

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)

20.03.01 «Техносферная безопасность»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Безопасность технологических процессов и производств

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Безопасность технологического процесса наливных операций
жидкого аммиака»

Обучающийся

А.И. Гумеров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент Е.А. Татаринцева

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

Тема бакалаврской работы «Безопасность технологического процесса наливных операций жидкого аммиака».

Бакалаврская работа содержит: 72 страниц пояснительной записки, 7 разделов, 24 таблицы, 7 рисунков.

В первом разделе проведен анализ действующих нормативных требований в области безопасности технологического процесса наливных операций жидкого аммиака.

Во втором разделе проанализированы: способ хранения жидкого аммиака, соблюдения требований к резервуарам, тепловой изоляции, автоматической противоаварийной защиты, средств и систем пожаротушения.

В третьем разделе представлены мероприятия по организации безопасного осуществления процесса наливных операций жидкого аммиака.

В четвертом разделе составлен реестр профессиональных рисков, возникающих при выполнении технологического процесса наливных операций жидкого аммиака и определены мероприятия по устранению высокого уровня профессионального риска.

В пятом разделе определена нагрузка технологического процесса на окружающую среду и оформлены результаты ПЭК.

В шестом разделе описаны вероятные аварии и ЧС, описаны основные мероприятия по идентифицированным прогнозируемым ЧС, составлена таблица ПВР, разработан перечень мероприятий, выполняемых должностными лицами при ЧС.

В седьмом разделе выполнен расчет эффективности предложенных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Abstract

The topic of the bachelor's thesis is «Safety of the technological process of liquid ammonia filling operations».

The bachelor's thesis contains: 72 pages of explanatory note, 7 sections, 24 tables, 7 figures.

The first section analyzes the current regulatory requirements in the field of safety of the technological process of liquid ammonia filling operations.

The second section analyzes: a method for storing liquid ammonia, meeting the requirements for tanks, thermal insulation, automatic emergency protection, fire extinguishing equipment and systems.

In the third section, measures are taken to organize the safe implementation of the process of liquid ammonia filling operations.

In the fourth section, a register of professional risks arising during the technological process of liquid ammonia filling operations has been compiled and measures to eliminate a high level of professional risk have been identified.

The fifth section defines the load of the technological process on the environment and formalizes the results of the PEC.

The sixth section describes probable accidents and emergencies, describes the main measures for identified predicted emergencies, compile a table of emergency situations, develop a list of measures carried out by officials in case of emergency.

In the seventh section, the effectiveness of the proposed measures to ensure technosphere safety is calculated.

Содержание

Введение.....	5
Термины и определения	7
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Анализ действующих нормативных требований в области безопасности технологического процесса наливных операций жидкого аммиака	10
2 Анализ безопасного осуществления процесса наливных операций жидкого аммиака	13
3 Мероприятия по организации безопасного осуществления процесса наливных операций жидкого аммиака.....	24
4 Охрана труда.....	32
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность	39
6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях	45
7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности	53
Заключение	63
Список используемых источников.....	65

Введение

Обеспечение безопасности наливных операций с жидким аммиаком является актуальной задачей, так как аммиак является опасным и токсичным веществом, которое может нанести значительный ущерб окружающей среде и здоровью людей в случае аварии или утечки. Меры безопасности, такие как использование специального оборудования, соблюдение правил эксплуатации и обучение персонала, помогают снизить риск возникновения аварийных ситуаций и предотвратить возможные негативные последствия.

Процесс обеспечения безопасности технологического процесса наливных операций жидкого аммиака необходим для предотвращения аварийных ситуаций, снижения риска возникновения утечек и загрязнения окружающей среды. В связи с этим тема бакалаврской работы «Безопасность технологического процесса наливных операций жидкого аммиака», актуальна.

Объектом работы является – опасности и риски, связанные с технологическим процессом наливных операций жидкого аммиака.

Предметом – процесс обеспечения безопасности технологического процесса наливных операций жидкого аммиака.

Цель работы – разработать мероприятия по обеспечению безопасности технологического процесса наливных операций жидкого аммиака.

Задачи бакалаврской работы:

- провести анализ действующих нормативных требований в области безопасности технологического процесса наливных операций жидкого аммиака;
- провести анализ способа хранения жидкого аммиака, соблюдения требований к резервуарам, тепловой изоляции, автоматической противоаварийной защиты, средств и систем пожаротушения;
- разработать мероприятия по организации безопасного осуществления процесса наливных операций жидкого аммиака;

- составить реестр профессиональных рисков, возникающих при выполнении технологического процесса наливных операций жидкого аммиака;
- определить мероприятие по устранению высокого уровня профессионального риска;
- определить нагрузку технологического процесса на окружающую среду и оформить результаты ПЭЖ;
- описать вероятные аварии и ЧС, описать основные мероприятия по идентифицированным прогнозируемым ЧС, составить таблицу ПВР, разработать перечень мероприятий, выполняемых должностными лицами при ЧС;
- выполнить расчет эффективности предложенных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Термины и определения

Изотермическое хранилище аммиака – резервуар, предназначенный для хранения веществ при постоянной температуре.

Жидкий аммиак – бесцветный газ с резким запахом, который при охлаждении превращается в жидкость.

Перечень сокращений и обозначений

АСНДР – аварийно-спасательные и другие неотложные работы.

АРМ – автоматизированное рабочее место.

АСР – аварийно-спасательные работы.

АСУТП – автоматическая система управления технологическим процессом.

АХОВ – аварийно-химически опасное вещество.

ВПЧ – военно-пожарная часть.

ГОЧС – орган управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям.

ГСО – газоспасательный отряд.

ЕДДС – единая дежурно-диспетчерская служба.

ИР – изотермический резервуар.

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика.

КЧС – комиссия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности.

МСЧ – медико-санитарная часть.

НАСФ – нештатные аварийно-спасательные формирования.

ОВПФ – опасные и вредные производственные факторы.

ОПО – опасные производственные объекты.

ОПС – охранно-пожарная сигнализация.

ОРО – объекты размещения отходов.

ПВР – пункт временного размещения.

ПДК – предельно-допустимая концентрация.

ПЭК – производственный экологический контроль.

РСЧС – единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

РХЗ – радиационная и химическая защита.

СИЗ – средства индивидуальной защиты.

СКУД – система контроля и управления доступом.

СОУТ – специальная оценка условий труда.

ХОО – химически опасный объект.

ЦПУ – центральный пункт управления.

ЧС – чрезвычайные ситуации.

1 Анализ действующих нормативных требований в области безопасности технологического процесса наливных операций жидкого аммиака

ПАО «КуйбышевАзот», на базе которого выполнена бакалаврская работа, является одним из крупнейших предприятий химической промышленности России, расположенное в городе Тольятти Самарской области. Предприятия химической промышленности относятся к ОПО. Федеральный закон №116 от 21.07.1997 регламентирует требования к эксплуатации ОПО, включая проведение экспертизы промышленной безопасности, лицензирование деятельности, сертификацию оборудования и т.д. [9]. Этот закон направлен на предотвращение аварий на ОПО и защиту жизни и здоровья людей, а также окружающей среды от негативных последствий промышленной деятельности.

Производство аммиака является одним из направлений деятельности ПАО «КуйбышевАзот». Аммиак используется в производстве различных химических веществ. межгосударственный стандарт ГОСТ 6221–90 определяет технические условия на сжиженный безводный аммиак [2].

Согласно ГОСТ 12.1.007-76 – класс опасности аммиака 4–й (малоопасные вещества). Однако, даже малые дозы аммиака при вдыхании вызывают кашель, раздражение слизистых, со временем возможно развитие отека легких. На коже газообразный или жидкий аммиак образует тяжелые химические ожоги. Предельно допустимая концентрация аммиака в воздухе рабочей зоны, согласно нормативам, составляет 20 мг/м^3 [32].

Жидкий аммиак не является пожароопасным, но он может выделять горючие пары или газы при контакте с другими веществами. Поэтому при работе с жидким аммиаком необходимо учитывать возможность образования горючих смесей и принимать меры для предотвращения их образования. Жидкий аммиак является взрывоопасным веществом, но при определенных условиях. Он может взорваться при контакте с воздухом или при нагревании

выше определенной температуры. Поэтому при работе с жидким аммиаком необходимо соблюдать меры предосторожности и правила безопасности.

Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 533 утвердил общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, производств [24].

Оборудование для производства аммиака обычно работает под высоким давлением, это необходимо для того, чтобы обеспечить необходимую температуру и давление для реакции между азотом и водородом, в результате которой образуется аммиак. Приказ Ростехнадзора № 536 от 15.12.2020 регламентирует правила промышленной безопасности при эксплуатации оборудования, работающего под давлением [25].

Правила безопасности ХОО, в том числе, требования безопасности к резервуарам для хранения жидкого аммиака утверждены в Приказе Ростехнадзора от 07.12.2020 № 500 [23].

Согласно Приказу № 500, «устройства резервуаров для хранения аммиака должны обеспечивать надежную и безопасную эксплуатацию в течение срока службы, указанного в паспорте организации–изготовителя, а также предусматривать возможность их полного опорожнения, очистки, промывки, продувки, осмотра, технического освидетельствования и ремонта. Порядок, объем и периодичность технического освидетельствования определяются нормативной технической документацией» [23].

«Правила по охране труда при использовании отдельных видов химических веществ и материалов, при химической чистке, стирке, обеззараживании и дезактивации регламентирует Приказ Минтруда России от 27.11.2020 № 834н» [17].

На предприятиях, где используется аммиак, организуется лабораторный эко-аналитический контроль его содержания в воздухе рабочей зоны, атмосферных выбросах, сточных водах и почве в соответствии с установленными нормативами: ГОСТ 12.1.005-88, Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ [11], [26].

В соответствии с постоянным техническим регламентом ТР–11–2 склада жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11, для снижения рисков, связанных с технологическим процессом наливных операций жидкого аммиака, необходимо:

- проводить регулярное техническое освидетельствование оборудования на герметичность;
- использовать взрывозащищенные вентиляционные системы в помещениях;
- обучать персонал правилам безопасности при работе с аммиаком;
- соблюдать требования охраны труда и промышленной безопасности;
- внедрять автоматизированные системы контроля утечек и предаварийной защиты [29].

Выводы: в разделе проведен анализ действующих нормативных требований к осуществлению процесса наливных операций жидкого аммиака. Безопасность процесса наливных операций с жидким аммиаком заключается в соблюдении мер предосторожности и правил безопасности на всех этапах процесса, начиная от подготовки оборудования и заканчивая завершением операции: проверку оборудования на герметичность перед началом операции, использование СИЗ и оборудования для работы с жидким аммиаком, соблюдение правил техники безопасности при работе с опасными веществами, контроль температуры и давления во время операции, обеспечение пожарной безопасности на объекте.

2 Анализ безопасного осуществления процесса наливных операций жидкого аммиака

Наливные операции с жидким аммиаком – это процесс заполнения емкостей для хранения или транспортировки жидкого аммиака. Эти операции проводятся на специальных станциях наполнения, где жидкий аммиак подается в емкости под давлением. Перед наливом жидкого аммиака в цистерны необходимо провести их осмотр на предмет повреждений и утечек. Цистерны должны быть чистыми и сухими, без следов коррозии и других повреждений. Налив должен производиться под давлением, чтобы обеспечить полное заполнение цистерны. После налива цистерны должны быть закрыты и отправлены на транспорт.

Технологический процесс наливной операции жидкого аммиака представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Технологический процесс наливной операции жидкого аммиака

Этап операции	Оборудование	Примечание
охлаждение жидкого аммиака	теплообменник, система охлаждения	для хранения в изотермическом резервуаре жидкий аммиак необходимо охладить до температуры $-30... -40$ °С.
перекачка аммиака в резервуары для хранения;	насосное оборудование, трубопровод	перекачка аммиака осуществляется под давлением, поэтому необходимо соблюдать меры безопасности. Для перекачки аммиака необходимо давление около 10 МПа.
заполнение емкостей аммиаком с помощью насосов и трубопроводов	насосное оборудование, трубопровод, изотермический резервуар, цистерны, паровозврат	при заполнении емкостей необходимо следить за уровнем налива и температурой продукта.
закрытие емкостей и их отправка на хранение либо транспортировку	изотермический резервуар, цистерны	после заполнения емкостей они отправляются на склад, где хранятся при определенной температуре.

Существует несколько способов хранения жидкого аммиака:

- в специальных резервуарах под давлением (способ позволяет хранить жидкий аммиак при относительно низких температурах и высоком давлении);
- в изотермических хранилищах (в этих хранилищах поддерживается постоянная температура, что позволяет хранить жидкий аммиак без изменения его свойств);
- в подземных хранилищах (способ используется для хранения больших объемов жидкого аммиака. Подземные хранилища обеспечивают надежную защиту от воздействия внешних факторов и позволяют сохранять качество продукта на протяжении длительного времени).

В ПАО «КуйбышевАзот» хранение происходит на складе жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11. В таблице 2 представлен анализ соответствия изотермических хранилищ цеха №11 требованиям промышленной безопасности и охраны труда.

Таблица 2 – Анализ соответствия изотермических хранилищ требованиям промышленной безопасности и охраны труда

Параметр	Требование	Соответствие
материал изотермических резервуаров	должны быть изготовлены из материалов, обладающих высокой стойкостью к коррозии и способных выдерживать воздействие аммиака при высоких температурах и давлениях. Для изготовления таких хранилищ используются нержавеющая сталь, алюминиевые сплавы или специальные виды пластмасс	соответствует
температура хранения	температура хранения в изотермических хранилищах жидкого аммиака обычно составляет от –30 до –40 градусов Цельсия.	соответствует
система контроля уровня налива	система должна обеспечивать точность измерения уровня налива, а также сигнализацию о превышении допустимого уровня налива. Кроме того, система должна быть надежной и безопасной в эксплуатации, а также обеспечивать защиту от возможных аварийных ситуаций.	соответствует (использует датчики уровня налива и автоматическую систему отключения при превышении допустимого

Продолжение таблицы 2

Параметр	Требование	Соответствие уровня)
контроль давления и температуры внутри хранилища	контроль давления и температуры должен осуществляться с помощью соответствующих датчиков, которые обеспечивают точность измерения параметров и передачу информации на систему управления хранилищем. Требования к этим датчикам включают высокую точность, надежность, долговечность и устойчивость к воздействию аммиака и других рабочих условий.	соответствует
система аварийной сигнализации	система аварийной сигнализации должна обеспечивать оповещение об аварийных ситуациях, таких как превышение допустимого уровня налива, нарушение температурного режима, а также о других опасных ситуациях	соответствует (обеспечивает быстрое оповещение об аварийных ситуациях и автоматическое отключение оборудования при возникновении опасности)
размещение от других зданий и сооружений	должны быть установлены на расстоянии не менее 50 метров от других зданий и сооружений	соответствует

«При хранении аммиака под давлением должна обеспечиваться возможность его передачи в другие резервуары или в специально устанавливаемый резервный резервуар. Вместимость резервного резервуара не учитывается при определении вместимости склада. При возникновении неисправности изотермического резервуара в проектной документации предусматриваются мероприятия по его освобождению, сбору и ликвидации проливов аммиака.

С точки зрения тепловой изоляции, одними из наиболее сложных объектов являются изотермические резервуары. Они представляют собой технологические ёмкости, предназначенные для хранения сжиженных газов при низкой температуре и близком к атмосферному давлении» [29]. Теплоизоляция изотермических хранилищ аммиака должна обеспечивать поддержание требуемой температуры хранения и быть устойчивой к

воздействию аммиака и других факторов. Кроме того, теплоизоляция должна быть безопасной и экологически чистой.

На рисунке 1 представлена схема изотермического хранилища аммиака.

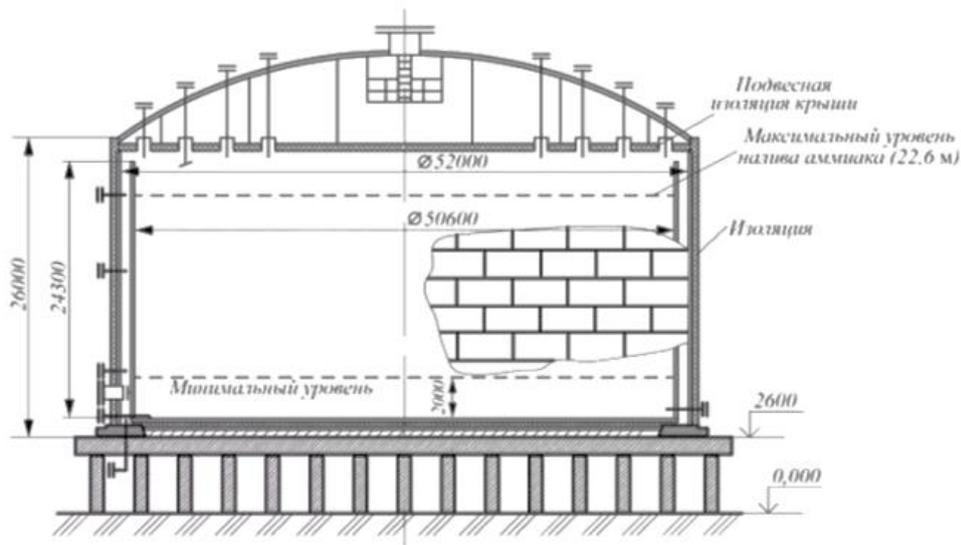


Рисунок 1 – Схема изотермического хранилища аммиака

На рисунке 2 представлена схема процесса наливных операций жидкого аммиака.

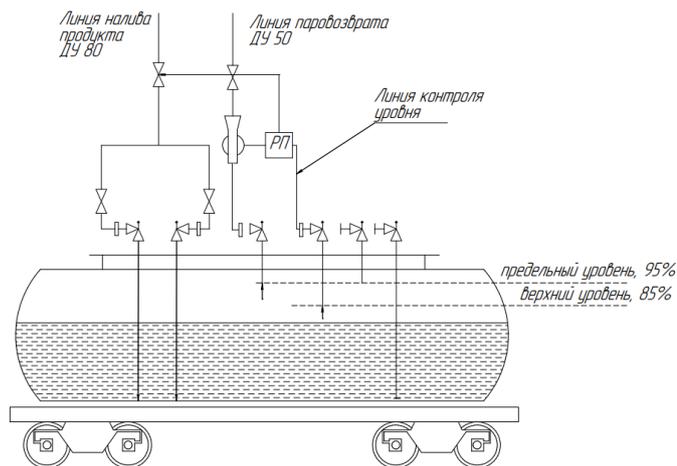


Рисунок 2 – Схема процесса наливных операций жидкого аммиака

В ПАО «КуйбышевАзот» «используется двустенный изотермический резервуар – это сооружение, состоящее из 2–х резервуаров: внутреннего, где непосредственно хранится сжиженный газ, и наружного. Внутренний резервуар относительно наружного расположен концентрически. Межстенное пространство между резервуарами заполнено тепловой изоляцией из вспученного перлитового песка. В межстенное пространство подается инертный газ для осушки теплоизоляции в процессе эксплуатации» [39].

Тепловая изоляция играет немаловажную роль в хранении жидкого аммиака на складе. Для изоляции изотермических резервуаров на складе жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11 применяется материал – пеностекло (типа FOAMGLAS) – материал с закрыто-пористой структурой, получаемый из стекла методом вспенивания углекислым газом, образующимся при сгорании мелкодисперсного угольного порошка. Материал не горюч, паронепроницаем, имеет низкое влагопоглощение, отличается хорошей адгезией с поверхностью резервуара. Срок эксплуатации изоляции – не менее 25 лет» [29].

Все оборудование в цехе №11 соответствует требованиям Приказа Ростехнадзора от 07.12.2020 № 500 [23].

Периодичность и порядок технического освидетельствования резервуаров также осуществляются в соответствии с данным нормативным документом.

Оценка технического состояния резервуаров, включая металлоконструкции, теплоизоляцию, основания и фундаменты, должна проводиться в соответствии с требованиями нормативных документов.

«В ИР жидкий аммиак хранится под давлением, близким к атмосферному (350...550 мм вод. ст.), при температуре –33...32,5°С. Для поддержания данного режима применяются следующие мероприятия (рисунок 3)» [29].

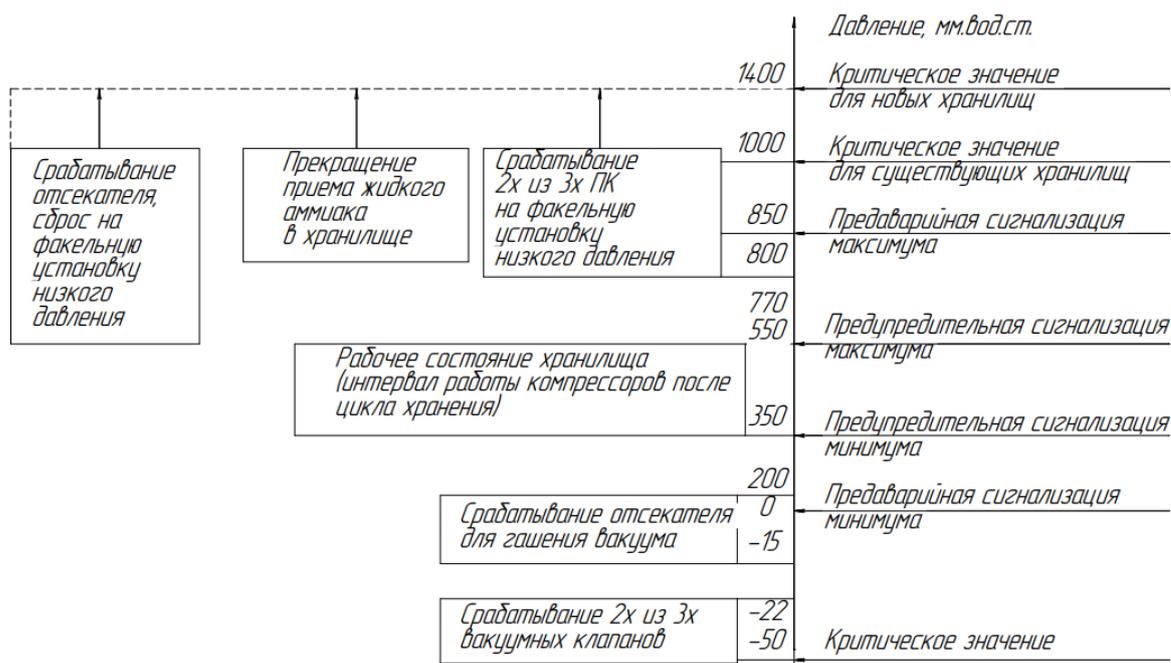


Рисунок 3 – Мероприятия по защите изотермического резервуара от превышения давления и вакуума

От завышения давления в ИР в цехе №11 предусматривается:

- «пуск компрессии цикла хранения со 100%-м резервом с автоматическим включение по давлению 550 мм вод. ст.;
- в случае продолжения повышения давления – аварийный сброс газообразного аммиака при давлении в ИР 850 мм вод. ст. на факельную установку;
- в случае дальнейшего повышения давления – аварийный сброс газообразного аммиака предохранительными клапанами при давлении выше 950 мм вод. ст. на факел низкого давления.

От образования вакуума предусматривается:

- останов компрессии цикла хранения при понижении давления в ИР до 200 мм вод. ст.;
- прекращение выдачи жидкого аммиака из ИР при минимальном уровне 1,8 м с установкой автоматических отсекаателей:

- подача воздуха в ИП по трубопроводу через отсекатели из атмосферы при вакууме 15 мм вод. ст.;
- открытие вакуумных клапанов при вакууме 22 мм вод. ст.» [29].

«От переполнения изотермического резервуара: прекращение подачи жидкого аммиака при его максимальном уровне с установкой автоматических отсекателей (установлены три уровнемера). Контроль температуры предусматривается установкой термометров для контроля температуры стенки и днища резервуара. Контроль осадки фундамента хранилища осуществляется постоянно с установкой сигнализаторов.

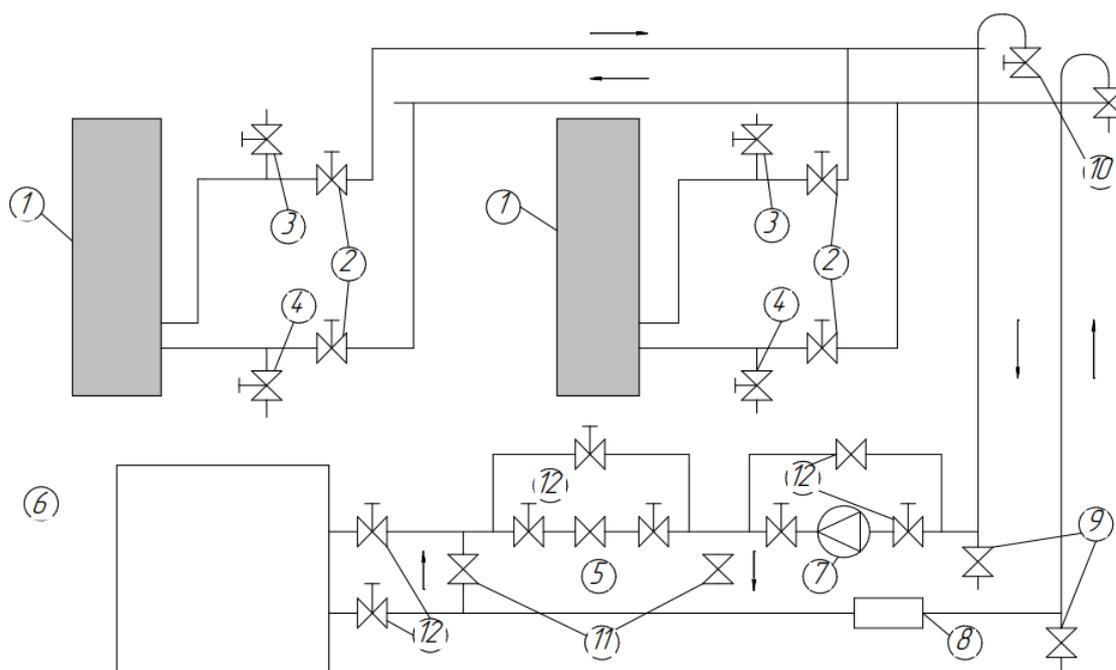
В целом по складу при оценке его работы контролю подлежат: температура поступающего жидкого аммиака и соответствующие действия при ее повышении, а также дублирование основных параметров, система автоматических блокировок, сигнализация отклонения параметров ведения процесса» [29].

Противоаварийная защита изотермического хранилища жидкого аммиака предназначена для предотвращения аварийных ситуаций, связанных с превышением допустимого уровня налива, нарушением температурного режима и другими опасными ситуациями. Система противоаварийной защиты включает в себя датчики уровня налива, датчики температуры, а также систему аварийной сигнализации и автоматического отключения оборудования при возникновении опасных ситуаций. Противоаварийная защита на складе изотермического хранилища цеха №11 соответствует требованиям пункта VI, Приказа Ростехнадзора от 15.12.2020 № 533 [24].

«В связи с крайне малой величиной риска (вероятность полного разрушения изотермического резервуара не более $2,8 \times 10^{-12}$ год⁻¹ не рассматривается возможность полного разрушения двух силовых корпусов изотермического резервуара. В случае гильотинного разрыва трубопровода жидкого аммиака в поддон изотермического резервуара может вылиться от нескольких десятков до сотен кубометров жидкого продукта. Время испарения и последствия от пролитого аммиака будут разными. При

значительных проливах аммиак будет испаряться часами. Для снижения скорости испарения жидкого аммиака требуется его покрытие пенными составами. Пена толщиной более 5 см практически полностью подавляет испарение аммиака. Время сохранения пеной устойчивости составляет 1 час. Пенообразователь имеет целевое назначение, он не вступает в реакцию с жидким аммиаком и способен разрушаться под действием микрофлоры» [1].

«На складе цеха №11 предусмотрена защита персонала при возникновении проливов жидкого аммиака. В местах возможных утечек аммиака при проектировании предусмотрена установка коллекторов водяной завесы (рисунок 4), которые предназначены для защиты обслуживающего персонала от облака газообразного аммиака. Включение системы производится из ЦПУ при срабатывании газоанализаторов» [1].



1 – воздушная завеса; 2 – шаровый кран для отсечения теплообменника; 3 – шаровый кран для выпуска воздуха из теплообменника; 4 – шаровый кран для слива воды из теплообменника; 5 – клапан с сервоприводом; 6 – тепловая сеть; 7 – циркуляционный насос; 8 – фильтр; 9 – шаровый кран для слива воды из магистрали; 10 – шаровый кран для выпуска воздуха из магистрали; 11 – перепускной клапан; 12 – шаровый кран.

Рисунок 4 – Схема установки коллекторов водяной завесы

Главным фактором безопасной эксплуатации склада жидкого аммиака является выбор и установка проверенного, надежного, с большим временем межремонтного пробега оборудования. К такому оборудованию следует отнести сам ИП, компрессорное оборудование, насосы выдачи жидкого аммиака, стендеры слива–налива на железнодорожных и автоэстакадах.

В цехе 11 на складах жидкого аммиака находятся системы автоматического пожаротушения, которые срабатывают при повышении температуры или появлении открытого огня.

Эти системы обычно состоят из датчиков, которые обнаруживают возгорание, и системы пожаротушения, которая распыляет огнетушащий состав на очаг возгорания.

Пожаротушение резервуаров с аммиаком должно осуществляться с использованием специальных огнетушащих веществ, которые не взаимодействуют с аммиаком и не образуют взрывоопасных смесей. Например, можно использовать инертные газы, такие как азот или аргон, которые могут быть поданы в резервуар под давлением для вытеснения кислорода и прекращения горения.

Также можно использовать водные растворы смачивающих веществ, которые образуют на поверхности жидкости пленку и предотвращают распространение пламени.

Наливные операции жидкого аммиака в хранилища осуществляют машинист компрессорных и холодильных установок.

Слесарь КИПиА занимается обслуживанием и ремонтом оборудования, такого как датчики, регуляторы, системы автоматизации и т.д.

В его обязанности также входит установка нового оборудования и настройка систем контроля и автоматизации. Электрооборудование ремонтирует электромонтер.

Проведем анализ ОВПФ, действующих на машинистов компрессорных и холодильных установок, на основе ГОСТ 12.0.003–2015 (таблица 3) [31].

Таблица 3 – Анализ ОВПФ, действующих на машинистов компрессорных и холодильных установок

Этапы операции	Оборудование	ОВПФ
охлаждение жидкого аммиака	теплообменник, система охлаждения	«ОВПФ, обладающих свойствами физического воздействия: действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего; опасность и вредность воздействия газовых компонентов (включая пары); повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем шума; повышенным образованием электростатических зарядов; факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов, могущих вызвать ожоги (обморожения)» [31]. «ОВПФ, обладающих свойствами химического воздействия: токсические (ядовитые); раздражающие» [31]. «ОВПФ, обладающих свойствами химического воздействия: активное наблюдение за ходом производственного процесса» [31].
перекачка аммиака в резервуары для хранения;	насосное оборудование, трубопровод	
заполнение емкостей аммиаком с помощью насосов и трубопроводов	насосное оборудование, трубопровод, изотермический резервуар	
закрытие емкостей и их отправка на хранение	изотермический резервуар	

С целью снижения воздействия ОВПФ на работника, необходимо использовать СИЗ. СИЗ машинистам компрессорных и холодильных установок выдается в соответствии с Приказом Минздравсоцразвития России от 11.08.2011 № 906н (таблица 4) [22].

Таблица 4 – СИЗ машинистов компрессорных и холодильных установок

Наименование СИЗ	Количество	Выполнение
костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий	1 шт.	выполняется
ботинки кожаные с защитным подноском	1 пара	выполняется
сапоги резиновые с защитным подноском	1 пара	выполняется
перчатки трикотажные с точечным покрытием	12 пар	выполняется
каска защитная	1 на 2 года	выполняется
подшлемник под каску	1	выполняется
очки защитные	до износа	выполняется
маска или полумаска со сменными фильтрами	до износа	выполняется

Выводы: в разделе представлен анализ способа хранения жидкого аммиака, выявлено, что в цехе №11 жидкий аммиак находится в изотермических хранилищах. Требования к теплоизоляции, системам контроля, противоаварийной и противопожарной защиты, средствам и системам пожаротушения, на складе жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11 ПАО «КуйбышевАзот», выполняются в соответствии с нормативными документами.

Технологический процесс, осуществляемый в цехе №11, также выполняется в соответствии с требованиями нормативных документов. В разделе идентифицированы ОВПФ, действующие на машинистов компрессорных и холодильных установок. Обеспечение СИЗ для указанных работников на предприятии выполняются в полном объеме.

3 Мероприятия по организации безопасного осуществления процесса наливных операций жидкого аммиака

Потенциальной опасностью хранения и осуществлении наливных операций жидкого аммиака являются возможные аварийные проливы и утечки жидкого аммиака. Согласно ФЗ №116-ФЗ, склады жидкого аммиака вместимостью более 5000 т относятся в 1-му классу опасности [9]. Согласно документу нормативно–технического регламента по осуществлению работ в цехе №11 ПАО «Куйбышевазот», газоанализаторы и газосигнализаторы на аммиак (NH_3) следует крепить на уровне дыхания человека (1,6 м. от пола). ПДК содержания аммиака (NH_3) в воздухе рабочей зоны контролируется 2–мя порогами сигнализации: первый порог предупредительный – 20 мг/м³ (1ПДК) и второй порог аварийный 60 мг/м³ (3ПДК).

С целью снижения вредного воздействия на персонал в случаях аварийных ситуаций, предлагаем использовать датчики газоанализа Dräger Polytron 8200 с аналоговыми (токовыми) выходами. Преимущества данных датчиков заключаются в том, что данные с датчиков через платы аналогового ввода поступают на сервер Vijeo Historian от компании Schneider electric. Сервер имеет возможность получать данные из SCADA систем через серверы OPC DA V2 и OPC DA V3. Данные хранятся в базе данных SQL, вместе с метаданными, описывающими индивидуальные свойства тега и качество для каждой выборки. Проект предполагает возможность создания системы мониторинга и прогнозирования двух серверной конфигурации. Один сервер находится внутри ядра системы АСУТП собирает и обрабатывает данные, получаемые с сервера Historian и формирует события. События в одностороннем порядке передаются из ядра системы на внешний сервер. Внешний сервер осуществляет обработку событий и формирует сценарии работы для системы оповещения и заполнения данных для проведения расчета моделирования и прогнозирования. На сервере проводится оценка и

прогнозирование развития ЧС, и распространение зоны химического заражения за территорию объекта [3], [35].

Прогноз распространения аммиака в атмосфере основан на методике, описанной в Приказе Ростехнадзора от 07.12.2020 № 500 [23].

Прогноз распространения аммиака в атмосфере выполняется в соответствии со следующими этапами расчета:

- «определение количественных характеристик выброса аммиака;
- определение зоны поражения при растекании выброса аммиака;
- определение полей концентрации и токсодозы;
- определение поля токсодозы» [29].

«Прогноз распространения аммиака выполняется для одного из четырех вариантов сценариев расчета в зависимости от агрегатного состояния аммиака в оборудовании и характера разрушения оборудования.

- сценарий 1 – полное разрушение оборудования, содержащего аммиак в жидком состоянии;
- сценарий 2 – нарушение герметичности оборудования, содержащего аммиак в жидком состоянии.

При этом учитывается, что по сценарию 1 аммиак мгновенно поступает в окружающую среду; по сценарию 2 аммиак поступает в окружающую среду через отверстия площадью S в течение некоторого времени; сценарии применимы как к емкостному оборудованию, так и к трубопроводам» [29].

Количество возможных объектов, для расчета по каждому сценарию можно определить в ходе проектирования системы мониторинга и прогнозирования развития ЧС.

Источники информации по поступлению вредных паров в воздух рабочей зоны и в атмосферу, в целом, предлагаются:

- детектор токсических газов – Polytron 8200 Сигнализатор токсических газов внешний NH_3 ;
- метеостанция/анемометр ультразвуковой – ANM/OI15 – 1 шт.

На рисунке 5 представлена структура программного обеспечения и взаимодействие модулей системы мониторинга и моделирования ЧС при хранении и наливных операциях жидкого аммиака, а также её сопряжение с локальной системой оповещения химически опасного объекта. Система предложена автором Бобер А., который в своей статье описал опыт внедрения системы прогнозирования [3].

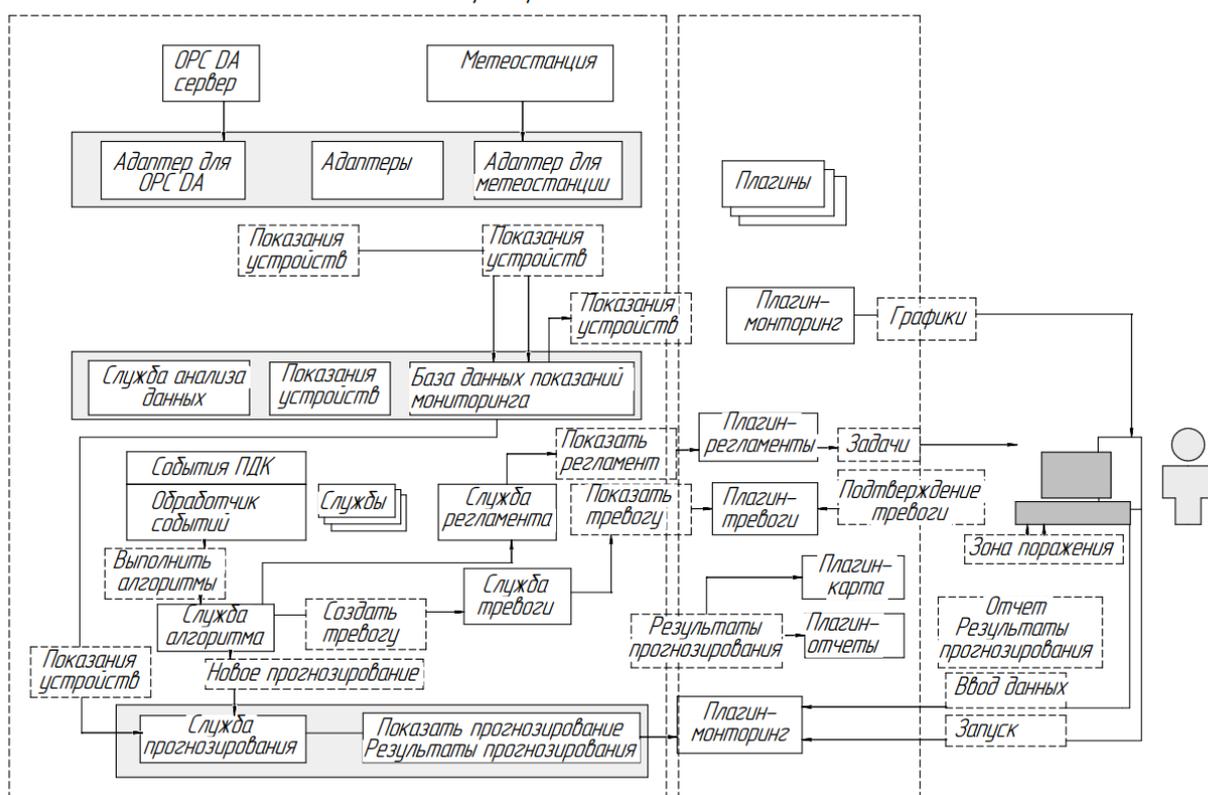


Рисунок 5 – Структура программного обеспечения и взаимодействие модулей системы мониторинга и моделирования ЧС при хранении жидкого аммиака

Представленную систему можно также использовать на химических предприятиях по производству аммиака. Датчики имеют географическую привязку (температура, давление и газоанализ). При проведении расчета учитывается информация, поступающая от метеостанции или анемометра о температуре воздуха, направлении и силе ветра, количестве осадков.

Как известно «аммиак (нитрид водорода) – бинарное неорганическое химическое соединение азота и водорода с формулой NH_3 , при нормальных условиях – бесцветный газ с резким характерным запахом. Однако, плотность аммиака почти вдвое меньше, чем у воздуха, а растворимость в воде чрезвычайно велика – около 1200 объёмов (при 0°C) или 700 объёмов (при 20°C) в объёме воды» [37]. Таким образом зона поражения при ЧС в значительной степени зависит от температуры и наличия осадков. При дожде аммиак моментально растворится, при сухой теплой погоде поднимется в верх, а вот при холодной погоде (температура кипения: $-33,3^\circ\text{C}$) может стелиться по земле и иметь достаточно большую зону поражения. Результаты расчета, по информации, поступающей с датчиков, выводятся в графическом виде в GIS на АРМ оператора. Для реализации проекта необходимо применение специального программного обеспечения, например ПО DARVIS, в состав которого входят следующие модули:

- модуль интеграции с внешними системами (модуль осуществляет сбор и обработку данных от внешних систем и передачу данных в систему хранения данных Darvis Data Server – модуль предназначен для мониторинга оперативных и хранения исторических числовых показателей приложений, устройств, технических процессов, определения превышения заданных порогов, формирование событий и передача их в управляющие системы);
- расширение интеграционных возможностей платформы (предоставление API, SDK);
- поддержка интеграции с подсистемами жизнеобеспечения (энергоснабжение, освещение, HVAC);
- поддержка интеграции с подсистемами функционирования (АСУ ТП, SCADA, ERP, DCS);
- использование встроенного протокола TSP (Teris SMIS Protocol) для взаимодействия с органами РСЧС;

- поддержка протоколов Modbus, MQTT, CAP, SOAP, OPC DA/UA и т.п. [3].

Выполняемые функции модуля интеграции с внешними системами:

- высокоскоростной сбор показаний датчиков;
- хранение большого количества данных в виде метрик;
- обработка метрик статистическими методами, отображение метрик в пользовательском интерфейсе;
- определения превышения заданных порогов ПДК;
- формирование событий и передача их в управляющие системы;
- хранение системных данных;
- автоматический запуск алгоритмов;
- обмен сообщениями между компонентами и обработка очередей;
- планировка и выполнение задач;
- сбор информации от подсистем объекта;
- обработка алгоритмов по входящим правилам и сообщениям;
- контроль работоспособности компонентов платформы;
- интеграция с подсистемами безопасности (СКУД, ОПС, видеонаблюдение и т.д.) [3].

Darvis Prognosis Server – модуль предназначен для проведения расчетов по моделированию и прогнозированию последствий ЧС. Модуль выполняет следующие функции:

- ввод исходных данных для осуществления расчетов по моделированию и прогнозированию последствий ЧС: выбор методики расчета, выбор места происшествия, ввод параметров расчета. Исходные данные для расчета могут быть частично или полностью заполнены автоматически на основании данных системы мониторинга;
- выполнение расчетов по моделированию и прогнозированию последствий ЧС в соответствии с методикой [23]. Так же доступна

версия с методикой расчёта утвержденной МЧС России РД 52.04.253–90 [6].

- предоставление пользователю результатов проведения расчетов по моделированию и прогнозированию последствий ЧС: отображение зоны поражения на интерактивной карте; предоставление результатов расчета виде списка key–value; предоставление результатов расчета виде таблицы; формирование отчетной формы с результатами расчета. Форма представления результатов зависит от выбранной методики расчета;
- автоматический и автоматизированный запуск системы оповещения внутри указанной зоны; автоматическая отработка ситуации без вмешательства оператора по модели: «превышение – тревога – расчет зон – оповещение по зонам»;
- ведение журнала проведенных расчетов по моделированию и прогнозированию последствий ЧС;
- передача данных в подсистему оповещения.

Для предложенной системы, разработаем журнал учета аварийных ситуаций (таблица 5).

Таблица 5 – Журнал учета аварийных ситуаций

ФИО пострадавшего	Место работы, должность	Возраст	Дата и время аварии	Обстоятельства и характер аварии	Наличие СИЗ	Объемы оказываемой помощи	ФИО руководителя, которого проинформировали об аварии	ФИО, должность работника, проинформированного об аварии
Петров А.А.	цех №11, склад жидкого аммиака	36	01.02.2024	утечка аммиака в результате разгерметизации	в соответствии с нормативами	вынесли из зоны заражения, промыли глаза	Сидоров А.А.	Васильев П.П., слесарь КИПиА

В предложенной форме представлен пример заполнения. Журнал должен быть прошит, страницы пронумерованы.

Рассмотрим «мероприятия по локализации и ликвидации неисправностей и аварийных ситуаций с цистернами. Регламентирует правила безопасности Приказ Ростехнадзора от 08.11.2007 № 759» [12]. На рисунке 6 представлена схема действий при по локализации и ликвидации неисправностей и аварийных ситуаций с цистернами.

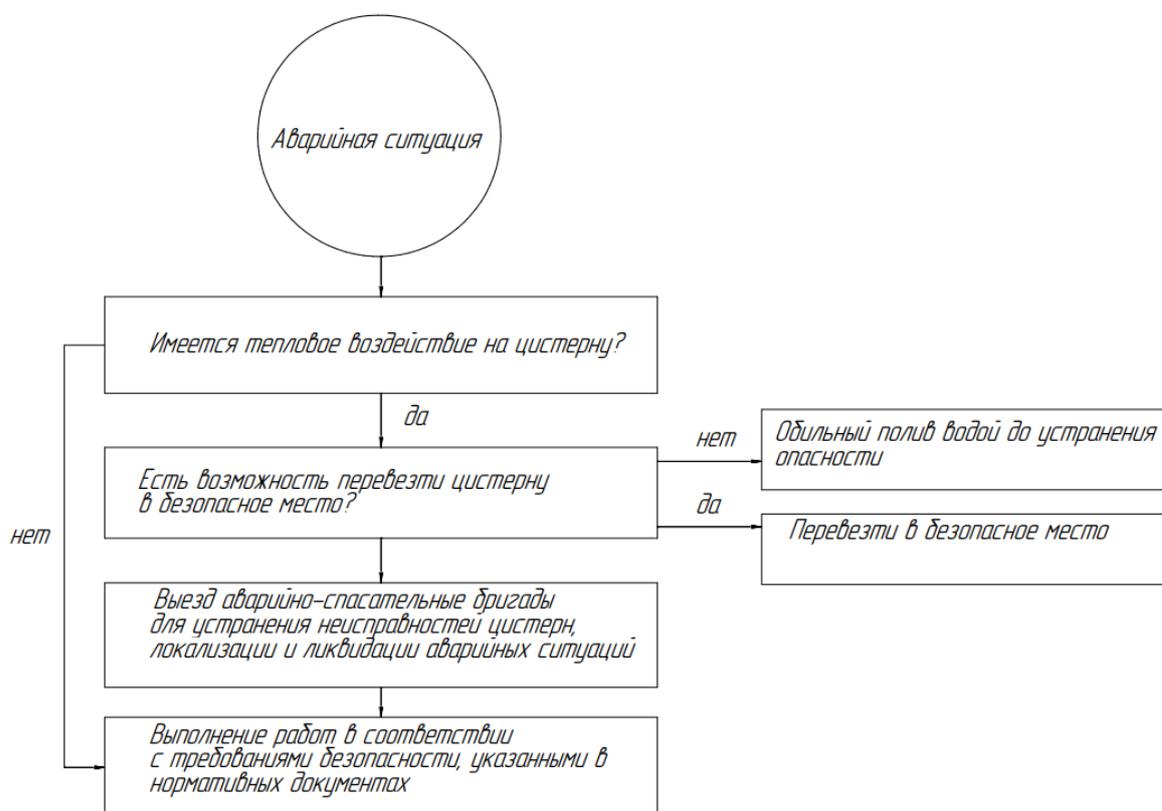


Рисунок 6 – Схема действий при по локализации и ликвидации неисправностей и аварийных ситуаций с цистернами

«Порядок действий в аварийных ситуациях, которые могут возникнуть во время налива и слива цистерн, должен определяться планами локализации и ликвидации аварийных ситуаций. Персонал сливно-наливного пункта должен:

- знать отличительные признаки и основные свойства аммиака и азота, опасность их воздействия на организм человека;
- уметь пользоваться СИЗ;
- уметь оказывать первую медицинскую помощь пострадавшим» [27].

Выводы: в ходе выполнения бакалаврской работы выявлено, что потенциальной опасностью хранения и наливных операций жидкого аммиака являются возможные аварийные проливы и утечки жидкого аммиака. В этой связи, в качестве рекомендации, в разделе предложена система мониторинга и моделирования ЧС при хранении и наливных операций жидкого аммиака, предложенная автором Бобер А., который в своей статье описал опыт внедрения системы прогнозирования. Система позволит не только выявить утечки аммиака, но и спрогнозировать возможные ЧС. Прогноз возможных аварий позволит своевременно принять меры по устранению неполадок. Для предложенной системы, разработан журнал учета аварийных ситуаций и представлена схема действий при локализации и ликвидации неисправностей и аварийных ситуаций с цистернами.

4 Охрана труда

Составим реестр профессиональных рисков для рабочих мест склада жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11 ПАО «КуйбышевАзот», и проведем идентификацию опасностей на основе «Приказа Минтруда России от 29.10.2021 № 776н» [18]. Реестр профессиональных рисков машинистов компрессорных и холодильных установок представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Реестр рисков машинистов компрессорных и холодильных установок

Номер по Приказу	Опасность	ID	Опасное событие
2	«неприменение СИЗ или применение поврежденных, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам, и выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов» [18].	2.1	«травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных факторов, от которых защищают СИЗ» [18].
3	«скользкие, обледенелые, за жиренные, мокрые опорные поверхности» [18].	3.1	«падение при спотыкании или поскользывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам» [18].
3	«перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м» [18].	3.2	«падение с высоты или из-за перепада высот на поверхности» [18].
4	«выполнение работ вблизи технологических емкостей, наполненных водой или иными технологическими жидкостями» [18].	4.4	«утопление в результате падения в емкость с жидкостью» [18].
9	«вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны» [18].	9.1	«отравление воздушными взвешиваемыми вредными химическими веществами в воздухе рабочей зоны» [18].
9	«контакт с высокоопасными веществами» [18].	9.4	«отравления при вдыхании и попадании на кожу высокоопасных веществ» [18].
9	«образование токсичных паров при нагревании» [18].	9.5	«отравление при вдыхании паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма» [18].

Продолжение таблицы 6

Номер по Приказу	Опасность	ID	Опасное событие
9	«воздействие химических веществ на кожу» [18].	9.6	«заболевания кожи (дерматиты) при воздействии химических веществ» [18].
9	«воздействие химических веществ на глаза» [18].	9.7	«травма оболочек и роговицы глаза при воздействии химических веществ» [18].
10	«химические реакции веществ, приводящие к пожару и взрыву» [18].	10.1	«травмы, ожоги вследствие пожара или взрыва» [18].
14	«охлажденная поверхность, охлажденная жидкость или газ» [18].	14.1	«заболевания вследствие обморожения мягких тканей из-за контакта с охлажденной жидкостью или газом» [18].
20	«повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума» [18].	20.1	«снижение остроты слуха, тугоухость» [18].
21	«воздействие общей вибрации» [18].	21.2	«воздействие общей вибрации на тело работника» [18].

Реестр профессиональных рисков слесаря КИПиА представлен в таблице 7.

Таблица 7– Реестр рисков слесаря КИПиА

Номер по Приказу	Опасность	ID	Опасное событие
2	«неприменение СИЗ или применение поврежденных, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам, и выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов» [18].	2.1	«травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных факторов, от которых защищают СИЗ» [18].
8	«подвижные части машин и механизмов» [18].	8.1	«удары, порезы, проколы, абразивные воздействия подвижными частями оборудования» [18].
9	«вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны» [18].	9.1	«отравление воздушными взвешиваемыми вредными химическими веществами в воздухе рабочей зоны» [18].

Продолжение таблицы 7

Номер по Приказу	Опасность	ID	Опасное событие
9	«воздействие химических веществ на кожу» [18].	9.6	«заболевания кожи (дерматиты) при воздействии химических веществ» [18].
27	«электрический ток» [18].	27.1	«контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением» [18].

Реестр профессиональных рисков электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Реестр рисков электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования

Номер по Приказу	Опасность	ID	Опасное событие
2	«неприменение СИЗ или применение поврежденных, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам, и выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов» [18].	2.1	«травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных факторов, от которых защищают СИЗ» [18].
8	«подвижные части машин и механизмов» [18].	8.1	«удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования» [18].
9	«вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны» [18].	9.1	«отравление воздушными взвешиваемыми вредными химическими веществами в воздухе рабочей зоны» [18].
23	«физические перегрузки при чрезмерных физических усилиях при подъеме предметов и деталей, при перемещении предметов и деталей, при стереотипных рабочих движениях и при статических нагрузках, при неудобной рабочей позе, в том числе при наклонах корпуса	23.1	«повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках» [18].

Продолжение таблицы 8

Номер по Приказу	Опасность	ID	Опасное событие
	тела работника более чем на 30°» [18].		
27	«электрический ток» [18].	27.1	«контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением» [18].
		27.2	«отсутствие заземления или неисправность электрооборудования» [18].
		27.3	«нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение СИЗ» [18].

Произведем «расчет количественного риска в соответствии с методикой, утвержденной Приказом №926 от 28.12.2021г» [19].

$$R=A \cdot U, \quad (1)$$

где « R – риск,

A – степень вероятности,

U – тяжесть последствий» [19].

Степень вероятности A определим в соответствии с таблицей 9.

Таблица 9 – Оценка вероятности

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, A
1	весьма маловероятно	– практически исключено; – зависит от следования инструкции.	1
2	маловероятно	– сложно представить, однако может произойти; – зависит от следования инструкции	2
3	возможно	– иногда может произойти;	3

Продолжение таблицы 9

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
		– зависит от обучения (квалификации).	
4	вероятно	– зависит от случая, высокая степень возможности реализации; – часто слышим о подобных фактах; – периодически наблюдаемое событие.	4
5	весьма вероятно	– практически 100%; – регулярно наблюдаемое событие.	5

Тяжесть последствий U определим по таблице 10.

Таблица 10 – Оценка степени тяжести последствий

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
5	катастрофическая	– групповой несчастный случай на производстве (число пострадавших 2 и более человек); – несчастный случай на производстве со смертельным исходом; – авария; пожар.	5
4	крупная	– тяжелый несчастный случай на производстве (временная нетрудоспособность более 60 дней); – профессиональное заболевание; – инцидент с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней.	4
3	значительная	– серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней; – инцидент	3
2	незначительная	– незначительная травма – микротравма, оказана первая медицинская помощь – инцидент, – быстро потушенное загорание.	2
1	приемлемая	– без травмы или заболевания; – незначительный, быстроустраняемый ущерб.	1

Значимость оценки риска оценим по следующей шкале:

- «1 – 8 (низкий);
- 9 – 17 (средний);
- 18 – 25 (высокий)» [21].

Результаты проведенной идентификации представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты проведенной идентификации (анкета)

Рабочее место	Опасность (№)	Опасное событие (ID)	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
машины компрессорных и холодильных установок	2	2.1	вероятно	4	катастрофическая	5	20	высокий
	3	3.1	возможно	3	значительная	3	9	средний
	3	3.2	возможно	3	значительная	3	9	средний
	4	4.4	маловероятно	2	катастрофическая	5	10	средний
	9	9.1	вероятно	4	значительная	3	12	средний
	9	9.4	вероятно	4	значительная	3	12	средний
	9	9.5	вероятно	4	значительная	3	12	средний
	9	9.6	вероятно	4	значительная	3	12	средний
	9	9.7	вероятно	4	значительная	3	12	средний
	10	10.1	возможно	3	катастрофическая	5	15	средний
	14	14.1	возможно	3	значительная	3	9	средний
	20	20.1	возможно	3	значительная	3	9	средний
21	21.2	возможно	3	значительная	3	9	средний	
слесарь КИПиА	2	2.1	вероятно	4	катастрофическая	5	20	высокий
	8	8.1	возможно	3	значительная	3	9	средний
	9	9.1	вероятно	4	значительная	3	12	средний
	9	9.6	вероятно	4	значительная	3	12	средний
	27	27.1	вероятно	4	катастрофическая	5	20	высокий
электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования	2	2.1	вероятно	4	катастрофическая	5	20	высокий
	8	8.1	вероятно	4	значительная	3	12	средний
	9	9.1	вероятно	4	значительная	3	12	средний
	23	23.1	возможно	3	незначительная	2	6	низкий
	27	27.1	вероятно	4	катастрофическая	5	20	высокий
	27	27.2	вероятно	4	катастрофическая	5	20	высокий
	27	27.3	вероятно	4	катастрофическая	5	20	высокий

Определим мероприятие по устранению выявленного высокого уровня профессионального риска (таблица 12).

Таблица 12 – Мероприятия по устранению выявленного высокого уровня профессионального риска

Рабочее место	Опасное событие (ID)	Мероприятие
машинисты компрессорных и холодильных установок, слесарь КИПиА	2.1	«применение СИЗ соответствующего вида и способа защиты. Выдача СИЗ соответствующего типа в зависимости от вида опасности» [18].
	2.1	
электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования	27.1	«изоляция токоведущих частей электрооборудования, применение СИЗ, соблюдение требований охраны труда, применение ограждений, сигнальных цветов, табличек, указателей и знаков безопасности» [18].
	27.2	«вывод неисправного электрооборудования из эксплуатации, своевременный ремонт и техническое обслуживание электрооборудования» [18].
	27.3	«применение СИЗ, соблюдение требований охраны труда, вывод неисправного электрооборудования из эксплуатации» [18].

Выводы: в разделе составлен реестр профессиональных рисков для рабочих мест склада жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11 ПАО «КуйбышевАзот». Высокий уровень риска для машинистов компрессорных и холодильных установок заключается в неприменении или неправильным использованием СИЗ. По выявленному высокому риску в разделе определены мероприятия по его устранению.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Антропогенная нагрузка ПАО «КуйбышевАзот» заключается в воздействии деятельности предприятия на окружающую среду и здоровье людей, и, включает выбросы вредных веществ в атмосферу, сбросы в водоемы, образование отходов и другие виды воздействия. Рассмотрим воздействие на окружающую среду склада жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11 при наливных операциях (таблица 13).

Таблица 13 – Антропогенная нагрузка склада жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11 при наливных операциях

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух	Воздействие на водные объекты	Отходы
ПАО «КуйбышевАзот»	склад жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11	отдувочные газы, аммиак, который может попадать в атмосферу при утечках из оборудования, продукты горения, если происходит возгорание. Диоксид углерода, монооксид углерода, азота оксид.	при попадании жидкого аммиака в водные объекты возможно загрязнение воды и причинение вреда водным организмам. Сточные воды при промывке оборудования и емкостей.	отработанные материалы и запчасти, окись кальция, окись калия, уголь активированный, катализатор медь–цинковый, отходы зачистки оборудования синтеза аммиака, содержащие цинк, песок перлитовый, отходы абразивных материалов в виде порошка.
Количество в год		0,2 тыс.тонн	1 тыс.тонн	0,5 тыс.тонн

В зависимости от концентрации аммиака в воздухе у работника могут быть вызваны различные по тяжести последствия:

- в рабочей зоне предельно допустимые концентрации – 0,020 мг/л или 0,0015%;

- не вызывает последствий в течение часа – 0,45 мг/л или 0,035%;
- опасно для жизни – 0,7 мг/л или 0,050,1%;
- 1,5-2,7 мг/л или 0,12-0,21% вызывает смертельный исход через 30-60 мин [37].

В таблице 14 проведен анализ соответствия технологий наилучшим доступным.

Таблица 14 – Сведения о применяемых на объекте технологиях

Структурное подразделение		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
номер	наименование		
1	склад жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11	адсорбция, абсорбция	соответствует
2		каталитическое окисление	соответствует

В таблице 15 представлен перечень загрязняющих веществ, включенных в план–график контроля стационарных источников выбросов, в соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 20.10.2023 № 2909–р [14].

Таблица 15 – Перечень загрязняющих веществ, включенных в план–график контроля стационарных источников выбросов

Наименование загрязняющего вещества
азота оксид (азот (II) оксид; азот монооксид)
аммиак (азота гидрид)

Аммиак недолго сохраняется в окружающей среде, поскольку перерабатывается естественным путем. В почве или воде растения и микроорганизмы быстро поглощают аммиак. После внесения в почву удобрений, содержащих аммиак, количество аммиака в этой почве уменьшается до приемлемого уровня за несколько дней. В воздухе аммиак

продержится около 1 недели. Результаты производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Результаты производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха

Структурное подразделение	Источник		Наименование загрязняющего вещества	ПДВ, мг/м ³	Фактический выброс, г/с	Превышение ПДВ в раз (гр. 8 / гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения ПДВ	Примечание
	номер	наименование							
склад жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11	1, 2	адсорбция, абсорбция, каталитическое окисление	азота оксид (азот (II) оксид; азот монооксид)	0,4	0,1	–	01.02.2024	–	–
			аммиак (азота гидрид)	0,4	0,15	–	01.02.2024	–	–

Аммиак и оксиды азота являются вредными выбросами, которые могут вызывать различные заболевания, включая респираторные, сердечно-сосудистые и онкологические заболевания. Они также могут негативно влиять на качество воздуха, вызывая смог и загрязнение атмосферы.

Результаты производственного контроля в области охраны и использования водных объектов представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Результаты проведения проверок работы очистных сооружений

Тип очистного сооружения	Год ввода в эксплуатацию	Сведения о стадиях очистки, с указанием сооружений очистки сточных вод, в том числе дренажных, вод, относящихся к каждой стадии	Объем сброса сточных, в том числе дренажных, вод, тыс. м ³ /сут.; тыс. м ³ /год			Наименование загрязняющего вещества	Дата контроля (дата отбора проб)	Содержание загрязняющих веществ, мг/дм ³			Эффективность очистки сточных вод, %	
			проектный	допустимый, в соответствии с разрешительным документом на пользование водным объектом	фактический			проектное	допустимое, в соответствии с разрешением на сброс веществ и микроорганизмов в водные объекты	фактическое	проектная	фактическая
скрубберы с раствором щелочи, для каталитических нейтрализаторов.	2020	скрубберы используются для удаления газообразных загрязнителей путем поглощения жидкостью, использование катализаторов ускоряют химические реакции разложения вредных веществ на более безопасные компоненты.	1,8	2,0	1,2	азот аммонийный	01.02.2024	1,5	2,0	1,2	99	99
			1,8	2,0	0,7	нефтепродукты	01.02.2024	1,6	2,0	0,7	99	99

Результаты производственного контроля в области обращения с отходами представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления за отчетный год – 2022

Наименование видов отходов	Код по ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
			хранение	накопление				
отходы зачистки оборудования синтеза аммиака, содержащие цинк	3 14 148 11 33 3	3	0,03	0,1	0,13	–	0,13	–
отходы абразивных материалов в виде порошка	3 61 081 22 42 5	5	0,01	0,145	0,145	–	–	0,145
Передано отходов другим юридическим лицам, тонн								
всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания		для хранения	для захоронения		
0,13	–	0,13	–		–	–		
0,145	–	–	–		–	0,145		
Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн						Наличие отходов на конец года, тонн		
всего	хранение на собственных ОРО		захоронение на собственных ОРО	хранение на сторонних ОРО	захоронение на сторонних ОРО	хранение	накопление	
0,145	–		–	–	0,145	–	–	

Выводы: в разделе определена антропогенная нагрузка наливных операций жидкого аммиака на биосферу, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду и здоровье людей, включает выбросы вредных веществ в атмосферу, сбросы в водоемы, образование отходов и

другие виды воздействия. Воздействие химических предприятий на биосферу заключается в загрязнении окружающей среды токсическими веществами, такими как органические растворители, амины, альдегиды, аммиак, хлор и его производные, оксиды азота, циановодород, фториды, сернистые соединения, металлоорганические соединения, соединения фосфора, ртуть и другие. Эти вещества попадают в атмосферу, воду и почву, нанося существенный вред природе. Аммиак и оксиды азота также могут негативно влиять на качество воздуха, вызывая смог и загрязнение атмосферы. Для очистки сточных воды используются скрубберы для удаления газообразных загрязнителей путем их поглощения жидкостью, использование катализаторов ускоряют химические реакции разложения вредных веществ на более безопасные компоненты.

В разделе представлены результаты ПЭК. ПЭК на химических предприятиях проводится для защиты окружающей среды и выполнения требований законодательства в области охраны природы. Основные цели ПЭК включают контроль проведения мероприятий по охране природы, обеспечение соблюдения законодательства и рациональное использование природных ресурсов.

6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях

«Сжиженный аммиак – полярная жидкость, трудно-горючее вещество, которое горит только при наличии над его поверхностью постоянного источника воспламенения достаточной мощности. При проливе сжиженный аммиак, приобретая при атмосферном давлении температуру $-33,4^{\circ}\text{C}$, вскипает с мгновенным образованием аэрозольного облака, которое не загорается от источника огня. Аммиак хорошо растворяется в воде с выделением тепла, интенсифицирует испарение при разбавлении водой. Газообразный аммиак токсичен, по степени воздействия на организм человека относится к 4–му классу опасности. По физиологическому действию на организм относится к группе веществ удушающего и нейротропного действия, способных при ингаляционном поражении вызвать токсический отёк лёгких и тяжёлое поражение нервной системы. Жидкий аммиак является нестойким АХОВ. Поражающее действие в атмосфере и на поверхности объектов сохраняется в течение одного часа. По токсичным свойствам и широкому распространению сжиженный аммиак и хлор являются наиболее опасными АХОВ» [38].

К наиболее вероятным аварийным ситуациям при наливных операциях аммиака относятся следующие:

- утечка аммиака из-за разгерметизации оборудования или трубопроводов;
- пожар или взрыв из-за контакта аммиака с открытым огнем или искрами.

В случае возникновения пожаров на складе хранения и при осуществлении наливных операций жидкого аммиака, пожаротушение производится с учетом требований: ГОСТ Р 12.3.047-2012, рекомендации по тушению полярных жидкостей в резервуарах (ПАО «КуйбышевАзот», г. Тольятти, 2022г), ВУП СНЭ 87, СП 155.13130.2014 [4], [21], [30], [33].

«Для предотвращения распространения газовых облаков аммиака в случае проливов, а также для их ускоренного растворения в дисперсной воде в цехе №11 осуществляется применение водяных завес на основе дренчерных оросителей НП I, II, III. В зданиях и помещениях оросители, как правило, устанавливаются вдоль оконных и дверных проемов, ворот, технологических проемов и т.п. Направление подачи завесы принимается сверху вниз» [36]. «В случае необходимости устройства водяной завесы значительной высоты возможно применение комбинированной завесы с применением дренчерных оросителей типа НП–III на уровне земли и дренчерных оросителей типа НП–II на втором ярусе завесы. Для эффективного рассеивания облаков аммиака подача воды во всех случаях должна осуществляться снизу вверх. Автоматические установки пожаротушения зданий и помещений с обращением аммиака осуществляется в соответствии с требованиями СП 485.1311500.2020. К типовым объектам защиты относятся компрессорные аммиачно-холодильные установки, продуктовые насосные и т.п.» [20].

На складе жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11 осуществляются мероприятия по предупреждению аварийных ситуаций и ЧС: мониторинг в режиме реального времени, информирование в режиме реального времени персонала ДДС ПАО «КуйбышевАзот», ЕДДС г. Тольятти о предаварийном (инцидент), аварийном состоянии технологических систем, обеспечение персонала ДДС ПАО «КуйбышевАзот», ЕДДС г. Тольятти информацией, необходимой для своевременного принятия эффективных мер, обеспечение через ЕДДС г. Тольятти и соответствующих служб, и подразделений информацией, необходимой для проведения АСР [10].

В случае возникновения аварийной ситуации, среднее время прибытия подразделений МЧС – 5-7 минут. ФГБУ 4 отряд федеральной противопожарной службы государственной противопожарной службы по Самарской области, ПЧ №35, находится на расстоянии около 500 метров от проходной ПАО «КуйбышевАзот». ПЧ №35 находится по адресу: г. Тольятти,

Новозаводская, бк1. Подстанция скорой медицинской помощи располагается по адресу: ул. Жилина, 29, время прибытия ориентировочно 7 минут.

В декларации пожарной безопасности ПАО «Куйбышевазот» представлены сведения о техническом оснащении аварийно-спасательных формирований предприятия (таблица 19) [5], [16].

Таблица 19 – Сведения о техническом оснащении аварийно-спасательных формирований

Формирование	Количество человек	Укомплектованность техникой, имуществом, приборами и средствами защиты, шт.				
		автомобили	спецмашины	ВПХР	ДП5А	средства защиты
ВПЧ-35	12	–	4	–	–	12
ГСО-42	6	–	1	1	1	6
МСЧ-4	3	–	1	–	–	3
команда пожаротушения	20	3	–	1	1	20
аварийная техническая команда	34	9	–	1	1	34
команда механизация работ	67	11	–	1	1	67
команда РХЗ	59	1	–	3	3	59

Помимо этого, на каждом ОПО ПАО «КуйбышевАзот» в каждой смене имеются обученные члены НАСФ. В соответствии с Приказом генерального директора ПАО «КуйбышевАзот» «О резервах финансовых средств и материальных ресурсов для локализации и ликвидации аварий, сформирован резерв финансовых средств в общем бюджете предприятия.

Основные мероприятия, проводимые комиссией по ЧС и ПБ по предупреждению и ликвидации ЧС:

- «непрерывный контроль за состоянием окружающей среды, прогнозирование развития возникших ЧС и их последствий;
- оповещение руководителей органа местного самоуправления и организаций, а также населения о возникших ЧС;

- проведение мероприятий по защите персонала, населения и территорий от ЧС;
- организация работ по ликвидации ЧС и всестороннему обеспечению действий сил и средств единой системы, поддержанию общественного порядка в ходе их проведения;
- непрерывный сбор, анализ и обмен информацией об обстановке в зоне ЧС и в ходе проведения работ по ее ликвидации;
- организация и поддержание непрерывного взаимодействия по вопросам ликвидации ЧС и их последствий;
- проведение мероприятий по жизнеобеспечению населения в ЧС» [5].

Основные способы оповещения персонала о возникновении ЧС:

- передача речевой информации;
- подача звукового сигнала с использованием имеющихся в организации средств оповещения.

Информация об угрозе и возникновении ЧС в организации доводится до персонала с применением следующих средств оповещения: ручной сирены; ручного мегафона; пожарно-охранной сигнализации; громкоговорящих установок, локальной системы оповещения и др.

При задействовании систем оповещения соблюдается следующий порядок:

- «подается сигнал «Внимание всем!» путем дистанционного включения электро-сирен;
- передается команда дистанционного включения электропитания и происходит передача информации оповещения;
- со считывающего устройства или через микрофон осуществляется двух–трехкратная передача информации, поясняющая порядок действий в создавшейся обстановке.

Содержание текстового сообщения может быть следующим: «Внимание! Говорит управление по делам ГО и ЧС города. Граждане! На предприятии произошел выброс аварийно-химически опасного вещества –

Таблица 20 – Перечень пунктов временного размещения и расчет приема эвакуируемого населения из объекта

Номер ПВР	Наименование организаций (учреждений), развертывающих ПВР	Адрес расположения, телефон	Количество предоставляемых мест	
			посадочных мест	койко-мест
62	МБУ школа №1 г.о. Тольятти	ул. Баныкина, 44, т. 26–16–94	157	145/15
29	МБОУ школа №29 г.о. Тольятти	ул. Баныкина, 12, т. 48–02–67	200	136/20
62	МБОУ школа №1 г.о. Тольятти	ул. Баныкина, 44, т. 26–16–94	157	145/15
5	МБУ школа №4 г.о. Тольятти	ул. Октябрьская, 57, т.22–36–75	100	50/24
9	МБУ «Гимназия №9» г.о. Тольятти	ул. Баныкина, 22, т. 21–59–12	150	143/20

Маршрут эвакуации до ПВР проходит по улицам: Новозаводская, Комсомольская, Баныкина. Разработаем перечень основных мероприятий, выполняемых службами и должностными лицами объекта при ЧС (таблица 21).

Таблица 21 – Перечень основных мероприятий, выполняемых службами и должностными лицами объекта

Наименование подразделения (службы) объекта	Должность исполнителя	Действия при ЧС
администрация ПАО «КуйбышевАзот»	руководитель организации, председатель КЧСиПБ	необходимо определить: время начала аварии (выброса АХОВ); место возникновения аварии; вид АХОВ, степень его опасности для населения; количество выброса (вылитого) АХОВ; наличие и количество пострадавших; направление распространения облака и примерная глубина распространения; принятые меры [27].
КЧС и ПБ	руководитель КЧС и ПБ	определить границы зоны заражения, концентрацию АХОВ и время действия

Продолжение таблицы 21

Наименование подразделения (службы) объекта	Должность исполнителя	Действия при ЧС
		очага; привести в готовность посты радиационного и химического наблюдения; организовать постоянный контроль за уровнями ПДК АХОВ на границах зоны поражения и в «чистой зоне»; привлечь специалистов Госсанэпиднадзора и комитетов охраны окружающей среды для определения масштабов аварии и способов её ликвидации [27].
отдел ГО и ЧС	инженер по ГО и ЧС, уполномоченный работник ГО и ЧС	определение сил и средств, привлекаемых для ликвидации (локализации ЧС); обеспечение проведения АСДНР; привлечь: специальные и специализированные (газоспасательные) формирования организации; формирования МЧС России, в том числе противопожарные; формирования МВД РФ; медицинские формирования; формирования Госсанэпиднадзора; представителей комитета охраны окружающей среды; формирования связи [27].
дежурно–диспетчерская служба	дежурный диспетчер	Провести оповещение: дежурных сил и средств постоянной готовности; персонала организации; руководителей организаций, находящихся в непосредственной близости от ОПО, а также населения, проживающего и находящегося вокруг аварийного объекта, с учетом направления распространения облака заражения; членов КЧС и органа управления по делам ГО и ЧС [27].
склад жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11	руководитель	довести порядок действий по защите от данного вида АХОВ; использовать СИЗ, подручных средств защиты (ватно–марлевые повязки); организовать вывод персонала из зоны поражения; обеспечить оказание медицинской помощи пострадавшим [27].

Согласно п. 6 «Положения об организации обеспечения населения СИЗ, утвержденного приказом МЧС России № 543 от 01.10.2014, обеспечению СИЗ подлежит также население, проживающее на территориях в пределах границ зон» [15].

Перечень необходимых СИЗ, при возникновении ЧС для персонала: фильтрующий противогаз с коробкой марки «ДОТ М–600» или респираторы с соответствующими фильтрами, защитные фильтрующие костюмы или комбинезоны, перчатки; специальная обувь; средства защиты глаз и кожи. Также необходимо иметь аптечки с медикаментами для оказания первой помощи пострадавшим [15].

Выводы: в разделе описаны вероятные аварии и ЧС при наливных операциях аммиака; описаны основные мероприятия по предупреждению и ликвидации ЧС; описаны действия и порядок оповещения при ЧС; составлена таблица ПВР и указаны улицы, по которым пролегает маршрут к ВПР; представлен перечень основных мероприятий, выполняемых службами и должностными лицами объекта; составлен перечень СИЗ при возникновении аварийной ситуации.

7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

План мероприятий по улучшению условий труда и снижению уровней профессиональных рисков представлен в таблице 22.

Таблица 22 – План мероприятий по улучшению условий труда и снижению уровней профессиональных рисков

Наименование структурного подразделения	Наименование мероприятия	Цель мероприятия	Срок выполнения	Источник финансирования
склад жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11 ПАО «КуйбышевАзот»	разработка проекта системы мониторинга и моделирования ЧС при хранении и наливных операций жидкого аммиака	снижение количества аварийных ситуаций, связанных с наливными операциями. Система позволит не только выявить утечки аммиака, но и	3 квартал 2024 года	ПАО «КуйбышевАзот»
	закупка ПО, датчиков и комплектующих	спрогнозировать возможные ЧС. Прогноз возможных аварий	3 квартал 2024 года	
	установка системы мониторинга и моделирования ЧС при хранении и наливных операций жидкого аммиака	позволит своевременно принять меры по устранению неполадок.	4 квартал 2024 года	

Для реализации мероприятий составим смету затрат на финансирование мероприятий (таблица 23).

Таблица 22 – Смета затрат на финансирование мероприятий

Наименование статьи затрат	Единицы измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Стоимость, руб.
разработка проекта системы мониторинга и моделирования ЧС при хранении и	тыс. руб.	1	100 000	100 000

Продолжение таблицы 23

Наименование статьи затрат	Единицы измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Стоимость, руб.
наливных операций жидкого аммиака				
закупка ПО DARVIS	тыс.руб.	1	110 000	110 000
закупка датчиков Dräger Polytron 8200	тыс.руб.	90	1000	90 000
закупка комплектующих	тыс.руб.	100	1000	100 000
установка системы	тыс.руб.	1	100 000	100 000
Итого:	500 000			

«Перечень видов расходов, связанных с соблюдением обязательных требований, установленных ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», в целях пункта 3.5 статьи 343.2 Налогового Кодекса РФ» [7], [9]. Перечень утвержден распоряжением Правительства РФ от 30 октября 2021 г. № 3092-р [13]. Данные для расчета представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Данные для расчета

Наименование показателя	Условное обозначение	Единица измерения	Значения показателя
остаточная стоимость уничтоженных основных фондов	Soi	руб.	500 000
утилизационная стоимость материальных ценностей	Syi	руб.	100 000
стоимость ремонта и восстановления поврежденных основных фондов	Spi	руб.	500 000
стоимость материальных ценностей i–го вида, годных для дальнейшего использования	Smi	руб.	300 000
число видов товара, которым причинен ущерб в результате аварии	n	ед.	1
ущерб, причиненный продукции предприятия	Пti	руб.	500 000
ущерб, причиненный сырью и материалам	Пcj	руб.	400 000

Продолжение таблицы 24

Наименование показателя	Условное обозначение	Единица измерения	Значения показателя
расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии	Пл	руб.	500 000
расходы на расследование аварии	Пр	руб.	100 000
убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пеней	Пш	руб.	100 000
потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности	Пв.т.р	руб.	300 000
убытки третьих лиц из-за недополученной ими прибыли, руб.	Пн.п.т.л.	руб.	200 000
социально-экономические потери	П _{сэ}	руб.	100 000
расходы по выплате пособий на погребение погибших	Спог	руб.	200 000
расходы на выплату пособий в случае смерти кормильца	Сп.к.	руб.	200 000
расходы на выплату пособий по временной нетрудоспособности	Св	руб.	200 000
заработная плата сотрудников предприятия	Вз.п.	руб./день	1 000 000
доля сотрудников, не использованных на работе	А	%	20
условно-постоянные расходы	Вы.п.	руб./день	100 000
продолжительность простоя объекта	Тпр	дни	7
объем i-го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии	ΔQi		20
средняя оптовая стоимость единицы i-го недопроизведенного продукта на дату аварии	Si	руб.	100 000
средняя себестоимость единицы i-го недопроизведенного продукта на дату аварии	Bi	руб.	80 000
ущерб от загрязнения атмосферы	Эа	руб.	100 000
ущерб от загрязнения водных ресурсов	Эв	руб.	100 000
ущерб от загрязнения почвы	Эп	руб.	100 000
текущие расходы на эксплуатацию сооружения, устройства оборудования	С	руб.	500 000
инвестиции на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности	К	руб.	500 000
нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений	Ен		0,16

Ущерб от аварий на опасных производственных объектах:

$$P_a = P_{п.п.} + P_{сэ} + P_{н.в.} + P_{экол} + P_{л.а.} + P_{в.т.р.}, \quad (2)$$

где $2P_a$ – полный ущерб от аварий, руб.;

« $P_{п.п.}$ – прямые потери организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, руб.;

$P_{сэ}$ – социально–экономические потери, руб.;

$P_{н.в.}$ – косвенный ущерб, руб.;

$P_{экол}$ – экологический ущерб, руб.;

$P_{л.а.}$ – затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии, руб.;

$P_{в.т.р.}$ – потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности, руб.» [34].

Прямые потери от аварий:

$$P_{п.п.} = P_{о.ф.} + P_{т.м.ц.}, \quad (3)$$

где « $P_{о.ф.}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения основных фондов, руб.;

$P_{т.м.ц.}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения товарно–материальных ценностей, руб.;

$P_{им}$ – потери в результате уничтожения или повреждения имущества третьих лиц, руб.» [34].

Потери предприятия от уничтожения или повреждения аварией его основных фондов:

$$P_{о.ф.} = P_{о.ф.у.} + P_{о.ф.п.}, \quad (4)$$

где « $P_{о.ф.у.}$ – потери предприятия в результате уничтожения основных фондов, руб.;

$P_{о.ф.п.}$ – потери предприятия в результате повреждения основных фондов, руб.» [34].

Потери предприятия в результате уничтожения основных фондов:

$$\Pi_{\text{о.ф.у.}} = \sum_{i=1}^n (S_{oi} - (S_{mi} - S_{yi})), \quad (5)$$

где « n – число видов уничтоженных основных фондов;

S_{oi} – стоимость замещения или воспроизводства i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.;

S_{mi} – стоимость материальных ценностей i -го вида, годных для дальнейшего использования, руб.;

S_{yi} – утилизационная стоимость i -го вида уничтоженных основных фондов, руб.» [34].

$$\Pi_{\text{о.ф.у.}} = \sum_{i=1}^n (500\,000 - (300\,000 - 100\,000)) = 300\,000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате повреждения основных фондов:

$$\Pi_{\text{о.ф.п.}} = \sum_{i=1}^n S_{pi}, \quad (6)$$

где « n – число видов поврежденных основных фондов;

S_{pi} – стоимость ремонта i -го вида поврежденных основных фондов, руб.» [34].

$$\Pi_{\text{о.ф.п.}} = 500\,000 \text{ руб.}$$

$$\Pi_{\text{о.ф.}} = 300\,000 + 500\,000 = 800\,000 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате уничтожения или повреждения аварией товарно–материальных ценностей:

$$\Pi_{\text{т.м.ц.}} = \sum_{i=1}^n \Pi_{ti} + \sum_{j=1}^m \Pi_{cj}, \quad (7)$$

где « n – число видов товара, которым причинен ущерб в результате аварии;

P_{ti} – ущерб, причиненный i -му виду продукции, изготавливаемой предприятием, руб.;

m – число видов сырья, которым причинен ущерб в результате аварии;

P_{cj} – ущерб, причиненный j -му виду продукции, приобретенной предприятием, а также сырью и полуфабрикатам, руб.» [34].

$$P_{т.м.ц.} = \sum_{i=1}^n 500\,000 + \sum_{j=1}^m 400\,000 = 900\,000 \text{ руб.}$$

$$P_{п.п.} = 800\,000 + 900\,000 = 1\,700\,000 \text{ руб. ,}$$

Социально–экономические потери:

$$P_{сэ} = P_{г.п.} + P_{т.п.} , \quad (8)$$

где « $P_{г.п.}$ – расходы на компенсации и мероприятия вследствие гибели персонала, руб.;

$P_{т.п.}$ – расходы на компенсации и мероприятия вследствие производственного травматизма персонала, руб.» [34].

Затраты, связанные с гибелью персонала:

$$P_{г.п.} = S_{пог} + S_{п.к.} , \quad (9)$$

где « $S_{пог}$ – расходы по выплате пособий на погребение погибших, руб.;

$S_{п.к.}$ – расходы на выплату пособий в случае смерти кормильца, руб.» [34].

$$P_{г.п.} = 200\,000 + 200\,000 = 400\,000 \text{ руб.}$$

Затраты, связанные с травмированием персонала:

$$P_{т.п.} = S_{в} , \quad (10)$$

где « S_B – расходы на выплату пособий по временной нетрудоспособности, руб.» [34].

$$P_{т.п.} = 200\ 000 \text{ руб.}$$

$$P_{сз} = 400\ 000 + 200\ 000 = 600\ 000 \text{ руб.}$$

Косвенный ущерб вследствие аварий:

$$P_{н.в.} = P_{н.п.} + P_{з.п.} + P_{ш} + P_{н.п.т.л.}, \quad (11)$$

где « $P_{н.п.}$ – часть доходов, недополученных предприятием в результате простоя, руб.;

$P_{з.п.}$ – зарплата и условно–постоянные расходы предприятия за время простоя, руб.;

$P_{ш}$ – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пеней, руб.;

$P_{н.п.т.л.}$ – убытки третьих лиц из–за недополученной ими прибыли, руб.» [34].

Зарплата и условно–постоянные расходы предприятия за время простоя:

$$P_{з.п.} = (V_{з.п.} \cdot A + V_{уп}) \cdot T_{пр}, \quad (12)$$

где « $V_{з.п.}$ – заработная плата сотрудников предприятия, руб/день;

A – доля сотрудников, не использованных на работе;

$V_{уп}$ – условно–постоянные расходы, руб/день;

$T_{пр}$ – продолжительность простоя объекта, дни» [34].

$$P_{з.п.} = (1000\ 000 \cdot 20\% + 100\ 000) \cdot 7 = 2\ 100\ 000 \text{ руб.}$$

Недополученная прибыль в результате простоя:

$$P_{н.п.} = \sum_{i=0}^n \Delta Q_i \cdot (S_i - B_i), \quad (13)$$

где « n – количество видов недопроизведенного продукта (услуги);

ΔQ_i – объем i -го вида продукции, недопроизведенный из-за аварии;

S_i – средняя оптовая стоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.;

B_i – средняя себестоимость единицы i -го недопроизведенного продукта на дату аварии» [34].

$$П_{н.п.} = \sum_{i=0}^n 20 \cdot (100 - 80) = 400 \text{ руб.}$$

$$П_{н.в.} = 400 + 2\,100\,000 + 100\,000 + 200\,000 = 2\,400\,400 \text{ руб.}$$

Экологический ущерб:

$$П_{\text{экол}} = Э_a + Э_v + Э_п, \quad (14)$$

где « $Э_a$ – ущерб от загрязнения атмосферы, руб.;

$Э_v$ – ущерб от загрязнения водных ресурсов;

$Э_п$ – ущерб от загрязнения почвы» [34].

$$П_{\text{экол}} = 100\,000 + 100\,000 + 100\,000 = 300\,000 \text{ руб.}$$

Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии:

$$П_{л.а.} = П_л + П_р, \quad (15)$$

где « $П_л$ – расходы по локализации и ликвидации аварии, руб.;

$П_р$ – расходы на расследование аварии, руб.» [34].

$$П_{л.а.} = 500\,000 + 100\,000 = 600\,000 \text{ руб.}$$

$$П_a = 1\,700\,000 + 100\,000 + 2\,400\,400 + 300\,000 + 600\,000 + 300\,000 = 5\,400\,400 \text{ руб.}$$

Таким образом, ущерб от аварий на ОПО составляет 5 400 400 руб. Рассчитаем экономическую эффективность мероприятий по обеспечению промышленной безопасности. Годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности:

$$\mathcal{E} = \Pi - \mathcal{Z}, \quad (16)$$

где « \mathcal{Z} – величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

Π – ущерб от аварий на ОПО, руб.» [34].

Приведенные затраты:

$$\mathcal{Z} = C + E_n \cdot K, \quad (17)$$

где « C – текущие расходы на эксплуатацию сооружения, устройства оборудования, руб.;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений;

K – инвестиции на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.» [34].

$$\mathcal{Z} = 500\,000 + 0,16 \cdot 500\,000 = 580\,000 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E} = 5\,400\,400 - 580\,000 = 4\,820\,400 \text{ руб.}$$

Общая экономическая эффективность приведенных затрат:

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{E} / \mathcal{Z} \quad (18)$$
$$\mathcal{E}_3 = \frac{4\,820\,400}{580\,000} = 8,3$$

Общая экономическая эффективность инвестиций на реализацию мероприятий по обеспечению промышленной безопасности:

$$\mathcal{E}_k = (\mathcal{E} - C) / K. \quad (19)$$

$$\mathcal{E}_k = \frac{4\,820\,400}{500\,000} = 9,6$$

Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности:

$$T_{ед} = \frac{3}{\mathcal{E}}, \quad (20)$$

где « $T_{ед}$ – срок окупаемости приведенных затрат, год;

3 – величина приведенных затрат на проведение мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.;

\mathcal{E} – годовой экономический эффект от проведения мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, руб.» [34].

$$T_{ед} = \frac{580\,000}{4\,820\,400} = 0,12$$

Выводы: расчет эффективности предложенных мероприятий показал, что срок окупаемости затрат на проведение мероприятий составит 0,12 года, т.е. в течение полутора месяца на предприятии можно будет увидеть возможные спрогнозированные ЧС и провести своевременные мероприятия по устранению неполадок.

Заключение

В первом разделе проведен анализ действующих нормативных требований к осуществлению процесса наливных операций жидкого аммиака. Безопасность процесса наливных операций с жидким аммиаком заключается в соблюдении мер предосторожности и правил безопасности на всех этапах процесса, начиная от подготовки оборудования и заканчивая завершением операции: проверку оборудования на герметичность перед началом операции, использование СИЗ и оборудования для работы с жидким аммиаком, соблюдение правил техники безопасности при работе с опасными веществами, контроль температуры и давления во время операции, обеспечение пожарной безопасности на объекте.

Во втором разделе представлен анализ способа хранения жидкого аммиака, выявлено, что в цехе №11 жидкий аммиак находится в изотермических хранилищах. Требования к теплоизоляции, системам контроля, противоаварийной и противопожарной защиты, средствам и системам пожаротушения, на складе жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11 ПАО «КуйбышевАзот», выполняются в соответствии с нормативными документами. Технологический процесс, осуществляемый в цехе №11, также выполняется в соответствии с требованиями нормативных документов. В разделе идентифицированы ОВПФ, действующие на машинистов компрессорных и холодильных установок. СИЗ для указанных работников на предприятии выполняются в полном объеме.

В третьем разделе в ходе выполнения бакалаврской работы выявлено, что потенциальной опасностью хранения и наливных операций жидкого аммиака являются возможные аварийные проливы и утечки жидкого аммиака. В этой связи, в качестве рекомендации, в разделе предложена система мониторинга и моделирования ЧС при хранении и наливных операций жидкого аммиака, предложенная автором Бобер А., который в своей статье описал опыт внедрения системы прогнозирования. Система позволит не

только выявить утечки аммиака, но и спрогнозировать возможные ЧС. Прогноз возможных аварий позволит своевременно принять меры по устранению неполадок. Для предложенной системы, разработан журнал учета аварийных ситуаций и представлена схема действий при по локализации и ликвидации неисправностей и аварийных ситуаций с цистернами.

В четвёртом разделе составлен реестр профессиональных рисков для рабочих мест склада жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11 ПАО «КуйбышевАзот». Высокий уровень риска для машинистов компрессорных и холодильных установок заключается в неприменении или неправильным использованием СИЗ. По выявленному высокому риску в разделе определены мероприятия по его устранению.

В пятом разделе определена антропогенная нагрузка наливных операций жидкого аммиака на биосферу и представлены результаты ПЭК.

В шестом разделе описаны вероятные аварии и ЧС при наливных операциях аммиака; описаны действия и порядок оповещения при ЧС; составлена таблица ПВР и указаны улицы, по которым пролегает маршрут к ВПР; представлен перечень основных мероприятий, выполняемых службами и должностными лицами объекта; составлен перечень СИЗ при возникновении аварийной ситуации.

Расчет эффективности предложенных мероприятий показал, что срок окупаемости затрат на проведение мероприятий составит 0,12 года, т.е. в течение полутора месяца на предприятии можно будет увидеть возможные спрогнозированные ЧС и провести своевременные мероприятия по устранению неполадок.

Список используемых источников

1 Акимов А.Г. Возможность применения пенообразователей в стационарных системах подавления испарения жидкого аммиака при авариях // журнал «Безопасность труда в промышленности», 2019. №9. С.32–40.

2 Аммиак безводный сжиженный [Электронный ресурс] : Межгосударственный стандарт ГОСТ 6221–90, группа Л11. Технические условия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200018926?ysclid=lu51qwf9s1857062849> (дата обращения: 24.03.2024).

3 Бобер А. Внедрение системы мониторинга, моделирования и прогнозирования, на производстве и складе жидкого аммиака [Электронный ресурс] : Опыт внедрения системы прогнозирования Urban Security Group. URL: <https://urbansecurity.ru/company/articles/vnedrenie-monitoringa-ammiaka?ysclid=lu8mha2e9n504317121> (дата обращения: 26.03.2024).

4 Ведомственные указания по проектированию железнодорожных сливо–наливных эстакад легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и сжиженных углеводородных газов [Электронный ресурс] : ВУП СНЭ–87 (утв. Приказом Миннефтехимпрома СССР от 17.07.1986 № 685). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200031735?ysclid=lu88lt79wj257829936> (дата обращения: 26.03.2024).

5 Декларация пожарной безопасности склада аммиака (изотермическое хранилище) ПАО «КуйбышевАзот», г. Тольятти, 2023 г. 56 с.

6 Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте [Электронный ресурс] : РД 52.04.253–90. (утв. Штабом ГО СССР, Госкомгидрометом СССР 23.03.1990). URL: <https://05.mchs.gov.ru/deyatelnost/napravleniya-deyatelnosti/grazhdanskaya-zashchita/7-organizaciya-meropriyatij-radiacionnoy-himicheskoy-i-biologicheskoy-zashchity-naseleniya-i-territoriy/7->

2–metodicheskie–rekomentacii–po–realizacii–zadach–i–funkciy/metodika–prognozirovaniya–masshtabov–zarazheniya–silnodeystvuyushchimi–yadovitymi–veshchestvami–pri–avariyah–razrusheniyah–na–himicheski–opasnyh–obektah–i–transporte?ysclid=lu8p4nuukq704839880 (дата обращения: 24.03.2024).

7 Налоговый кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон № 117–ФЗ (часть вторая) от 05.08.2000 г. (ред. от 23.03.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 26.03.2024). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/ (дата обращения: 27.03.2024).

8 О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 № 794 (ред. от 16.02.2023). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45914/ (дата обращения: 24.03.2024).

9 О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.07.1997 № 116–ФЗ (ред. от 14.11.2023). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (дата обращения: 24.03.2024).

10 Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.08.1995 № 151–ФЗ (ред. от 14.07.2022). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_7746/ (дата обращения: 24.03.2024).

11 Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7–ФЗ (ред. от 25.12.2023). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823 (дата обращения: 24.03.2024).

12 Об утверждении и введении в действие Методических указаний о порядке проверки деятельности организаций, эксплуатирующих объекты транспортирования опасных веществ [Электронный ресурс] : Приказ

Ростехнадзора от 08.11.2007 № 759 (вместе с «Методическими указаниями... РД–14–03–2007»). Правила безопасности при эксплуатации железнодорожных вагонов–цистерн для перевозки жидкого аммиака (ПБ 03–557–03). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_238291/ (дата обращения: 26.03.2024).

13 Об утверждении перечня видов расходов, связанных с соблюдением обязательных требований, установленных Федеральным законом «Об охране окружающей среды» и Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [Электронный ресурс] : Распоряжение Правительства РФ от 30.10.2021 № 3092–р. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_399905/ (дата обращения: 27.03.2024).

14 Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды и признании утратившими силу некоторых Постановлений Правительства РФ [Электронный ресурс] : Распоряжение Правительства РФ от 20.10.2023 № 2909–р (ред. от 23.12.2023). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=463555&ysclid=1u8306kq79504235245> (дата обращения: 24.03.2024).

15 Об утверждении Положения об организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 01.10.2014 № 543 (ред. от 31.07.2017 (Зарегистрировано в Минюсте России 02.03.2015 № 36320). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_176058/ (дата обращения: 24.03.2024).

16 Об утверждении Порядка создания нештатных аварийно–спасательных формирований [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 23.12.2005 № 999 (ред. от 23.12.2022) (Зарегистрировано в Минюсте России 19.01.2006 № 7383). URL:

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_57986/ (дата обращения: 26.03.2024).

17 Об утверждении Правил по охране труда при использовании отдельных видов химических веществ и материалов, при химической чистке, стирке, обеззараживании и дезактивации [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 27.11.2020 № 834н (Зарегистрировано в Минюсте России 22.12.2020 № 61680). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=379419&ysclid=1u5qhur2c939711102> (дата обращения: 24.03.2024).

18 Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н (Зарегистрировано в Минюсте России 14.12.2021 № 66318). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_403335/ (дата обращения: 24.03.2024).

19 Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_406016/ (дата обращения: 24.03.2024).

20 Об утверждении свода правил «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 31.08.2020 № 628 (вместе с «СП 485.1311500.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования»). URL: https://34.mchs.gov.ru/uploads/resource/2021-09-01/13-2-1-3-svody-pravil_16305053711358602544.pdf?ysclid=lu89fxhd5t73554635 (дата обращения: 24.03.2024).

21 Об утверждении свода правил «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности» [Электронный ресурс] : Приказ МЧС

России от 26.12.2013 № 837 (ред. от 09.03.2017), (вместе с «СП 155.13130.2014. Свод правил...»). URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70486964/?ysclid=lu88ict0s0140960396> (дата обращения: 24.03.2024).

22 Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам химических производств, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением [Электронный ресурс] : Приказ Минздравсоцразвития России от 11.08.2011 № 906н (ред. от 20.02.2014) (Зарегистрировано в Минюсте России 05.09.2011 № 21737). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_119269 (дата обращения: 24.03.2024).

23 Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности химически опасных производственных объектов» [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 07.12.2020 № 500 (Зарегистрировано в Минюсте России 22.12.2020 № 61706). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372180/ (дата обращения: 24.03.2024).

24 Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» [Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 533 (Зарегистрировано в Минюсте России 25.12.2020 № 61808). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372396/ (дата обращения: 24.03.2024).

25 Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением»

[Электронный ресурс] : Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 536 (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2020 № 61998). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373204/ (дата обращения: 24.03.2024).

26 Общие санитарно–гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Электронный ресурс]: ГОСТ 12.1.005–88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29.09.1988 № 3388) (ред. от 20.06.2000). 4. Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_136698 (дата обращения: 24.03.2024).

27 План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий ПМЛПА–1 ОПО цеха №11 ПАО «КуйбышевАзот». г. Тольятти, 2023. 48 с.

28 Постановление Администрации городского округа Тольятти Самарской области от 14.7.2023 № 2254–п/1 «О звене городского округа Тольятти территориальной подсистемы Самарской области единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», г. Тольятти, 2023. 29 с.

29 Постоянный технический регламент ТР–11–2 склада жидкого аммиака с изотермическим резервуаром цеха №11. ПАО КуйбышевАзот, г. Тольятти, 2022. 159 с.

30 Рекомендации по тушению полярных жидкостей в резервуарах», ПАО «КуйбышевАзот», г. Тольятти, 2024 г. 37 с.

31 Система стандартов безопасности труда «Опасные и вредные производственные факторы» [Электронный ресурс]: Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.003–2015. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071?ysclid=lu02vixv64114312918> (дата обращения: 24.03.2024).

32 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [Электронный ресурс]: ГОСТ 12.1.007–76. Межгосударственный стандарт (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 10.03.1976 № 579) (ред. от 28.03.1990). URL: [https://fpieco.ru/media/uploads/images/gost_12.1.007–76.pdf?ysclid=lu8so2cgi737970924](https://fpieco.ru/media/uploads/images/gost_12.1.007-76.pdf?ysclid=lu8so2cgi737970924) (дата обращения: 24.03.2024).

33 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 12.3.047–2012. Национальный стандарт Российской Федерации. (утв. и введены в действие Приказом Росстандарта от 27.12.2012 № 1971-ст). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103505?ysclid=lu88kdx0nn225179471> (дата обращения: 24.03.2024).

34 Фрезе Т.Ю. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности. Выполнение раздела выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» : электронное учебно-методическое пособие / Т.Ю. Фрезе. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2022. 1 оптический диск.

35 Abdani A.G., Nor M.A., and Mohamad-Ibrani S.A. Modeling of ammonia emissions as a measure to maintain safety during bulk operations // Conference «Social sciences & humanities conference 2022 (SSHR 22)». Kuching, Sarawak, Malaysia. June 2022. P. 3-14.

36 Britter R.E. Atmospheric dispersion of dense gases // Atmospheric dispersion of ammonia gases. 2019. Vol. 21. P. 317-344.

37 Hassan C., Puvaneswaran B., Raman A., Mahmood N., Hung F., Sulaiman N.A. Case study of the analysis of the consequences of ammonia drilling operations in a tank using soft computer model // Journal of Safety Health & Environment Research, №6, 2022. P.1-19.

38 Lee H.E., Sohn, J.R., Byeon S.H., Yoon S.J., Moon K.W. Alternative risk assessment for hazardous chemicals during tank filling and storage //

International Journal of Environmental Research and Public Health, №15(8), 2023.
P.1-12.

39 Murphy D. B. Ammonia: toxicological review and ensuring the safety of personnel // Offshore Research Focus. 2019. № 15(1). P. 117-123.