2.7, табл.29 СП 1.13130.2020.

Ширина дверей выходов из лестничных клеток предусмотрена не менее ширины лестничных маршей, при этом предусматривается, что двери лестничных клеток оборудуются устройствами самозакрывания и уплотнениями в притворах (п.4.2.7 СП 1.13130.2020). Ширина марша лестницы принята не менее 0,9 м (п.4.4.1 СП 1.13130.2020) [11].

На объекте предусматривается использование лестниц из железобетонных ступеней по стальным оштукатуренным косоурам. Ширина лестничных площадок – не менее ширина марша (п.4.4.3 СП 1.13130.2020).

На объекте предусматривается уклон маршей лестниц не более 1:2, ширина проступей – 30 см (принимается 30 см по п.5.17 СНиП 31-03-2001), высота ступеней – 15 см (п.4.4.2 СП 1.13130.2020) [11, 17].

На путях эвакуации не применяются материалы с более высокой пожарной опасностью, чем (п.4.3.2 СП 1.13130.2020):

- Г1, В1, Д2, Т2 – для отделки стен, потолков и заполнения подвесных потолков в лестничных клетках;
- Г2, В2, Д3, Т3 или Г2, В3, Д2, Т2 – для отделки стен, потолков и заполнения подвесных потолков в общих коридорах;
- Г2, РП2, Д2, Т2 – для покрытий пола в лестничных клетках;
- В2, РП2, Д3, Т2 – для покрытий пола в общих коридорах.

Каркасы подвесных потолков в помещениях административного здания станции и на эвакуационных путях проектируется выполнить из негорючих материалов (п.4.3.2 СП 1.13130.2020).

Пути эвакуации освещаются в соответствии с требованиями СНиП 23-05-95 (п.3.3.1 СП 1.13130.2020) [11, 18].

В соответствии с требованиями табл. 2, СП 3.13130.2009 здание станции «Химическая» оборудовано системой оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) 2-го типа [12].

В соответствии с табл.1 СП 3.13130.2009 СОУЭ 2-го типа включает в себя:

- звуковые оповещатели (сирены) персонала о пожаре;
- эвакуационные знаки пожарной безопасности, указывающие направление движения;
- световые оповещатели «Выход».

Оповещатели персонала о пожаре установлены на эвакуационных путях 1-го и 2-го этажа здания на высоте не менее 2,3 м от пола и на расстоянии не менее 0,15 м от потолка (п.4.4 СП 3.13130.2009) [12].

Звуковые оповещатели обеспечивают общий уровень звука не менее 75 дБа на расстоянии 3 м от оповещателя, но не более 120 дБа в любой точке административного здания станции (п.4.1 СП 3.13130.2009) [12].

Световые оповещатели «Выход», а также эвакуационные знаки пожарной безопасности, указывающие направление движения в здании станции, включены в режим постоянного свечения.

Активация СОУЭ осуществляется:

- автоматически (от автоматической пожарной сигнализации через релейные программируемые модули);
- дистанционно (с АРМ дежурного);
- местное (от пусковых элементов).

СОУЭ должна функционировать в течение времени необходимого для завершения эвакуации людей из зданий (ст.84, п.7 ФЗ № 123-ФЗ).

На объекте предусматривается обеспечение электроснабжения СОУЭ источниками бесперебойного питания (ст.84, п.11 ФЗ № 123-ФЗ).

Помещения станции и пространства за подвесными потолками оснащаются системой автоматической пожарной сигнализацией (САПС) (СП 5.13130.2009) [13].

Структурно САПС выполнена двухуровневой и состоит из:

- технических средств первого уровня: извещателей САПС и исполнительных устройств оповещения (звуковые и световые оповещатели);
- технических средств второго уровня: приемно-контрольные приборы САПС, интерфейсные модули и релейных модулей управления исполнительными устройствами оповещения.

Конструктивно САПС построена по модульному принципу, чем обеспечивается взаимозаменяемость однотипных технических средств.

САПС помещений станции «Химическая» выполнена в качестве адресно-аналогового типа.

Адресные извещатели, устанавливаемые в помещениях станции, включаются в двухпроводную линию связи с кольцевой топологией. Кроме этих извещателей, на выходах, коридорах и лестничных клетках здания устанавливаются адресные ручные пожарные извещатели.

В соответствии с требованиями п.13.3.2 СП 484.1311500.2020 адресные дымовые извещатели устанавливаются в защищаемых помещениях в количестве не менее 2-х, включенных по логической схеме «ИЛИ». При этом

извещатели должны устанавливаться под перекрытиями (п.13.3.4 СП 484.1311500.2020) [13].

Для шлейфов пожарной сигнализации используются самостоятельные экранированные провода с медными жилами диаметром 0,5 мм (п.п.13.15.11, 13.15.12 СП 484.1311500.2020) и пределом огнестойкости не менее R 30.

Контроль адресных линий и включенных в них извещателей (адресные шлейфы) («Норма», «Пожар», «Неисправность», «Диагностика состояния») обеспечивают приемно-контрольные приборы (ПКП) (общее количество четыре: три на здание и один на пожаротушение). При этом высота их установки должна быть не менее 1 м от уровня пола (п.13.14.7 СП 484.1311500.2020).

Передача сигналов («Норма», «Пожар», «Неисправность», «Диагностика состояния») в АСУ ТП станции осуществляется с помощью программируемых релейных модулей.

Приемно-контрольные приборы адресной САПС и программируемые релейные модули объединяются в сеть посредством последовательного системного интерфейса RS-485. Для организации системного интерфейса между этажами здания ПС прокладываются волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), которые кроме передачи информации обеспечивают еще и помехозащищенность линий связи к импульсным помехам при прокладке их в железобетонных лотках совместно с силовыми кабелями.

Для преобразования электрического интерфейса RS-485 в оптический сигнал и обратного преобразования используются оптические преобразователи, устанавливаемые внутри объединяемых сетью этажей здания ПС.

Согласованное функционирование сети ВОЛС адресных шлейфов обеспечивается контрольной панелью САПС, устанавливаемой в помещении АРМ дежурного. Для обеспечения возможности графического мониторинга технических средств системы пожарной сигнализации, контрольная панель

стыкуется с сервером АРМ дежурного интерфейсом RS-232 (через преобразователь интерфейсов RS-485/RS-232).

Электропитание САПС предусмотрено по I категории электроснабжения, согласно требованиям ПУЭ, от двух независимых источников электроснабжения:

- основной – 220 В переменного тока, 50 Гц;
- резервное питание – 12 или 24 В постоянного тока от устанавливаемых блоков бесперебойного питания (время резервирования не менее 24 часов в дежурном режиме и 1 часа в режиме тревоги) (п.15.3 СП 484.1311500.2020) [13].

Ширина автомобильных въездов на территорию станции, в соответствии с требованиями ст.98, п.11 ФЗ № 123-ФЗ, должна обеспечивать беспрепятственный проезд основных и специальных пожарных автомобилей, поэтому ширина проезда принята не менее 4,5 м.

Подъездные автодороги и внутриплощадочная автодорога выполнена из щебеночного асфальтобетона. При этом обеспечиваются допустимые нагрузки основных и специальных пожарных автомобилей (ст.67, п.9 ФЗ № 123-ФЗ).

Вывод: в ходе анализа обеспечения пожарной безопасности на станции было выяснено, что:

- существующие противопожарные водопроводные сети обеспечивают расход воды не более 30 л/с только от одного пожарного гидранта;
- пожарными водоемами станция не оборудована;
- нет на станции проложенных сухотрубов;
- нет лотков для прокладки рукавных линий.

3 Организация борьбы с пожаром

Сложное путевое развитие и большое количество грузовых поездов значительно осложняют действия пожарных подразделений при прокладке рукавных линий и тушению пожаров в подвижном составе.

«Грузовой парк железной дороги в основном состоит из цельнометаллических (ЦМ) полувагонов, платформ» [3].

«Среди локомотивов наибольшую пожарную опасность представляют: тепловозы, моторные вагоны дизель-поездов, дизельные секции тяговых агрегатов и автомотрисы, содержащие большое количество горючего и масел (запас топлива на двухсекционных тепловозах типа ТЭ10 составляет 246300 кг, масла 241500 кг), а также нагретые поверхности конструкций и оборудования дизельных помещений» [19].

«Опасность по возникновению аварийных ситуаций и пожаров представляют приемный и отправочный парки, где возможны истечение СУГ, ЛВЖ и ГЖ при отказе запорной арматуры, разгерметизация трубопроводов или сливного устройства. В указанных выше парках при авариях возможно устойчивое факельное горение паров СУГ или ЛВЖ, истекающих из разгерметизированных устройств, или образование взрывоопасного облака с последующим взрывом топливовоздушной смеси (ТВС)» [19].

При возникновении пожара (загорания) в пассажирском поезде ответственность за организацию тушения пожара в начальный период и эвакуацию пассажиров несет начальник поезда.

Каждый работник поезда при обнаружении пожара (загорания) или задымления в вагоне обязан:

- остановить поезд стоп-краном;
- по внутри поезда связи РТМ-1 или по цепочке через проводников соседних вагонов вызвать начальника поезда и поездного электромеханика к месту пожара и сообщить о пожаре машинисту

локомотива;

- не дожидаясь прибытия начальника поезда и электромеханика приступить к тушению пожара установкой пожаротушения или первичными средствами.

Машинист локомотива должен передать сообщение о пожаре поездному диспетчеру или дежурному по ближайшей станции с целью вызова подразделений пожарной охраны.

Начальник поезда обязан организовать эвакуацию пассажиров с одновременным тушением пожара в соответствии с инструкцией по обеспечению пожарной безопасности поездов.

При необходимости начальник поезда совместно с электромехаником, машинистом и помощником машиниста должен произвести расцепку состава и отвод горящего вагона на расстояние, исключающее возможность перехода огня на соседние вагоны (не менее 10 м) или близко расположенные здания и сооружения. При этом необходимо учесть возможность удобного подъезда передвижных средств пожаротушения. При проведении расцепки вагонов необходимо соблюдать требования действующих Инструкций.

«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 газозвушной смеси вне цистерны при утечке газа, при этом зона загазованности может достигать площади 2500 м² и иметь протяженность до 250 м;
- взрыв газозвушной смеси;
- взрыв цистерны при воздействии на нее открытого пламени и теплового излучения;
- высокое тепловое излучение пламени» [19].

«Высокая испаряемость и парообразующая способность газов обуславливает 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» [19].

«При разрыве торцевых стенок и выходе из котла жидкого газа образуется реактивная сила, которая способна переместить цистерну или отбросить ее на значительное расстояние» [19].

«При авариях площадь зоны загазованности при разгерметизации одной цистерны СУГ достигает 2500 м² 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 15-25 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» [19].

«Взрыв одной железнодорожной цистерны с СУГ способствует проливу жидкости и в зависимости от состояния балласта железнодорожных путей и рельефа местности приводит к увеличению площади пожара» [19].

«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. м². По разлитому продукту горение распространяется не только на ближайшие поезда, но и на соседние складские, производственные здания» [19].

«При ширине односторонней станции 350-450 метров и двусторонней 600-700 м. будет загазована большая ее часть на глубину до 250 м. при

скорости ветра 0,5 м/с в зависимости от места расположения аварийной цистерны (на крайних путях или в центре станции). При этом в зону загазованности попадает весь подвижной состав, находящийся на соседних путях с аварийной цистерной. В условиях аварийной ситуации, близкой к чрезвычайной, до ликвидации утечки газа должны быть прекращены маневровые работы, движение поездов в зоне загазованности, устранены источники огня и проведена эвакуация персонала станции за пределы опасной зоны в наветренную сторону» [19].

В ходе анализа обеспечения пожарной безопасности на станции было выяснено, что:

- существующее противопожарное водоснабжение станции не отвечает требованиям СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий», СНиП 2.04.02-84* «Водоснабжение Наружные сети и сооружения»;
- существующие противопожарные водопроводные сети обеспечивают расход воды не более 30 л/с только от одного пожарного гидранта;
- пожарными водоемами станция не оборудована;
- на станции отсутствуют сухотрубы;
- нет лотков для прокладки рукавных линий.

Заправка АЦ водой, также может осуществляться путём подвоза бойлерами и железнодорожной цистерной объёмом 60 м³, подготовленной для нужд пожаротушения.

Для организации борьбы с пожаром на открытой площадке хранения цистерн с СУГ необходимо:

- проложить сухотрубы между железнодорожных путей;
- приобрести приборы подачи огнетушащих средств (раствора пенообразователя) с большой дальностью подачи воздушно-механической пены;
- произвести монтаж насосной станции с запасом пенообразователя;

- организовать хранение запаса пенообразователя для нужд пожаротушения [2].

Рассмотрим варианты приборов подачи огнетушащих средств (раствора пенообразователя) с большой дальностью подачи воздушно-механической пены среди патентов РФ.

В патенте № RU2744719C1 по заявлению от 14.04.2020 г. автором Куприным Геннадием Николаевичем (RU) представлен способ ликвидации разливов сжиженного природного газа или сжиженного углеводородного газа гибридной пеной и система для его осуществления, заявителем и правообладателем данного патента на изобретение являются: Общество с ограниченной ответственностью НПО «Современные пожарные технологии» (RU).

«Изобретение относится к технике ликвидации последствий аварийных технологических разливов сжиженного природного газа (СПГ) или сжиженного углеводородного газа (СУГ) и может быть использовано в энергетике, транспорте, газодобывающей, газоперерабатывающей и химической промышленности» [5].

«Система ликвидации аварийных разливов сжиженного природного газа или сжиженного углеводородного газа, отличающаяся тем, что содержит средства генерации воздушно-механической пены низкой кратности и средства генерации воздушно-механической пены средней кратности, изготовленные с возможностью получения и нанесения на поверхность разлива сжиженного газа по крайней мере одной струи гибридной водовоздушной пены, получаемой в результате турбулентного перемешивания в процессе спутного движения струй воздушно-механической пены низкой кратности и воздушно-механической пены средней кратности» [5].

На рисунке 1 представлены средства генерации воздушно-механической пены.



Рисунок 1 – Средства генерации воздушно-механической пены

«В настоящее время в подавляющем большинстве официальных рекомендаций предлагается использование традиционных для легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), но недопустимых к использованию при тушении пожаров СУГ и СПГ порошковых и водяных методов пожаротушения, без учета кардинальных, принципиальных отличий СУГ и СПГ от ЛВЖ – ГЖ, специфических теплофизических и термодинамических особенностей СУГ и СПГ при «нормальных условиях» $P_0=101,3$ кПа и $T_0=20$ °С и реальных масштабов (размеров) и параметров аварий – единичные объемы резервуаров хранения СУГ возросли в 5-10 раз, а СПГ в 10-15 и более раз по сравнению с резервуарами хранения и транспортировки ЛВЖ-ГЖ и, соответственно, вероятная площадь пожара возросла в 10-15 и более раз» [5].

«Известно, что СУГ и СПГ и их пары практически не растворяются в воде, а теплота, подводимая к СУГ распыленной водой, а тем более, водяным

паром, в 5-10 раз интенсифицируют (ускоряют и усиливают) испарение СУГ при контакте с ними., и что высота пламени при горении разлившегося сжиженного газа в 2-2,5 раза больше среднего диаметра площади горения, вместо привычных для пожаров ЛВЖ-ГЖ 0,8-1,2 среднего диаметра, а вода не пригодна для тушения пожаров СПГ, т.к. она резко усиливает испарение СПГ, по оценкам авторов, в 5-10 раз больше чем при пленочном кипении СПГ и при пожаре, что приводит к объемному кипению взрывного характера, как при вскипании и выбросе некоторых ГЖ на пожаре» [5].

«По этой причине нельзя подавать воду на тушение или локализацию зоны испарения при авариях СУГ и СПГ, а при интенсивности подачи $J_v=1$ л/м²распыленной воды в объеме СПГ происходит объемное вскипание жидкого метана, так как плотность воды почти в 2,5 раза больше плотности жидкого метана ($1000/426=2,347$), тяжелые капельки воды тонут в жидком метане» [5].

«По расчетам специалистов ФГБУ «27 НЦ» МО РФ мощность взрыва паровоздушного облака при одномоментном истечении тысячи тонн сжиженного СПГ по воздушной ударной волне будет сопоставима с мощностью взрыва ядерного оружия 10 килотонн в тротиловом эквиваленте» [5].

«В известных в России технологиях пожаротушения СУГ и СПГ рекомендуют применение импортных специальных фторсодержащих пленкообразующих пенообразователей, запрещенных к применению в целях пожаротушения по соображениям их экологической опасности, практически во всем мире, в том числе, в США, в Канаде, в Европе, странах Азиатско-Тихоокеанского региона, Австралии» [5].

«Для защиты открытого технологического оборудования в обваловании (запорная арматура, трубопроводы, люки в резервуары) пеногенераторы располагают вдоль края обвалования, с тем, чтобы площадь обвалования была заполнена высокократной пеной с высотой слоя, покрывающего все технологическое оборудование, но не менее 2 м, в течение 10 мин» [5].

«Техническими недостатками указанных способа и устройства является применимость только для малотоннажных стационарных хранилищ СУГ, поскольку дальность подачи высокократной пены с кратностью 600-700 обычно составляет всего около 3 м, что обуславливает неэффективность и зачастую невозможность использования этих решений при купировании и тушении пожаров СУГ и СПГ аварийных разливов сжиженных горючих газов при их транспортировке, переработке и использовании» [5].

«Техническими недостатками указанных способа и устройства является применимость только для малотоннажных стационарных хранилищ СУГ, поскольку дальность подачи высокократной пены с кратностью 600-700 обычно составляет всего около 3 м, что обуславливает неэффективность и зачастую невозможность использования этих решений при купировании и тушении пожаров СУГ и СПГ аварийных разливов сжиженных горючих газов при их транспортировке, переработке и использовании» [5].

«Поставленная задача решается и требуемый технический результат достигаются также тем, что система ликвидации аварийных и технологических разливов сжиженного природного газа или сжиженного углеводородного газа, далее - "сжиженного газа", путем нанесения на поверхность разлива сжиженного газа водовоздушной пены с получением и последующей утилизацией испаряющегося из разлива газа, согласно изобретения содержит средства генерации воздушно-механической пены низкой кратности и средства генерации воздушно-механической пены средней кратности, изготовленные с возможностью получения и нанесения на поверхность разлива сжиженного газа по крайней мере одной струи гибридной водовоздушной пены, получаемой в результате турбулентного перемешивания в процессе спутного движения коаксиальных, соприкасающихся или взаимно пересекающихся струй воздушно-механической пены низкой кратности и воздушно-механической пены средней кратности» [5].

«Экспериментально установлено также, что в качестве генератора гибридной пены для купирования и тушения пожаров СУГ и СПГ и утилизации разливов СУГ и СПГ целесообразно использовать модернизированные установки «Пурга» и «BLIZARD» производства заявителя, обеспечивающих формирование и подачу гибридной пены на расстояние до 150 и более метров» [5].

На рисунке 2 представлены экспериментальные исследования подачи гибридной пены приборами генерации воздушно-механической пены.



Рисунок 2 – Экспериментальные исследования подачи гибридной пены приборами генерации воздушно-механической пены

Исходя из представленного выше способа тушения загорания цистерны с СУГ и ликвидации разливов СУГ гибридной пеной разработаем схему установки приборов генерации воздушно-механической пены на основе

приборов «Пурга» и «BLIZARD» на территории открытой площадки хранения цистерн с СУГ станции «Химическая».

На рисунке 3 представлена схема размещения сухотрубов и системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на территории открытой площадки хранения цистерн с СУГ станции «Химическая».

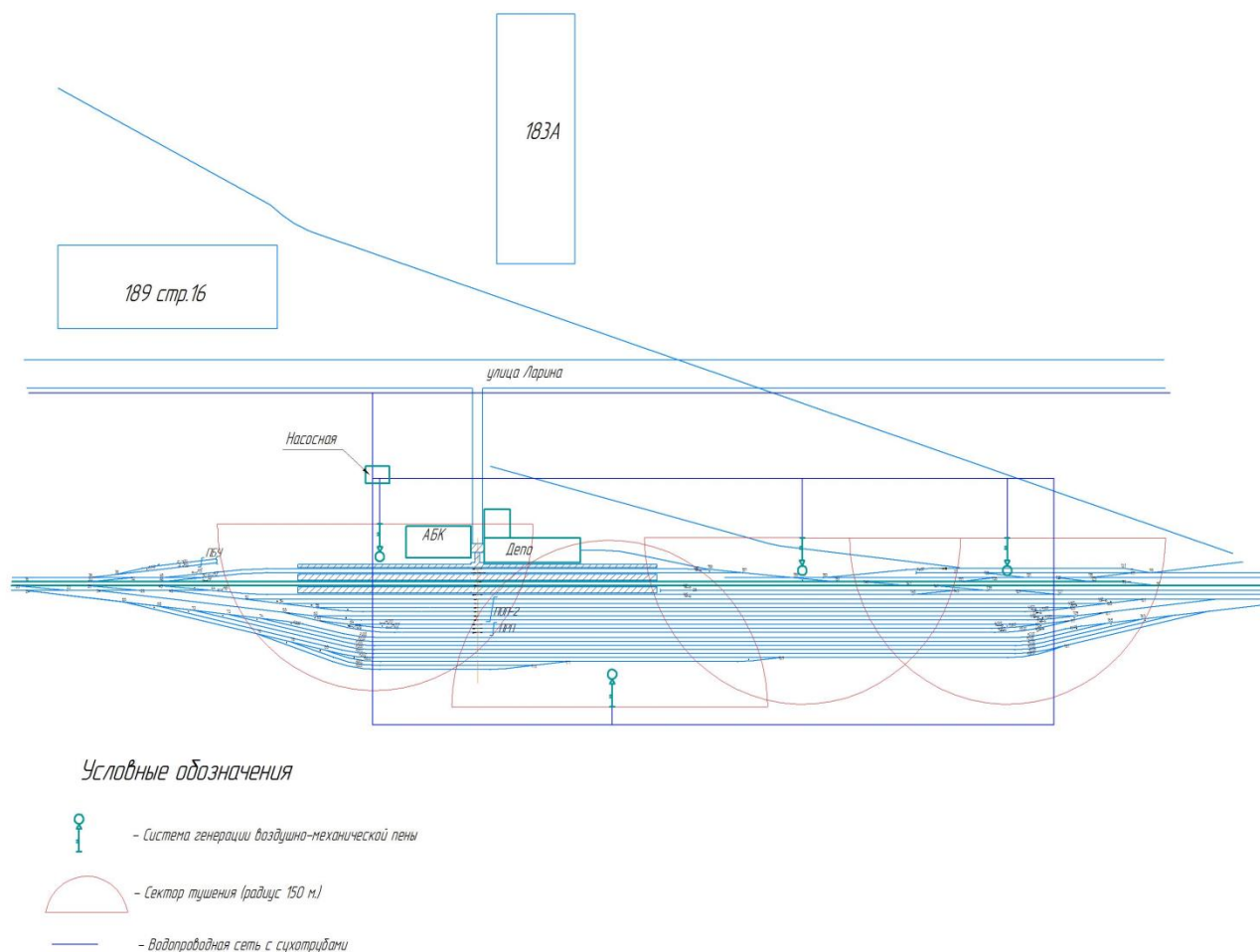


Рисунок 3 – Схема размещения сухотрубов и системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на территории открытой площадки хранения цистерн с СУГ станции «Химическая»

«При этом система содержит средства генерации воздушно-механической пены с кратностью от 5 до 15 и средства генерации воздушно-механической пены с кратностью от 25 до 70, изготовленные с

возможностью получения и нанесения на поверхность разлива сжиженного газа по крайней мере одной струи гибридной водовоздушной пены с кратностью с кратностью от 20 до 40, получаемой в результате турбулентного перемешивания в процессе спутного движения струй воздушно-механической пены с кратностью от 5 до 15 и воздушно-механической пены с кратностью от 25 до 70 и что выполнена с возможностью реализации описанного выше способа» [5].

Вывод: предложенный способ тушения загорания цистерны с СУГ и ликвидации разливов СУГ гибридной пеной обеспечит тушение устойчивого факельного горения паров СУГ, истекающих из разгерметизированных цистерн на открытой площадке хранения станции «Химическая» и обеспечит не допущение образования взрывоопасного облака и последующего за ним взрыва топливозвоздушной смеси.

4 Охрана труда

Система управления охраной труда на станции «Химическая» относится к системе управления охраной труда станции «Жигулевское Море», которая в свою очередь является подразделением ОАО «РЖД».

В ОАО «РЖД» система управления охраной труда построена по принципу комитетов по ОТ и ТБ.

Схема Система управления охраной труда в ОАО «РЖД» представлена на рисунке 4.

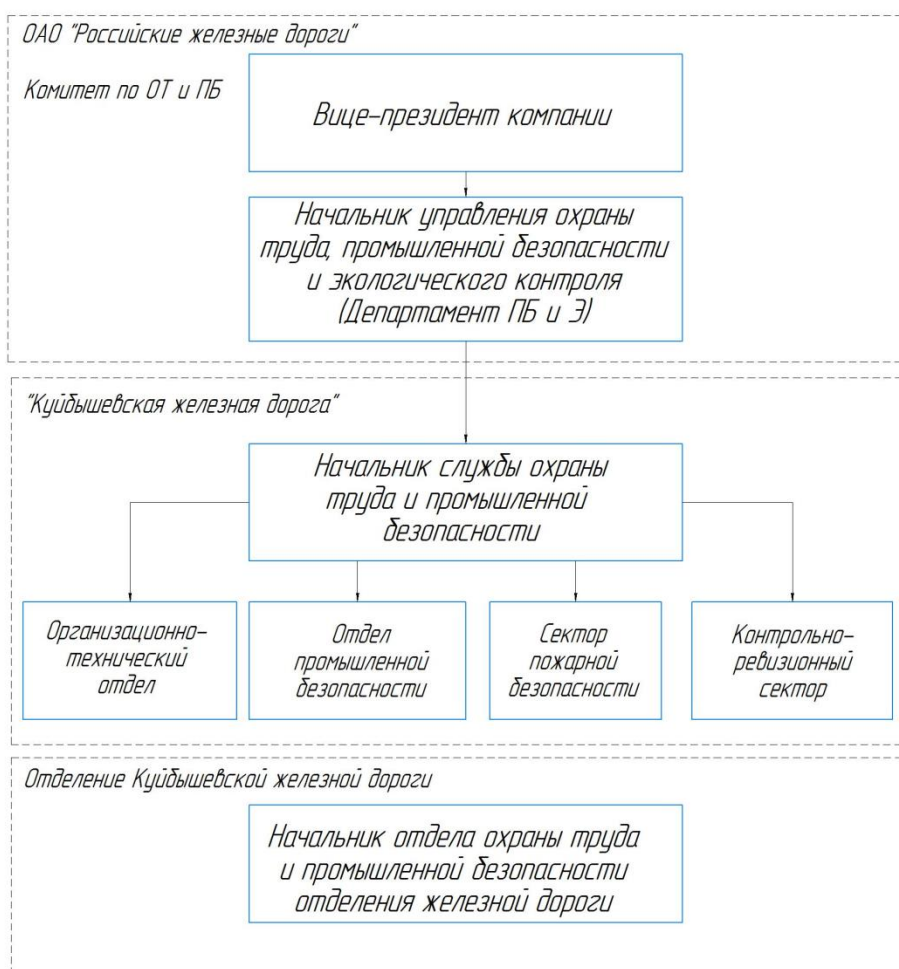


Рисунок 4 – Схема Система управления охраной труда в ОАО «РЖД»

Комитет по ОТ и ТБ ОАО «РЖД» – комитет по охране труда и промышленной безопасности ОАО «РЖД», осуществляющий координацию

деятельности между ОАО «РЖД» и предприятиями ОАО «РЖД» в области ОТ и ПБ, обеспечивающий эффективное управление ОТ и ПБ за счет принятия стратегических решений, направленных на развитие культуры безопасности, предупреждение производственного травматизма, снижение рисков профессиональных заболеваний, предотвращение возникновения аварий и гибели людей.

Председатель Комитета по ОТ и ПБ ОАО «РЖД» – старший вице–президент, вице–президент, который назначается из числа членов Комитета и утверждается Правлением ОАО «РЖД».

Комитет по ОТ, ПБ ОАО «РЖД» – коллегиальный орган, осуществляющий управление всеми аспектами в области охраны труда, промышленной безопасности и охраны окружающей среды.

Департамент ПБ и Э – Департамент промышленной безопасности и экологии ОАО «РЖД».

Линейный руководитель – директор, начальник производства, начальник цеха, начальник установки, мастер, бригадир и иное должностное лицо, непосредственно руководящее прямыми исполнителями.

В качестве заземляющих устройств от статического электричества на объекте используются заземляющие устройства для электрооборудования, молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.

Осмотр и текущий ремонт защитных устройств проводится одновременно с осмотром и текущим ремонтом всего технологического оборудования, согласно утвержденному графику плановом – периодических ремонтов. Ответственность за исправность устройств защиты от статического электричества возлагается на главного энергетика филиала.

Главный энергетик филиала обеспечивает правильную эксплуатацию устройств защиты от статического электричества на объектах филиала, их своевременную проверку и ремонт в соответствии с графиком ППР и контролирует ведение технической документации. Результаты осмотров, замеров, испытаний, ревизий и ремонтов оформляются Протоколом и

вносятся в паспорт заземляющего устройства. Выявленные при осмотрах замечания вносятся в Журнал учета дефектов и неполадок электрооборудования. Наряду с текущим ремонтом защитных устройств от статического электричества периодически, не реже 1 раза в год, необходимо производить измерение величины сопротивления растеканию тока заземлителя и предупредительный ремонт этих устройств. Измерение величины сопротивления растеканию тока заземления производить в теплое и «сухое» время года.

Индивидуальные средства защиты на станции «Химическая» приобретаются в соответствии с требованиями технических условий и ГОСТов. Для защиты органов дыхания обслуживающий персонал обеспечивается индивидуальными фильтрующими противогазами с коробками, соответствующими перерабатываемым продуктам (А2В2Е2К2АХР3Д). Для защиты органов дыхания при проведении ремонтных работ применяются шланговые противогазы марок ПШ-1 и ПШ-2, к работе в которых допускается только обученный персонал. В качестве изолирующих аппаратов используется аппарат дыхательный АП «Омега».

Вывод: при текущем ремонте и осмотре защитных устройств необходимо:

- проверить надежность электрической связи между аппаратом и контуром заземления, целостность металлической связи с контуром заземления, коробов вентиляции;
- проверить целостность и надежность присоединений перемычек выравнивания потенциалов;
- выявить элементы, подлежащие замене вследствие механических повреждений;
- определять и выполнять необходимые мероприятия по защите элементов этих устройств от коррозии;
- проверить целостность и состояние инвентарных штатных заземляющих проводников.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Санитарно – гигиеническая характеристика производства определена обращением бутилен-бутадиеновой фракции (пиролиза фракция) СУГ, которая является веществом 4-го класса опасности и обладает способностью вредного воздействия на организм человека, а также работе на открытом воздухе.

Опасность данной составляющей заключается в наличие большого количества резервуаров большой емкости, содержащих горючие жидкости и воспламеняющиеся газы.

Для каждого технологического блока определены значения энергетического уровня и категория взрывоопасности.

По полученным результатам все блоки отнесены к I категории, в связи с этим в соответствии с требованиями п. 3.21.3 ПБ 09-540-03 для максимального снижения выбросов в окружающую среду горючих и взрывоопасных веществ при аварийной разгерметизации системы предусмотрено отсечение блоков с помощью быстродействующих отсечных клапанов с временем срабатывания не более 12 секунд.

При правильной эксплуатации оборудования склада СУГ опасность возникновения пожаров и взрывов, а также отравления и травматизма обслуживающего персонала исключены.

При несоблюдении правил промышленной и пожарной безопасности возможны аварии, сопровождающиеся выбросом большого количества сжиженных углеводородных газов с последующим их воспламенением и сгоранием при наличии источника зажигания.

Анализ возможных аварийных ситуаций сводится к оценке количества опасных веществ, которые могут быть вовлечены в аварию, и определению последствий этих аварий с учетом их вероятности.

Для открытой площадки хранения цистерн с СУГ такими опасными веществами являются:

- сжиженные углеводородные газы (пропилен, бутан-бутиленовая фракция бутилен-бутадиеновая фракция);
- широкая фракция легких углеводородов.

Виды возможных аварий на площадке склада СУГ и характер их воздействия на окружающую среду определяются номенклатурой опасных веществ, обращающихся на открытой площадке, их физико-химическими свойствами, особенностями технологических процессов, характеристиками применяемого технологического оборудования и устройств и особенностями их компоновки.

С точки зрения потенциального воздействия на окружающую среду, аварийное разрушение цистерн со сжиженными углеводородными газами (пропилен, ББФ) сопровождается:

- крупномасштабным горением облака ГПВС по модели «огненный шар»;
- образованием волн сжатия, образующихся при воспламенении ГПВС и расширении продуктов сгорания;
- дрейфом образовавшихся облаков ГПВС с возможностью воспламенения и сгорания в дефлаграционном режиме по маршруту дрейфа;
- термическим воздействием пожара разлива СУГ на окружающую среду в случае воспламенения.

В случае разгерметизации цистерн, в окружающую среду может поступить большое количество СУГ, находящихся в перегретом состоянии, при мгновенном испарении которых образуются взрывоопасные облака ГПВС больших объемов.

При возникновении аварии в окружающую среду мгновенно может поступить до 307,0 т СУГ в диспергированном состоянии. При попадании выброшенного СУГ в очаг пожара, вещество сгорает по модели «огненный шар» (крупномасштабное горение переобогащенной топливно-воздушной смеси). Эффективный диаметр огненного шара составит 325 м., время

существования огненного шара – 41,5 сек. В окружающую среду мгновенно может значительная масса СУГ, которая будет участвующего в формировании облака ГПВС. Дальность дрейфа облака при наиболее неблагоприятных погодных условиях (состояние атмосферы – инверсия, скорость ветра – не более 1 м/сек) составит до 793 м. Максимальная ширина зоны загазованности – 662 м.

Дальнейшее развитие аварии, связанной с выбросом СУГ, зависит от наличия источников зажигания на прилегающей территории и состояния атмосферы на момент выброса.

При появлении источника зажигания по маршруту дрейфа облако будет сгорать в дефлаграционном режиме с образованием ударной воздушной волны. В случае реализации западного ветра в зоне действия аварии могут оказаться подъездные ж/д пути. При появлении источника воспламенения (локомотива) и взрыве ТВС радиус зоны смертельного поражения для человека (полного разрушения зданий и сооружений) составит 116 м, безопасное расстояние для человека составит 512 м.

Вывод: для предотвращения развития аварии, локализации выбросов вредных веществ в атмосферу и для снижения последствий пожара необходимы следующие мероприятия:

- ограничение растекания жидкости площадкам (отбортовка площадок);
- установка быстродействующих отсечных клапанов;
- установка сигнализаторов до взрывных концентраций во всех производственных зонах;
- охлаждение резервуаров при пожаре;
- ограничение распространения пожара с помощью противопожарных расстояний между опасными объектами;
- устройство подъездных путей для подразделений пожарной охраны.

6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Для организации борьбы с пожаром на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» необходимо:

- проложить сухотрубы между железнодорожными путями;
- приобрести приборы подачи огнетушащих средств (раствора пенообразователя) «Пурга» и «BLIZARD»;
- произвести монтаж системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD»;
- произвести монтаж насосной станции с запасом синтетического углеводородного пенообразователя;
- организовать хранение запаса синтетического углеводородного пенообразователя для нужд пожаротушения.

План противопожарных мероприятий на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» представлен в таблице 2.

Таблица 2 – План противопожарных мероприятий на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая»

Мероприятия	Срок исполнения
Разработать проект монтажа сухотрубов на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая»	Июль 2021 года
Произвести монтаж сухотрубов на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая»	Август 2021 года
Приобрести приборы подачи огнетушащих средств (раствора пенообразователя) «Пурга» и «BLIZARD»	Август 2021 года
Произвести монтаж системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD»	Сентябрь 2021 года
Произвести монтаж насосной станции с запасом синтетического углеводородного пенообразователя	Октябрь 2021 года
Организовать хранение запаса синтетического углеводородного пенообразователя для нужд пожаротушения	Октябрь 2021 года
Произвести пуско-наладочные работы системы генерации воздушно-механической пены для тушения пожаров на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая»	Ноябрь 2021 года

Расчёт ожидаемых потерь от пожаров на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» будем производить исходя из двух вариантов обеспечения пожарной безопасности на объекте:

- на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» обеспечиваются существующие мероприятия и системы пожарной безопасности;
- на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» смонтированы сухотрубы и системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD».

Расчитаем площадь пожара на станции ООО «Химическая» определяется по формуле 1:

$$F''_{\text{пож}} = n(v_{\text{л}} B_{\text{св.г}})^2 2 \text{ м}^2, \quad (1)$$

«где $v_{\text{л}}$ – линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин;

$B_{\text{св.г}}$ – время свободного горения, мин.» [6]

$$F''_{\text{пож}} = 3,14(1 \times 14)^2 2 = 1231 \text{ м}^2$$

Расчёт ожидаемых потерь на станции ООО «Химическая» от пожаров производится по формуле 12.

Данные для расчёта ожидаемых потерь на станции ООО «Химическая» от пожаров представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные для расчёта ожидаемых потерь на станции ООО «Химическая» от пожаров

Показатель	Измерение	Первый вариант	Второй вариант
Площадь зданий на станции ООО «Химическая»	м ²	860	
Стоимость технологического и производственного оборудования на станции ООО «Химическая»	руб./м ²	40000	40000
Стоимость частей зданий на станции ООО «Химическая»	руб./м ²	15000	15000
Вероятность возникновения загорания на станции ООО «Химическая»	1/м ² в год	2,2·10 ⁻⁵	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами пожаротушения» [6]	P_2	0,86	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [6]	P_1	0,79	
«Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения» [6]	P_3	0,95	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [6]	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [6]	k	1,63	

Расчёт материальных потерь:

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2), \quad (2)$$

«где $M(\Pi_1)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения;

$M(\Pi_2)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, ликвидированных подразделениями пожарной охраны;

$M(\Pi_3)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [6]:

$$M(\Pi_1) = JFC_m F_{нож} (1+k) p_1; \quad (3)$$

«где J – вероятность возникновения пожара, 1/м² в год;

F – площадь объекта, м²;

C_T – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./м²;

$F_{\text{пож}}$ – площадь пожара на время тушения первичными средствами;
 p_1 – вероятность тушения пожара первичными средствами;
 k – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [6].

$$M(\Pi_2) = JF(C_m F'_{\text{пож}} + C_k) 0,52(1+k)(1-p_1)p_2; \quad (4)$$

«где p_2 – вероятность тушения пожара привозными средствами;

C_k – стоимость поврежденных частей здания, руб./м²;

$F'_{\text{пож}}$ – площадь пожара за время тушения привозными средствами»

[6].

Для первого варианта:

$$M(\Pi_1) = 2,2 \times 10^{-5} \times 860 \times 15000 \times 1231 \times (1+1,63) \times 0,86 = 790177,47 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 2,2 \times 10^{-5} \times 860 \times (15000 \times 1231 + 40000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,86 = 86747,3 \text{ руб./год}.$$

Для второго варианта:

$$M(\Pi_1) = 2,2 \times 10^{-5} \times 860 \times 15000 \times 4 \times (1+1,63) \times 0,86 = 2567,6 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 2,2 \times 10^{-5} \times 860 \times (15000 \times 4 + 40000) \times 0,52 \times (1+1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,86 = 467,3 \text{ руб./год};$$

Общие ожидаемые потери от пожаров на станции ООО «Химическая»:

– если на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» обеспечиваются существующие мероприятия и системы пожарной безопасности:

$$M(\Pi)_1 = 790177,47 + 86747,3 = 876651,77 \text{ руб./год};$$

– если на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» смонтированы сухотрубы и системы генерации

воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD»:

$$M(\Pi)_2 = 2567,6 + 467,3 \cdot 3034,9 \text{ руб./год.}$$

Стоимость монтажа сухотрубов и системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на открытой площадке хранения станции ООО «Химическая» представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Стоимость монтажа сухотрубов и системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая»

Виды работ	Стоимость, руб.
Проектирование насосной станции, сухотрубов, системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» и мест хранения синтетического углеводородного пенообразователя	50000
Стоимость оборудования насосной станции, приборов «Пурга» и «BLIZARD» и запаса синтетического углеводородного пенообразователя	4000000
Монтаж насосной станции, сухотрубов, системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая»	900000
Пуско-наладочные работы	50000
Итого:	5000000

Экономический эффект от монтажа сухотрубов и системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» составит:

$$I = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2)] - [P_2 - P_1]) \times \frac{1}{(1+HД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (5)$$

«где T – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода);

t – год осуществления затрат;

$НД$ – постоянная норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

$M(П1), M(П2)$ – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

$K1, K2$ – капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

$P1, P2$ – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в t -м году, руб./год» [6].

Расчёт денежных потоков от монтажа сухотрубов и системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Расчёт денежных потоков

Год	$M(П1)-M(П2)$	D	$[M(П1)-M(П2)]D$	K_2-K_1	Денежные потоки
1	873616,87	0,91	794991,35	5000000	-4205008,65
2	873616,87	0,83	725102	-	725102
3	873616,87	0,75	655212,65	-	655212,65
4	873616,87	0,68	594059,47	-	594059,47
5	873616,87	0,62	541642,46	-	541642,46
6	873616,87	0,56	489225,45	-	489225,45
7	873616,87	0,51	445544,60	-	445544,60
8	873616,87	0,47	410599,93	-	410599,93
9	873616,87	0,42	366919,09	-	366919,09
10	873616,87	0,39	340710,58	-	340710,58

Вывод: интегральный экономический эффект от монтажа сухотрубов и системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» за десять лет составит 364007,58 рублей. Оборудование системой генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» экономически выгодно.

Заключение

Цель работы – разработка конструктивных, технических, технологических, тактических и организационных средств защиты объектов железнодорожного транспорта от пожаров и их последствий достигнута.

Было выяснено, что станция «Химическая» представлена железнодорожными и административными зданиями и открытыми площадками временного хранения железнодорожных цистерн.

Пожарная опасность станции характеризуется большим количеством перевозимых через станцию, обрабатываемых на станции вагонов с взрывоопасными и пожароопасными грузами, а также наличием на станции хранящихся цистерн с СУГ.

Открытая площадка цистерн с СУГ по характеристике обращающихся веществ (сжиженный углеводородный газ) относится к взрывопожароопасному производству.

Взрывопожароопасность открытой площадки цистерн с СУГ определяется наличием в цистернах большого количества сжиженных углеводородных газов (пропан-бутан автомобильный) под давлением (до 16 кгс/см²), которые при разгерметизации системы (при нарушении правил эксплуатации оборудования или проведения ремонтных работ) обладают высоким потенциальным разрушающим действием.

Руководитель предприятия организовал:

- разработку инструкции о мерах пожарной безопасности для опасного производственного объекта;
- организовал обучение и инструктаж рабочих и инженерно-технических работников по вопросам пожарной безопасности;
- периодические проверки состояние пожарной безопасности, наличие и исправность технических средств пожаротушения.

На случай возникновения пожара на объекте обеспечена возможность безопасной эвакуации людей, находящихся в административном здании. На видных местах вывешены «Планы эвакуации людей».

Первичные средства пожаротушения имеют сертификаты соответствия, установленные стандартом или ТУ в Российской Федерации.

Сложное путевое развитие и большое количество грузовых поездов значительно осложняют действия пожарных подразделений при прокладке рукавных линий и тушению пожаров в подвижном составе.

В ходе анализа обеспечения пожарной безопасности на станции было выяснено, что:

- существующее противопожарное водоснабжение станции не отвечает требованиям СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий», СНиП 2.04.02-84* «Водоснабжение Наружные сети и сооружения»;
- существующие противопожарные водопроводные сети обеспечивают расход воды не более 30 л/с только от одного пожарного гидранта;
- пожарными водоемами станция не оборудована;
- на станции отсутствуют сухотрубы;
- нет лотков для прокладки рукавных линий.

Заправка АЦ водой, также может осуществляться путём подвоза бойлерами и железнодорожной цистерной объёмом 60 м³, подготовленной для нужд пожаротушения.

Для организации борьбы с пожаром на открытой площадке хранения цистерн с СУГ необходимо:

- проложить сухотрубы между железнодорожных путей;
- приобрести приборы подачи огнетушащих средств (раствора пенообразователя) с большой дальностью подачи воздушно-механической пены;
- произвести монтаж насосной станции с запасом пенообразователя;

- организовать хранение запаса пенообразователя для нужд пожаротушения.

Исходя из представленного в работе способа тушения загорания цистерны с СУГ и ликвидации разливов СУГ гибридной пеной разработана схема установки приборов генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на территории открытой площадки хранения цистерн с СУГ станции «Химическая».

Предложенный способ тушения загорания цистерны с СУГ и ликвидации разливов СУГ гибридной пеной обеспечит тушение устойчивого факельного горения паров СУГ, истекающих из разгерметизированных цистерн на открытой площадке хранения станции «Химическая» и обеспечит не допущение образования взрывоопасного облака и последующего за ним взрыва топливовоздушной смеси.

Разработан план противопожарных мероприятий на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая».

Интегральный экономический эффект от монтажа сухотрубов и системы генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» за десять лет составит 364007,58 рублей. Оборудование системой генерации воздушно-механической пены на основе приборов «Пурга» и «BLIZARD» на открытой площадке хранения цистерн с СУГ станции «Химическая» экономически выгодно.

Список используемых источников

1. Абдурагимов И. М., Куприн Г. Н. Нерешенные проблемы пожаровзрывобезопасности энергоресурсов (СУГ и СПГ) как оборотная сторона успехов энергетической стратегии Российской Федерации // Пожаровзрывобезопасность. 2014. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nereshennye-problemy-pozharovzryvobezopasnosti-energoresursov-sug-i-spg-kak-oborotnaya-storona-uspehov-energeticheskoy-strategii> (дата обращения: 17.04.2021).
2. Гайнуллина Е.В., Якубова Т.В., Кректунов А.А. Исследование возможности улучшения огнетушащих свойств воздушно-механических пен // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. №1 (6). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozmozhnosti-uluchsheniya-ognetushaschih-svoystv-vozdushno-mehanicheskikh-pen> (дата обращения: 17.04.2021).
3. Ершов И.С. Организация и тактика тушения пожаров в подвижном составе железнодорожного транспорта [Электронный ресурс]. URL: <https://lib2.podelise.ru/docs/2626/index-54868.html> (дата обращения: 03.04.2021).
4. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 7.13130.2013. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200098833> (дата обращения: 13.04.2021).
5. Патент RU2744719C1 Российская Федерация. С Способ ликвидации разливов сжиженного природного газа или сжиженного углеводородного газа гибридной пеной и система для его осуществления / М Куприн Геннадий Николаевич (RU) : заявитель и правообладатель Общество с ограниченной ответственностью НПО «Современные пожарные технологии» (RU) ; заявл. 14.04.2020 ; опубл.15.03.2021. [Электронный ресурс]. URL:

https://yandex.ru/patents/doc/RU2744719C1_20210315 (дата обращения: 17.04.2021).

6. Пособие к СНиПу 21-01-97* [Электронный ресурс] : МДС 21-3.2001. URL: http://pozhproekt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3_2001.htm (дата обращения: 18.04.2021).

7. Правила устройства электроустановок [Электронный ресурс] : ПУЭ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030218> (дата обращения: 02.04.2021).

8. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара [Электронный ресурс] : СП 4.13130.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 02.04.2021).

9. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение [Электронный ресурс] : СП 8.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565391175> (дата обращения: 04.04.2021).

10. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 10.13130.2020. URL: <https://beta.docs.cntd.ru/document/566249684> (дата обращения: 05.04.2021).

11. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы [Электронный ресурс] : СП 1.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (дата обращения: 06.04.2021).

12. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/675> (дата обращения: 10.04.2021).

13. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 484.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686> (дата обращения: 09.04.2021).

14. СНиП II-89-80* Генеральные планы промышленных предприятий [Электронный ресурс] : СП 18.13330.2019. URL: <https://docs.cntd.ru/document/564221198> (дата обращения: 18.04.2021).

15. СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий [Электронный ресурс] : СП 30.13330.2016. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054201?marker=7D20K3> (дата обращения: 18.04.2021).

16. СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение Наружные сети и сооружения [Электронный ресурс] : СП 31.13330.2012. URL: <https://base.garant.ru/70287242/> (дата обращения: 18.04.2021).

17. СНиП 31-03-2001 Производственные здания [Электронный ресурс] : СП 56.13330.2010. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008167> (дата обращения: 18.04.2021).

18. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс] : СП 52.13330.2010. URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001026> (дата обращения: 18.04.2021).

19. Теребнев В. В., Подгрушный А. В. Пожарная тактика. Основы тушения пожара [Электронный ресурс]. URL: <http://punkt12.ru/docs/biblioteka/terebnev.taktika-2012.pdf> (дата обращения: 18.04.2021).

20. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 19.02.2021).

21. Fire Safety in Passenger Rail Transportation [electronic resource]. URL: <https://www.nist.gov/el/fire-research-division-73300/fire-safety-passenger-rail-transportation> (date of application: 11.04.2021).

22. Improving Safety of Transportation of Dangerous Goods by Railway Transport [electronic resource]. URL: <https://www.mdpi.com/2412-3811/5/7/54/htm> (date of application: 12.04.2021).

23. Risk analysis of fire and evacuation events in the European railway transport network [electronic resource]. URL: https://www.academia.edu/29607192/Risk_analysis_of_fire_and_evacuation_events_in_the_European_railway_transport_network (date of application: 13.04.2021).

24. Rail Safety [electronic resource]. URL: <https://tc.canada.ca/en/rail-transportation/rail-safety-faqs> (date of application: 14.04.2021).

25. Relative fire risk analysis in european railway transportation [electronic resource]. URL: https://www.researchgate.net/publication/260405863_Relative_fire_risk_analysis_in_european_railway_transportation (date of application: 15.04.2021).