

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Департамент бакалавриата

(наименование)

20.03.01 «Техносферная безопасность»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Пожарная безопасность»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему: Прогнозирование и оценка химической обстановки при авариях
(разрушениях) на химически опасном объекте

Студент

А.И. Кириллова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

И.Г. Алтынбаев

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

Консультанты

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

А.В. Москалюк

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

Тольятти 2021

Abstract

This graduation work deals with prediction and assessment of the chemical situation during accidents destruction at chemically hazardous facilities.

The aim of the work is to give some information about facilities with the presence of emergency chemical hazardous substances on the territory of the city of Togliatti, general characteristics of the most dangerous gasps, as well as statistics of accidents with the release of gasps.

The object of the graduation work is PAO Togliattiazot. On the example of this chemically hazardous object, a forecast of the chemical situation in an accident is presented, the depth and area of contamination in an accident are calculated and possible human losses in the focus of damage are determined.

The main measures for the protection of the population and personnel at a chemically hazardous facility containing ammonia in the event of an accident are presented and the issue of labor protection of employees of the federal fire service of the State Fire Service, involved in conducting hostilities to extinguish fires, liquidating emergencies, for conducting exercises and training at facilities with the content of ammonia, the procedure for providing the personnel of fire protection units with personal protective equipment is presented.

The issue of environmental protection and ecological safety is disclosed, an assessment of the anthropogenic impact of an object with an ammonia content on the environment in case of fires, accidents, and also when organizing fire extinguishing is carried out, a scheme of recommended methods and means of reducing the anthropogenic impact of an object with an ammonia content on the environment in case of fires and Emergency.

The concluding section evaluates the effectiveness of measures to ensure technosphere safety.

In the conclusion, a conclusion on the work done is presented.

The total amount of work is: 70 pages, 11 tables and 4 figures.

Аннотация

На сегодняшний день в России актуальна проблема безопасности различных сфер человеческой деятельности. Появляется термин техносферной безопасности как комплекса различных ее видов. Тема выпускной квалификационной работы: «прогнозирование и оценка химической обстановки при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах».

В первом разделе перечислены объекты с наличием аварийных химических опасных веществ (далее – АХОВ) на территории г.о. Тольятти, общая характеристика наиболее опасных ахов, а также статистические данные аварий с выбросом ахов.

Во втором разделе представлены общие сведения об аммиаке, о его воздействии на человека, рассмотрены причины возникновения аварий с выбросами аммиака, а также описаны способы транспортировки аммиака [1].

В третьем разделе представлен прогноз химической обстановки при аварии на химически опасном объекте ПАО «Тольяттиазот» с содержанием аммиака, расположенного на территории г.о. Тольятти по адресу: Поволжское шоссе, 32, произведен расчёт глубины и площади заражения при аварии, определены возможные людские потери в очаге поражения.

В четвёртом разделе приведены основные мероприятия по защите населения и персонала на химически опасном объекте с содержанием аммиака при аварии и рассматриваются мероприятия, осуществляемые на объекте для ликвидации последствий ЧС на объекте.

В пятом разделе раскрыт вопрос охраны труда сотрудников федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы, привлечённых к ведению боевых действий по тушению пожаров, ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС), для проведения учений и тренировок на объектах с АХОВ (с содержанием аммиака), а также

представлен порядок обеспечения личного состава подразделений пожарной охраны средствами индивидуальной защиты (далее – СИЗ).

В шестом разделе работы раскрыт вопрос охраны окружающей среды и экологической безопасности, выполнена оценка антропогенного воздействия объекта с АХОВ (с содержанием аммиака) на окружающую среду при пожарах, авариях, а также при организации пожаротушения, предложена схема рекомендуемых методов и средств снижения антропогенного воздействия объекта с АХОВ (с содержанием аммиака) на окружающую среду при пожарах и ЧС [14].

В седьмом разделе рассчитана оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

В заключении представлен вывод по проделанной работе, результаты расчетов глубины зоны заражения и примерные потери людей в очаге заражения.

Общий объем работы составляет: 70 страниц, 11 таблиц и 4 рисунка.

Содержание

Введение.....	7
1 Объекты с наличием АХОВ на территории г.о. Тольятти.....	9
1.1 Общая характеристика наиболее опасных АХОВ.....	10
1.2 Статистические данные аварий с выбросом АХОВ.....	16
2 Аммиак. Общие сведения.....	21
2.1 Воздействие аммиака на человека.....	21
2.2 Причины возникновения аварий с выбросом аммиака.....	22
2.3 Способы транспортировки аммиака.....	23
3 Прогнозирование химической обстановки при аварии на химически опасном объекте.....	25
3.1 Расчёт глубины заражения при аварии на химически опасном объекте ..	32
3.2 Определение площади заражения АХОВ.....	33
3.3 Определение возможных потерь людей в очаге поражения.....	34
4 Основные мероприятия по защите населения и персонала в случае аварии на химически опасном объекте.....	37
5 Охрана труда (организация работы подразделений МЧС России на пожарах, учениях с учётом соблюдения правил по охране труда, разработка процедуры обеспечения личного состава подразделений средствами индивидуальной защиты).....	39
6 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность (оценка антропогенного воздействия объекта на окружающую среду при авариях и пожарах, при организации пожаротушения, схема рекомендуемых методов и средств снижения антропогенного воздействия объекта на окружающую среду при пожарах и ЧС).....	47
7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.....	49
Определение интегрального эффекта от противопожарных мероприятий	53
Заключение.....	54

Список используемых источников.....	57
Приложение А Эквивалентное количество АХОВ.....	61
Приложение Б Характеристики АХОВ и вспомогательные коэффициенты для определения глубины зоны заражения	63
Приложение В Значение коэффициента K_4 в зависимости от скорости ветра	66
Приложение Г Скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха в зависимости от скорости ветра.....	67
Приложение Д Возможные потери людей в очаге поражения.....	68
Приложение Е Процент пораженных при отсутствии средств защиты во время распространения первичного облака	69
Приложение Ж Средняя удельная смертность людей для некоторых АХОВ	70

Введение

В повседневной жизни человек сталкивается с несколькими десятками тысяч химических веществ - они входят в состав воздуха, воды, пищи, из них состоят все окружающие нас предметы. На сегодняшний день насчитывается около 10 тыс. химических веществ, которые постоянно попадают в организм человека, например, с воздухом, водой, продуктами питания, лекарствами, косметическими препаратами. В основном в небольших концентрациях этих веществ, поэтому они не опасны для здоровья человека. Около 500 химических веществ представляют угрозу для человека при случайном или преднамеренном употреблении.

«Химически опасный объект (ХОО) – опасный производственный объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества, при аварии на котором или при разрушении которого может произойти гибель или химическое поражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды» [1].

При ЧС с выбросом АХОВ могут произойти поражения людей животных и растений массового масштаба, так как при авариях и катастрофах АХОВ могут попасть в окружающую природную среду, в результате разрушения трубопроводов, цистерн или резервуаров, поломки оборудования, нарушения технологии проведения работ, транспортных аварий, стихийных бедствий, при бесконтрольном сбрасывании химических веществ в моря и океаны, выбросах в атмосферу.

Прогнозирование и оценка химической обстановки при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах – это комплекс заблаговременных мер по расчёту и анализу возможной обстановки на территории, попадающей в зону заражения аварийными химическими опасными веществами (далее – АХОВ), возникшего в результате пожара, аварии или нанесения удара по объектам с АХОВ.

Работа по прогнозированию и оценке химической обстановки при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах отображается в Планах гражданской обороны (далее – План ГО), разрабатываемых Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее – МЧС России), где определяется объем, организация, порядок, способы и сроки выполнения мероприятий по приведению в готовность сил и средств гражданской обороны при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Город Тольятти является крупным промышленным городом, на территории которого располагается множество потенциально опасных объектов с обращением и хранением АХОВ, таких как: АО «АВТОВАЗ», ООО Мясокомбинат «Автозаводский», ООО «Тольяттикаучук», ПАО «Куйбышевазот», ООО «Тольяттиазот», ПАО «Трансаммиак», база хлора на АО «АВТОВАЗ» и другие объекты, где авария или крупный пожар, возникшие в результате чрезвычайной ситуации (далее – ЧС) или вследствие ведения военных действий при военных конфликтах с использованием вероятным противником современных средств поражения, могут привести к крупномасштабной техногенной, социальной и экологической катастрофе. Следовательно, вопрос прогнозирования и оценки химической обстановки при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах является очень актуальным для нашего города.

1 Объекты с наличием АХОВ на территории г.о. Тольятти

Обороты химических предприятий огромны и значительны в своих масштабах. Тем самым очевидно, что все химические предприятия нуждаются в обеспечении безопасности работников, также населения городов. Химические предприятия, как правило, относят к потенциально-опасным объектам, ведь аварии и нарушение технологического процесса на данных объектах несут за собой огромные отягчающие последствия в виде ущерба жизни и здоровью людей, окружающей среде и материальным затратам в десятки, миллионы рублей.

На территории городского округа Тольятти Автозаводского района расположены следующие потенциально-опасные химические объекты:

- ОА «АВТОВАЗ» с содержанием аммиака – 3,7 тонн, лакокраски - 85,5 тонн, кислоты – 8,9 тонн и ацетилен в количестве 50 баллонов;

- ООО Мясокомбинат «Автозаводский» с содержанием аммиака – 4 тонны.

На территории городского округа Тольятти Центрального района расположены:

- ОАО «КуйбышевАЗОТ», осуществляет производство минеральных удобрений, карбамида, аммиака, аммиачно - кальцевой селитры, капролактана, полиамида-6;

- ОАО «Тольяттинский трансформатор», применяет в технологии газообразные вещества: природный газ; жидкие вещества: трансформаторное масло;

- ООО «Тольяттикаучук» применяет в технологии газообразные вещества: будан, бутилен, изобутилен, пропан, метан, этилен, формальдегид; жидкие вещества: ацетон, ацетонитрил, метанол, изопрен, дифенил, стирол, альфаметилстирол, дивинил, меркаптан, диметил-диоксан, дифенилоксид, гипериз, ТИБА, толуол, А-92, аммиак, латекс, бензол, дифениламин, этанол,

40% формалин, а также твердые вещества: канифоль, порофор, синтетический каучук.

- «Тольяттинская ТЭЦ», применяет в технологии производства газообразные вещества: природный газ, водород; жидкие вещества: турбинное масло, мазут; твердые вещества: каменный уголь.

На территории городского округа Тольятти Комсомольского района расположены:

- расходный склад жидкого хлора цеха газоснабжения и сжатого воздуха энергетического производства ПАО «АВТОВАЗ»;

- ПАО «Трансаммиак» занимается транспортом химического продукта - аммиака;

- ПАО «Тольяттиазот» основной вид деятельности - выпуск минеральных удобрений: аммиака, карбамида и КФК. Крупнейший в мире производитель аммиака, на примере которого мы рассмотрим наиболее опасные АХОВ.

1.1 Общая характеристика наиболее опасных АХОВ

«Тольяттиазот» — единственное в мире химическое предприятие, способное производить ежегодно около 3-х миллионов тонн аммиака.

Производство аммиака на агрегатах американской фирмы «Кемико» состоит из двух цехов, в каждый из которых входят по два агрегата аммиака. В состав цеха № 01А входят агрегаты аммиака № 1 и № 2. В состав цеха № 03А входят агрегаты аммиака № 3 и № 4.

Агрегат аммиака «Кемико» предназначен для получения 1360 тонн в сутки аммиака с давлением 20-25 атм. и температурой - 14°С. Производство аммиака АМ-76 состоит из трех цехов, в каждый из которых входят по одному агрегату аммиака. В состав цеха № 05А входит агрегат аммиака № 5. В состав цеха № 06А и 07А входят агрегаты аммиака № 6 и № 7.

Агрегат аммиака АМ-76 предназначен для получения 135 тонн в сутки аммиака с давлением 20 кгс/см² и температурой - 14°С.

На территории склада жидкого аммиака № 13 размещаются:

- сферические резервуары Т-01А, В – предназначены для буферного хранения жидкого аммиака с последующей подачей его в аммиакопровод и загрузки в ж/д цистерны. Сферический резервуар диаметром 15635 мм, изоляция – полиуретан, емкость – 2001 м³, полезная емкость (при коэффициенте заполнения 0,85) – 1700 м³. Рабочее давление не более 4 атм, расчетное давление 5,25 атм. Температура хранимого аммиака от 0 до +4°С, расчетная температура +10 – минус 33°С. Максимальная высота налива 11800 мм. Категория пожарной опасности – А, класс зон по ПУЭ – В-1г;

- изотермические резервуары Т-02А, В – хранилища жидкого аммиака под атмосферным давлением, предназначенные для длительного хранения аммиака. Представляют собой вертикальные цилиндрические резервуары с плоским днищем и подвесной крышей. Высота цилиндрической части резервуаров 33650 мм, высота крыши 7280 мм, диаметр – 41500 мм, емкость – 44000 м³. Изоляция днища из ячеистого стекла, изоляция подвесной крыши – стекловолокно, изоляция цилиндрической части – полиуретан. Рабочее давление 0,03-0,074 атм, расчетное давление 0,1 атм. Температура хранимого аммиака от + 24 до минус 33°С, расчетная температура +33 – минус 35°С. Максимальная высота налива 27100 мм. Категория пожарной опасности – А, класс зон по ПУЭ – В-1г;

- наружная аммиачно-холодильная установка (АХУ) – представляет собой воздушный холодильник А-01, предназначенный для охлаждения и конденсации газообразного аммиака. Категория взрывопожарной опасности – В, класс зон по ПУЭ – В-1г.

Холодильник состоит из 6-ти трубных секций. Высота 4000 мм, ширина 88500 мм, длина 18000 мм. Тепловая нагрузка 5,068 х 10 ккал/час, производительность по аммиаку 16164 кг/час. Трубное пространство: среда – жидкий, газообразный аммиак, давление не более 14,82 атм, температура на

входе – 124 °С, на выходе – 40 °С, Межтрубное пространство: среда – воздух, в комплекте центробежные вентиляторы с электродвигателями. Для регулирования давления конденсации предусмотрен впрыск воды или подогрев воздуха паром;

- здание компрессорной и ЦПУ, где размещены: компрессора К-01А, В цикла заполнения; компрессора К-02А, В – поддержания холода; компрессора К-03А, В – воздуха КИПиА; помещение ЦПУ; подстанция № 33; трансформаторная и аккумуляторная. Отделение компрессии расположено в одноэтажном пристрое к 2-х этажному административно-бытовому зданию с ЦПУ. Стены пристроя выполнены из сборных ж/б панелей, колонны и фермы ж/б, покрытие ж/б плиты, кровля – 3 слоя рубероида на битумной мастике. Высота пристроя 13,5 м, длина 36 м, ширина 18 м. Вентиляция приточная и вытяжная (аварийная) Отопление воздушное. Связь – телефонная и АПС. Компрессорное отделение предназначено для поддержания холода в изотермических хранилищах. Категория пожарной опасности – Б, класс по ПУЭ – В-1б.

- сливо-наливная эстакада жидкого аммиака – предназначена для налива жидкого аммиака в ж/д цистерны и слива из них, грузоподъемностью 30,7 т, 45 т, 92 т. Эстакада имеет 48 точек для наполнения цистерн и состоит из двухсторонних эстакад по 12 точек с каждой стороны. Пульт управления сливо-наливной эстакады расположен на ЦПУ. Категория взрывопожарной опасности – Ан, класс зон по ПУЭ – В-1г.

«Аммиак – бесцветный газ с резким запахом нашатырного спирта, в 1,7 раза легче воздуха, хорошо растворяется в воде» [19]. Температура плавления аммиака - 78 °С, температура кипения - 33 °С, температура самовоспламенения - 650 °С, предельно допустимая концентрация аммиака среднесуточная и максимально разовая в воздухе – 0,2 мг/м³. По степени воздействия на организм относится к малоопасным веществам – 4 класс опасности. Наиболее целесообразное средство тушение пожара – вода, пена. Способ тушения – охлаждение емкостей водой, паро - водяными струями,

создаваемыми ручными стволами, подаваемыми от пожарных автоцистерн, установленных на пожарные гидранты. В качестве средств защиты можно использовать защитный костюм «Трельчим», дыхательный аппарат на сжатом воздухе ПТС «ПРОФИ», промышленные противогазы [5].

В процессе производства аммиака используется природный газ, на территории содержится порядка 5 м^3 .

Природный газ - газ без цвета, запаха и вкуса, легче воздуха, горит бесцветным пламенем. Смесь углеводородов, добываемая из осадочных горных пород земли, представляет собой смесь следующего состава:

- метан - 83,6-98,7 %;
- этан - 0,15-8,4 %;
- пропан - 0,06-2,6 %;
- азот - до 7 %;
- углекислый газ - 0,03-2,5 %;
- сераорганические соединения - до 80 мг/м^3 .

Природный газ не имеет токсического влияния на организм человека, поскольку он мало растворяется в крови, но, смешиваясь с воздухом, значительно уменьшает содержание в нем кислорода. С воздухом образует взрывоопасную смесь. Температура воспламенения – 184°C , температура самовоспламенения - 537°C , предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны по углеводородам максимально разовая - 900 мг/м^3 , среднесменная - 300 мг/м^3 . Природный газ относят к веществам 4-го класса опасности. В качестве прекращения горения используется ВМП или продувка азотом – технология, применяемая в нефтегазовой сфере для понижения кислородного уровня после осушки трубопровода, пневмоиспытаний, проверки, профилактики и ремонта трубопроводов, факельных линий, технологического оборудования и резервуаров. В качестве средств индивидуальной защиты используют костюм «ТОК 200», аппарат дыхательный АП-96 [5].

В системе смазки компрессоров используется масло ТП-22. На территории находится около 72 тонн.

Масло ТП-22 - вязкая горючая жидкость. Умеренно опасная по воздействию на организм человека по параметрам токсикометрии горючая жидкость. Обладает умеренным раздражающим действием на кожу, слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. Температура воспламенения - 184°C. Температура самовоспламенения - 400°C. Масло по степени воздействия на организм относится к 4-ому классу опасности. В качестве прекращения горения используются ВМП, порошки, преимущественно общего применения. В качестве средств индивидуальной защиты используют костюм «Трельчим», Л1, СИЗОД [5].

На территории располагается склад метанола, который предназначен для приема, хранения и отгрузки товарного метанола. Склад состоит из: резервуарного парка, здания центрального пункта управления с насосной; наливной эстакады. В резервуарном парке расположены резервуары в железобетонном поддоне, рассчитанном на хранение 44000 м³ метанола. Насосная рассчитана на 5 м³ метанола.

«Метанол — это один из наиболее важных по значению продуктов химической промышленности. Год от года стремительно растут объемы его потребления, существенно совершенствуются технологии производства: этот важный ингредиент уже сейчас используют не только для производства множества предметов нашей повседневной жизни, но и как экологически чистое и конкурентоспособное альтернативное топливо» [8]. «Выглядит метанол как прозрачная жидкость со спиртовым запахом. Его можно получить практически из всего, что является или когда-то было растением, в том числе из угля и природного газа. Он часто встречается в природе и даже вырабатывается в организме человека в очень небольших количествах. Важные свойства метанола — хорошая растворимость в воде и низкая температура замерзания» [8]. Отравление парами метанола характеризуется симптомами: раздражения слизистой оболочки конъюнктивы и верхних

дыхательных путей; слабостью; головными болями. Температура плавления - -97°C , температура кипения – $64,7^{\circ}\text{C}$, температура воспламенения – 13°C , температура самовоспламенения – 440°C . Предельно допустимая концентрация метанола в воздухе рабочей зоны максимально-разовая равна 15 мг/м^3 и среднесменная -5 мг/м^3 . Огнетушащие вещества – вода, воздушно – механическая пена, порошки преимущественно ПСБ и ПФ. В качестве средств защиты можно использовать защитный костюм Л1, «ТОК 200» и СИЗОД (противогазы, респираторы) [5].

Производство карбамида включает в себя два агрегата производительностью 480000 тонн в год каждый. На складе предусмотрено бестарное хранение карбамида - 450000 тонн. Карбамид (мочевина) - горючее бесцветное, кристаллическое вещество, не имеющее запаха. Очень хорошо растворяется в воде. Карбамид по влиянию на организм человека признан безопасным. Это вещество в прошлом было широко распространено как дегидратирующее и мочегонное средство, которое использовалось при отеках легких, мозга, а также в случае повышенного внутриглазного давления.

Температура плавления – $132,7^{\circ}\text{C}$, температура кипения - 174°C , температура самовоспламенения – 640°C . Дым содержит токсичные пары, предельная допустимая концентрация в воздухе – 10 мг/м^3 (пыль). В качестве тушения используют компактные и распыленные струи воды. В качестве средств индивидуальной защиты применяют респираторы и резинокотажные перчатки [5].

В корпусе водоподготовки и производства аммиака находится порядка 100 тонн серной кислоты. «Серная кислота - сильная двухосновная кислота, отвечающая высшей степени окисления серы. При обычных условиях концентрированная серная кислота — тяжёлая маслянистая жидкость без цвета и запаха, с сильноокислым «медным» вкусом, не горюча, едкая, пожароопасная жидкость» [17]. Температура плавления – $10,38^{\circ}\text{C}$, температура кипения – 337°C . При отравлении парами серной кислоты

возникает раздражение и ожог глаз, слизистых оболочек носоглотки, гортани, носовые кровотечения, боль в горле, охриплость голоса из-за спазма голосовой щели. При этом особенно опасны отеки гортани и легких. При попадании серной кислоты на кожу возникают химические ожоги, глубина и тяжесть которых определяются концентрацией кислоты и площадью ожога.

В качестве прекращения горения используется воздушно механическая пена, пески, порошки. В качестве средств индивидуальной защиты используют одежду из кислотоустойчивой ткани, прорезиненные фартуки, резиновые сапоги, резиновые кислото и щелочестойкие перчатки или рукавицы, защитные очки или маски и щитки из оргстекла, фильтрующие противогазы и шланговые противогазы [5].

1.2 Статистические данные аварий с выбросом АХОВ

Химической аварией называется авария на химически опасном объекте, сопровождающаяся разливом или выбросом опасных химических веществ. В результате химической аварии с выбросом АХОВ происходит распространение опасных химических веществ в окружающей природной среде в концентрациях или количествах, создающих угрозу для людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени. Это называется химическим заражением. При химических авариях АХОВ распространяются в виде газов, паров, аэрозолей и жидкостей.

В России в настоящее время функционирует свыше 10 тысяч потенциально опасных химических объектов, большинство из которых устарело и несет реальную угрозу для населения. Обратимся к статистике аварий с выбросом АХОВ. На плакате №2 (рисунок №1) изображены 2 диаграммы и 2 гистограммы, раскрывающие перед нами статистические данные аварий с выбросом АХОВ, рассмотрим их последовательно:

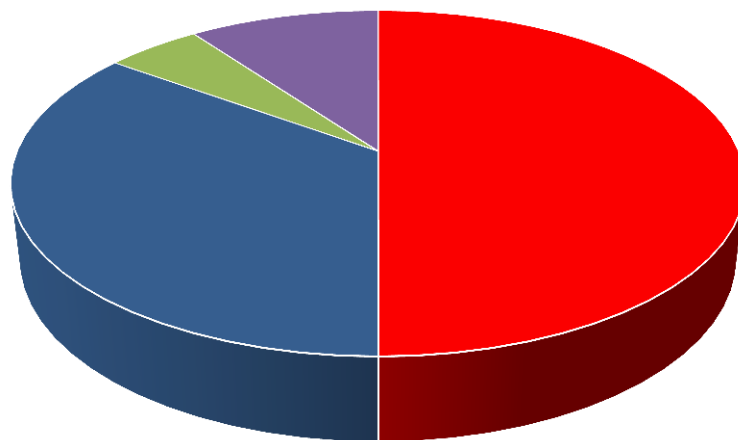
На рисунке 1 изображена диаграмма: по статистике МЧС России АХОВ распределяются по ХОО в следующем порядке: 50% аммиак, 35% хлор, 5% соляная кислота и 10% другие АХОВ.

На рисунке 2 изображена диаграмма, отображающая характер повреждений при авариях с выбросом АХОВ. Среди основных поражающих факторов при авариях на химически опасных объектах можно выделить следующие: непосредственное действие химического вещества, травматические повреждения вследствие взрывов и обрушений, при сопутствующих пожарах ожоги вследствие воздействия высоких температур, а также комбинированные повреждения.

На рисунке 3 гистограмма, показывающая количество ХОО по регионам Российской Федерации. На территории Центрального федерального округа расположено порядка 787 объектов, на территории Северо-кавказского федерального округа расположено 749 объектов, на территории Приволжского федерального округа расположено 492 объекта, на территории Западно-сибирского федерального округа расположено 396 объектов, на территории Уральского федерального округа расположено 372, на территории Северо-западного федерального округа расположен 351 объект, на территории Дальневосточного федерального округа расположено 329 объектов, на территории Восточно-сибирского федерального округа расположено 104 объекта и на территории Забайкальского федерального округа расположено 73 объекта.

На рисунке 4 гистограмма, где отображены основные причины возникновения аварий с выбросом ахов. Анализ основных причин аварий, происшедших на ХОО, позволил выделить следующие взаимосвязанные группы ЧС, вызванные: - отказами (неполадками) оборудования (47%); - ошибочными действиями персонала, такими как нарушение технологической дисциплины - (28%) и нарушение правил и техники безопасности при ведении опасных работ (13%) - нарушение при пуске установок (5%). - неработоспособность пожарной автоматики (5%), - прочие причины (2%).

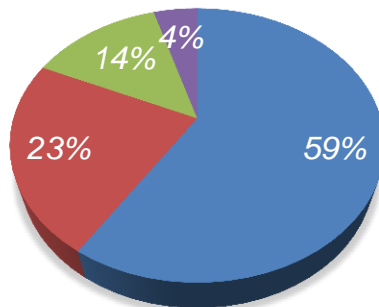
Распределение АХОВ по химически опасным объектам



■ аммиак ■ хлор ■ соляная кислота ■ другие АХОВ

Рисунок 1 – Распределение АХОВ по химически опасным объектам

Характер повреждений при авариях с выбросом АХОВ



■ Поражение АХОВ ■ Травматические повреждения
■ Ожоги ■ Комбинированные поражения

Рисунок 2 – Характер повреждений при авариях с выбросом АХОВ



Рисунок 3 -Количество химически опасных объектов по регионам РФ

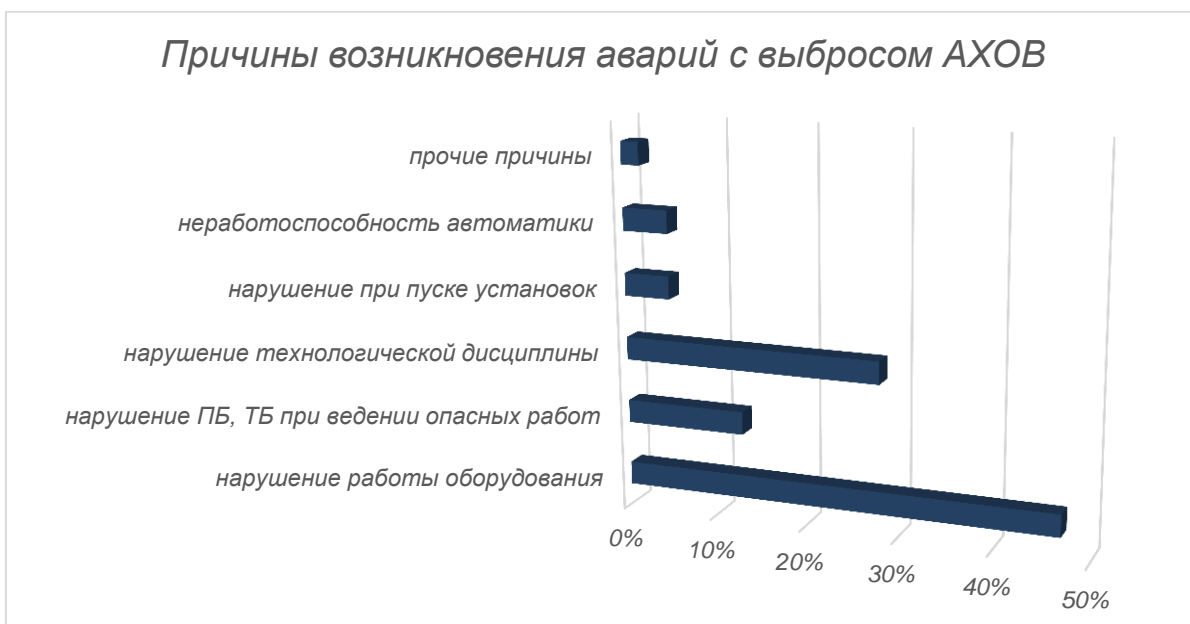


Рисунок 4 – Причины возникновения аварий с выбросом АХОВ

Выброс многообразных токсических веществ при авариях на химически опасных объектах способствуют возникновению значительной угрозы. Масштабы последствий этих аварий носят самый разнообразный характер, и могут быть от локальных до катастрофических, и в большой степени зависят от типа химически опасного объекта, видов АХОВ, количества, условий хранения, характера аварии и метеоусловий. Основным поражающим фактором при такой аварии является химическое заражение,

глубина зоны которого может достигать до десятков километров. При больших концентрациях отравляющих веществ вероятно поражение людей в короткие сроки. Отличительной особенностью, является то, что аварии на химически опасных объектах могут сопровождаться взрывами и пожарами. Наибольшее количество химически опасных объектов расположено в Центральном и Северо-Кавказском округах. Изучив краткие сведения о технологии производства, на котором хранятся и используются АХОВ, можно сделать вывод, что наиболее распространенным химическим веществом на химически опасных объектах является аммиак, а основными причинами аварий на химически опасных объектах стали нарушение работы оборудования и нарушение технологии дисциплины [23].

2 Аммиак. Общие сведения

Аммиак (NH_3) - токсичное горючее газообразное вещество, горит при наличии постоянного источника огня при пожаре. При горении выделяет азот и водяной пар. обладающее свойством образовывать при контакте с воздухом взрывоопасную смесь. «Аммиак выпускается в жидком виде или в виде водного раствора – аммиачной воды, которая обычно содержит 25% аммиака. В огромных количествах аммиак используются для получения азотной кислоты, которая идет на производство удобрений и множества других продуктов. Аммиачную воду применяют также непосредственно в виде удобрения» [2].

«Аммиак используется также для получения синтетических волокон, таких как, нейлон и капрон. Используется при очистке и крашении хлопка, шерсти и шелка. В нефтехимической промышленности аммиак используют для нейтрализации кислотных отходов, а в производстве природного каучука аммиак помогает сохранить латекс в процессе его перевозки от плантации до завода» [2].

2.1 Воздействие аммиака на человека

Аммиак по действию на организм относится к группе веществ удушающего и нейротропного действия, способных при ингаляционном поражении вызвать токсический отёк лёгких и тяжёлое поражение нервной системы. Пары аммиака способны сильно раздражать слизистые оболочки глаз и органов дыхания. Вызывают обильное слезотечение, боль в глазах, химический ожог конъюнктивы и роговицы, потерю зрения, приступы кашля. В медицине используют водные растворы аммиака (нашатырный спирт) в повседневной практике: ватка, смоченная в нашатырном спирте, выводит человека из обморочного состояния. Для человека аммиак в такой дозе не опасен.

«При соприкосновении сжиженного аммиака и его растворов с кожей возникает жжение, возможен химический ожог с пузырями, изъязвлениями» [20]. Сжиженный аммиак при испарении охлаждается, и при соприкосновении с кожей может вызвать обморожение различной степени.

При его концентрации в воздухе рабочей зоны около 350 мг/м^3 и выше работа должна быть прекращена, а люди выведены за пределы опасной зоны. Предельно допустимая концентрация аммиака в воздухе рабочей зоны равна 20 мг/м^3 .

2.2 Причины возникновения аварий с выбросом аммиака

«По данным Ростехнадзора в России ежегодно происходит несколько тысяч аварий в химических отраслях. Число аварий с угрозой выброса АХОВ увеличивается вследствие транспортных происшествий. В период 2002-2007 г. в России на ХОО было зарегистрировано несколько десятков аварий с аммиачными веществами. В этих авариях пострадало около 30 человек и 5 человек получили смертельное отравление парами аммиака. Некоторые из них, наиболее крупные, приведены» [10]

13.02.2002 на предприятии ОАО «Пигмент» при пуске аммиачного компрессора разрушился цилиндр второй ступени с вырыванием клапанной коробки на стороне нагнетания, вследствие чего в окружающую среду было выброшено 150 кг аммиака. Причиной стал коррозионный износ стенок цилиндра.

27.08.2002 на предприятии ООО «Гирса» произошла разгерметизация технологической системы аммиачных холодильных установок, вследствие чего в окружающую среду было выброшено 1000 кг аммиака. Причиной стал пожар, возникший при повреждении электрического кабеля и коротком замыкании.

«08.07.2003 на предприятии ОАО «Любинский молочно-консервный комбинат» произошел выброс 150 кг аммиака. Причиной стал отрыв крышки»[10].

06.09.2005 на предприятии ОАО «Калининградский комбинат» произошел выброс 100 кг аммиака из системы трубопровода. Причиной стало несоблюдение правил техники безопасности при ремонте насоса.

«03.05.2006 на предприятии ОАО «Микояновский мясоперерабатывающий завод» г. Москва произошел выброс аммиака вследствие разрыва трубопровода. Фура, доставлявшая груз на завод при развороте на территории завода крышей задела стойку, на которой крепился трубопровод» [10].

Значительное количество аварий связано, прежде всего, с медленными темпами реконструкции и модернизации производства. Несоблюдение сроков ремонта и замены оборудования, ухудшением качества ремонтов, несвоевременной диагностикой технического состояния используемого оборудования [3], [10].

2.3 Способы транспортировки аммиака

На предприятии, где производится аммиак, вблизи складов с хранящимся полученным аммиаком, как правило, устанавливают два компрессора, основной и резервный. С их помощью, под давлением до 35 атмосфер в трубу (далее - аммиакопровод) подается аммиак в жидком состоянии и транспортируется до конечного потребителя через промежуточные раздаточные станции, на перерабатывающий завод или дальнейшее звено передачи аммиака, например, железнодорожными цистернами, танк – контейнерами. Цистерны для перевозки аммиака имеют специальную сливо-наливную аппаратуру, которая обязательно пломбируется и промаркированы спецзнаками для перевозки жидкого

аммиака, а также отвечают всем требованиям безопасности перевозки опасных грузов.

Аммиак - один из наиболее востребованных продуктов химической промышленности, который используют во многих отраслях. Невозможно представить изготовление многих продуктов без его использования. Зарегистрировано множество аварий с выбросом аммиака и плачевными последствиями, ведь данное токсичное вещество, пагубно может сказаться не только на здоровье человека, но и на окружающей среде. Для работы с аммиаком необходимо соблюдать правила и технику безопасности, обеспечить сотрудников необходимыми средствами индивидуальной защиты, чтобы обезопасить их от влияния аммиака. А также не менее важным аспектом является хранение аммиака и его транспортировка, которые определены особыми требованиями. Несоблюдение данных требований могут послужить возникновению аварии с непредсказуемыми масштабами и последствиями [24].

3 Прогнозирование химической обстановки при аварии на химически опасном объекте

«В результате возникновения аварий на различных производственных объектах с содержанием АХОВ или пожаров с химическими веществами в районах, прилегающих к очагу поражения, может создаваться сложная химическая обстановка на значительных площадях с образованием обширных зон химического заражения» [4].

«Наибольшее влияние на распределение концентрации опасных веществ в атмосферном воздухе оказывают: характеристики источника, метеорологические характеристики» [21]. Для прогнозирования химической обстановки при аварии на химически опасном объекте ПАО «ТольяттиАзот» используется методика и пример расчета необходимых для этого параметров. На листе 3 представлен алгоритм определения времени распространения зоны химического заражения.

«Зоной химического заражения является территория непосредственного разлива АХОВ, а также территорию, над которой распространилось облако зараженного воздуха с поражающими концентрациями» [4]. Существует 3 зоны. «Зоны смертельных токсодоз, так называемая зона чрезвычайно опасного заражения, на внешней границе которой 50 % людей получают смертельную токсодозу. Зона поражающих токсодоз или зона опасного заражения, зона, на внешней границе которой 50 % людей получают поражающую токсодозу. Зону дискомфорта, пороговая зона на внешней границе которой люди испытывают дискомфорт, начинается обострение хронических заболеваний или появляются первые признаки интоксикации» [4].

Прогнозирование химической обстановки проводилось в соответствии с методическими указаниями Майоровой Л.П. «Прогноз заражения АХОВ» первым делом мы должны определить толщину слоя АХОВ.

«Толщина слоя жидкости для АХОВ, разлившихся свободно на подстилающей поверхности, принимается равной 0,05 м по всей площади разлива» [7];

«для АХОВ, разлившихся в поддон или обваловку, определяется следующим образом» [7]:

«а) при разливах из ёмкостей, имеющих самостоятельный поддон (обваловку)» [7]:

$$h = H - 0,2, \quad (1)$$

«где Н - высота поддона (обваловки)» [7],

«б) при разливах из ёмкостей, расположенных группой, имеющих общий поддон (обваловку)» [7]:

$$h = \frac{Q_0}{F \cdot d}, \quad (2)$$

«где Q₀ - количество выброшенного (разлившегося) вещества» [7]; «d - плотность АХОВ» [7]; «F - реальная площадь разлива на поддон (обваловку)» [7].

Расчет глубины зоны заражения АХОВ ведется с использованием данных, приведенных в приложении 1-5.

«Эквивалентное количество вещества по первичному облаку (в тоннах) определяется по формуле» [7]:

$$Q_{31} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7 \cdot Q_0, \quad (3)$$

«где K₁ - коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ» [7]; «K₃ - коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе другого АХОВ» [7]; «K₅ - коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха» [7]; «K₇ - коэффициент,

учитывающий влияние температуры воздуха» [7]; « Q_0 - количество выброшенного при аварии вещества» [7].

«Расчет эквивалентного количества вещества по вторичному облаку (в тоннах) проводится по формуле» [7]:

$$Q_{э2} = \frac{(1-K1) \cdot K2 \cdot K3 \cdot K4 \cdot K5 \cdot K6 \cdot K7 \cdot Q0}{h \cdot d}, \quad (4)$$

«где $K2$ - коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ» [7];

« $K4$ - коэффициент, учитывающий скорость ветра» [7];

« $K6$ - коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии N » [7];

«Значение коэффициента K_6 определяется после расчета продолжительности испарения вещества T » [7]:

$$T = \frac{h \cdot d}{K2 \cdot K4 \cdot K7}, \quad (5)$$

«где h - толщина слоя АХОВ, м; d - плотность вещества, т/м³» [7].

$$K_6 = N^{0,8}, \quad (6)$$

«при $N < T$; $K_6 = T^{0,8}$ при $N > T$; при $T > 1$ часа, K_6 принимается для 1 ч» [7].

«Расчет глубины зоны заражения при аварии на химически опасном объекте» [7]:

«Полная глубина зоны заражения Γ (км, обусловленной действием первичного и вторичного облака АХОВ), определяется по формуле» [7]:

$$\Gamma = \Gamma_{\max} + 0,5 \cdot \Gamma_{\min}, \quad (7)$$

«Полученное значение глубины зоны Γ сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс Γ_n , определяемым по формуле» [7]:

$$\Gamma_n = N \cdot V, \quad (8)$$

«где N - время от начала аварии» [7];

« V - скорость переноса переднего фронта зараженного воздуха при данных скорости ветра и степени вертикальной устойчивости воздуха» [7];

«За окончательную расчетную глубину зоны заражения принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений» [7];

«Расчет глубины зоны возможного заражения при разрушении химически опасного объекта» [7]:

«Суммарное эквивалентное количество АХОВ $Q_{\Sigma 2}$ рассчитывается по формуле» [7]:

$$Q_{\Sigma 2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \quad (9)$$

«где: K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств i -ого АХОВ;

K_3 – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе i -ого АХОВ;

K_6 – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после разрушения объекта;

K_7 – поправка на температуру i -ого АХОВ; Q – запасы i -ого АХОВ на объекте, т;

d – плотность i -ого АХОВ, т/м³» [7].

«Площадь зоны возможного заражения первичным (вторичным) облаком АХОВ определяется по формуле» [7]:

$$S_{\phi} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot Y, \quad (10)$$

«где S_{ϕ} - площадь зоны возможного заражения АХОВ, км²; Γ - глубина зоны заражения, км; Y - угловые размеры зоны возможного заражения, град» [7];

«Площадь зоны фактического заражения S_{ϕ} рассчитывается по формуле» [7]:

$$S_{\phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}, \quad (11)$$

«где K_8 - коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости воздуха;

N – время, прошедшее после аварии» [7].

«Время подхода облака АХОВ к заданному объекту зависит от скорости переноса облака воздушным потоком и определяется по формуле» [7]:

$$T = \frac{x}{V} \quad (12)$$

«где: x – расстояние от источника заражения до заданного объекта, км;

V – скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха, км/ч» [7].

«Продолжительность поражающего действия АХОВ определяется временем его испарения с площади разлива» [7].

«Время испарения АХОВ с площади разлива (в часах) определяется по формуле» [7]:

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7} \quad (13)$$

«где: h – толщина слоя АХОВ, м;

d – плотность АХОВ, т/м³» [7].

«Возможные потери людей при авариях с выбросом АХОВ зависят в основном от степени обеспечения персонала химически опасных объектов и населения средствами индивидуальной защиты и защитными сооружениями» [7] (приложение 6, 7).

«Возможные потери людей в очаге поражения АХОВ определяются по формуле» [7]:

$$П = S\phi \cdot \left[\frac{\Gamma_z}{\Gamma_{расч.}} \cdot p \cdot K + \left(1 - \frac{\Gamma_z}{\Gamma_{расч.}} \right) \cdot p' \cdot K' \right], \quad (14)$$

«где П – общие потери людей в очаге поражения АХОВ, чел.;

Sφ – площадь зоны фактического заражения АХОВ, км²;

Гг – глубина зоны распространения облака зараженного АХОВ в городе, км;

Грасч. – расчетная глубина зоны заражения АХОВ, км;

ρ, ρ' – средняя плотность людей соответственно в городе и загородной зоне, чел/км²;

K, K' – доля незащищенного населения соответственно в городе и загородной зоне вычисляется по формулам» [7]:

$$K = (1 - n_1) \cdot (1 - n_2), \quad (15)$$

$$K' = (1 - n'_1) \cdot (1 - n'_2), \quad (16)$$

«где n₁, n'₁ – доля населения, обеспеченного СИЗОД, соответственно в городе и загородной зоне;

n₂, n'₂ – доля населения, обеспеченного коллективными средствами защиты соответственно в городе и загородной зоне» [7].

«Если персонал объектов обеспечен противогазами на 100% и укрывается в убежищах, то процент потерь в этом случае принимается равным нулю. Число погибших людей при выбросе облака АХОВ (при отсутствии средств защиты) можно определить по формуле» [7]:

$$N_{\text{пог}} = N_{\text{см}} \cdot Q_0 \quad (17)$$

«где $N_{\text{см}}$ - средняя удельная смертность людей при воздействии данного АХОВ» [7], (приложение 8).

« Q_0 - масса выброса АХОВ» [7].

Оценка химической оценки включает: определение размеров зон химического заражения и очагов поражения; время подхода зараженного воздуха к данной точке пространства; время поражающего действия; возможные потери людей в точке заражения.

На листе 4 обозначены исходные данные для оценки зоны химического заражения:

На территории склада жидкого аммиака № 13 произошла авария и полное разрушение изотермического резервуара Т-02А. Наиболее опасный сценарий аварии изотермического резервуара: нарушение в работе агрегата компримирования аммиака, приводящее к его остановке, повышению температуры в резервуаре и росту внутреннего давления до значения, в 2 – 3 раза превышающего расчетное. Далее может произойти разрушение резервуара, недопустимая деформация корпуса и разрушение сварного соединения стенки с днищем сопровождающийся полным проливом жидкого аммиака во внешнюю среду Аммиак, в случае внезапного аварийного выброса, переходит в газообразное состояние и проникает в организм ингаляционным путем.

Максимальный заполняемый объем резервуара составляет 30000 тонн.

Обвалование имеет форму прямоугольника со сторонами 168 и 84 м, высотой 3,5м.

Метеоусловия – день, малооблачно, вероятность осадков 6%, Атмосферное давление в пределах нормы (735-738 мм рт. ст.), температура воздуха +4, ветер слабый (3 м/с), относительная влажность 79-83%;

Характер местности и застройки – лесостепь, плотность средняя пригородного района;

Авария и полное разрушение изотермических резервуаров произошло в следствие наиболее опасный сценарий аварии изотермического резервуара: нарушение в работе агрегата компримирования аммиака, приводящее к его остановке, повышению температуры в резервуаре и росту внутреннего давления до значения, в 2 – 3 раза превышающего расчетное. Далее может произойти разрушение резервуара, недопустимая деформация корпуса и разрушение сварного соединения стенки с днищем сопровождающийся полным проливом жидкого аммиака во внешнюю среду [6].

3.1 Расчёт глубины заражения при аварии на химически опасном объекте

Основной характеристикой зоны химического заражения является глубина распространения облака зараженного воздуха, которая напрямую зависит от метеорологических условий.

На листе 5 мы наблюдаем конфигурацию зоны возможного заражения АХОВ в зависимости от скорости ветра. Зона возможного заражения облаком АХОВ на схемах ограничена окружностью в случае наличия ветра менее 0,5 м/с секторами, имеющими угловые размеры Y и радиус, равный глубине зоны заражения G . Безопасным местом размещения личного состава и штаба ликвидации чрезвычайной ситуации будет с наветренной стороны от места аварии. Степень вертикальной устойчивости атмосферы определяется по таблице, указанной на Листе 5, в нашем случае это изотермия.

Толщина слоя жидкости для АХОВ разлившихся на поддон или обваловку:

$$h = 3,5 - 0,2 = 3,3$$

Произведем расчеты эквивалентного количества вещества $Q_{э1}$ в первичном облаке:

$$Q_{\text{э}1} = 0,01 \cdot 0,04 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 30000 = 2,76$$

Время испарения T (ч) АХОВ с площади разлива определяется по формуле:

$$T = \frac{3,3 \cdot 0,681}{0,025 \cdot 1,67 \cdot 1} = 56,25$$

Следовательно, эквивалентное количество вещества во вторичном облаке:

$$Q_{\text{э}2} = (1 - 0,01) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1,67 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{30000}{0,05 \cdot 0,681} = 335,5.$$

Глубина зоны заражения первичным облаком составит 3,99 км, вторичным облаком 61,47 км.

Полная глубина зоны заражения Γ , обусловленной воздействием первичного и вторичного облака АХОВ, определяется:

$$\Gamma = 3,99 + 0,5 \cdot 61,47 = 34,7$$

Полученное значение сравнивается с предельно возможным значением глубины переноса воздушных масс Γ_n , определяемых по формуле:

$$\Gamma_n = 1 \cdot 18 = 18$$

За окончательную расчетную глубину зоны Γ_r заражения принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений:

Таким образом, расчетная глубина зоны заражения аммиаком в результате аварии может составить 18 км.

3.2 Определение площади заражения АХОВ

Рассчитаем площадь зоны возможного заражения для первичного (вторичного) облака АХОВ:

$$S_{\text{в}1} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 3,99^2 \cdot 45 = 6,2;$$

$$S_{\phi 2} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 61,47^2 \cdot 45 = 1482,7;$$

Площадь зоны фактического заражения:

$$S_{\phi} = 0,135 \cdot 18^2 \cdot 1^{0,2} = 43,7$$

Из расчетов следует, что площадь зоны возможного заражения для первичного облака АХОВ составит 6,2 км., для вторичного облака АХОВ 1482,7 км., а площадь фактического заражения 43,7 км.

3.3 Определение возможных потерь людей в очаге поражения

Возможные потери людей при авариях с выбросом АХОВ зависят в основном от степени обеспечения персонала химически опасных объектов и населения средствами индивидуальной защиты и защитными сооружениями.

СИЗОД за сотрудниками закрепляется групповым методом. Обеспеченность 100%. Следовательно, возможные потери людей в очаге поражения составит 5 - 10 %

Возможные потери людей в очаге поражения АХОВ:

$$П = 43,7 \cdot \left[\frac{10}{18} \cdot 2285,5 \cdot 0,39 + \left(1 - \frac{10}{18} \right) \cdot 900 \cdot 0,52 \right] = 29703 \text{ чел.}$$

Где L - Расстояние от ХОО до ближайшей жилой зоны по направлению ветра около 8 км.

$$L_2 = 18 - 8 = 10$$

Средняя плотность людей соответственно в городе и загородной зоне. Численность населения в городе Тольятти на 2021 год составляет 719484

человек, площадь 314,8 км², соответственно плотность населения Тольятти составит 2285,5 чел/км². В загородной зоне находится сельское поселение Васильевка, с населением в 4952 человек, площадь 5,5 км², соответственно плотность населения составит 900 чел/км².

$$K = (1 - 40\%) \cdot (1 - 35\%) = 0,39;$$

$$K' = (1 - 35\%) \cdot (1 - 20\%) = 0,52;$$

Доля населения, обеспеченного СИЗОД в городе 40%, в загородной зоне 35%. Доля населения, обеспеченного коллективными средствами защиты в городе 35% и загородной зоне 20%.

Если персонал объектов обеспечен противогазами на 100% и укрывается в убежищах, то процент потерь в этом случае принимается равным нулю.

$$П = 43,7 \cdot \left[\frac{10}{18} \cdot 2285,5 \cdot 0,39 + \left(1 - \frac{10}{18} \right) \cdot 900 \cdot 0,52 \right] = 29703 \text{ чел.}$$

Возможные потери людей в очаге поражения АХОВ составит 29703 человека.

Прогнозирование химической обстановки при аварии на химически опасном объекте позволяет спрогнозировать масштабы зон заражения при авариях на технологических емкостях и хранилищах или в случае разрушения химически опасных объектов.

Исходными данными при прогнозе химической обстановки при выходе АХОВ являются: метеорологические условия, виды, количество и способ хранения АХОВ в емкостях на объекте, характер разлива АХОВ.

К основным моментам прогнозирования химической обстановки относят:

- расчёт глубины заражения при аварии на химически опасном объекте;

- определение площади заражения АХОВ и времени подхода облака, зараженного АХОВ воздуха к определенному рубежу (объекту);
- определение возможных потерь людей в очаге поражения.

Основной характеристикой зоны химического заражения является глубина распространения облака зараженного воздуха, напрямую зависящая от метеорологических условий. Время подхода облака АХОВ к заданному объекту зависит от скорости переноса облака воздушным потоком.

Возможные потери людей при авариях с выбросом АХОВ зависят в основном от степени обеспечения персонала ХОО и населения средствами индивидуальной защиты и защитными сооружениями.

Согласно проведенной работе расчетная глубина зоны заражения аммиаком в результате аварии может составить 18 км, площадь зоны возможного заражения для первичного облака АХОВ составит 6,2 км, площадь зоны возможного заражения для вторичного облака АХОВ 1482,7 км, площадь фактического заражения 43, 7 км. Возможные потери людей в очаге поражения АХОВ составит 29703 человека.

4 Основные мероприятия по защите населения и персонала в случае аварии на химически опасном объекте

Организация тушения пожара и ликвидаций чрезвычайных ситуаций обеспечивается подразделениями пожарной охраны. На листе 6 представлен перечень техники и ее тактико-технические характеристики задействованной для обеспечения пожарной безопасности ПАО «ТольяттиАзот» [9].

Таблица 1 – Тактико-технические характеристики

АЦ-40 – 2,5 (ЗИЛ-433362)	<ul style="list-style-type: none"> - Тип используемого шасси – Зил-433362; - Число мест в кабинах для пожарного расчета – 6; - Максимальная скорость – 85 км/ч; - Система пожаротушения на ПА – водопенная; - Производительность насоса в номинальном режиме – 40 л/с; - Запас воды в цистерне – 2500 л; - Запас пенообразователя – 150 л.
АЦ-5,0-40 (43253) 22ВР	<ul style="list-style-type: none"> - Тип используемого шасси – КамАЗ-43253; - Число мест в кабинах для пожарного расчета – 7; - Максимальная скорость – 90 км/ч; - Производительность насоса в номинальном режиме – 40 л/с; - Запас воды в цистерне – 5000 л; - Запас пенообразователя – 500 л.
АЛ-30 (131) ПМ 506	<ul style="list-style-type: none"> - Тип используемого шасси – ЗИЛ 131; - Число мест в кабинах для пожарного расчета – 3; - Максимальная скорость – 80 км/ч; - Высота полностью выдвинутой лестницы при угле подъема 75, - 30 м; - Макс. рабочая нагрузка на вершину не приставленной лестницы при макс. вылете - 160 кг; - Грузоподъемность при использовании в качестве крана (при сдвинутых коленях) - не больше 1000 кг; - Рабочий диапазон поднимания по вертикали - 0-75 град.; - Угол поворота лестницы (вправо-влево) при угле подъема не меньше 10 град. 360 град.
АР-2 (43114)	<ul style="list-style-type: none"> - Тип используемого шасси – КамАЗ-43114 (6х6); - Число мест в кабинах для пожарного расчета – 3; - Максимальная скорость – 90 км/ч; - Количество рукавных катушек с рукавом длиной 25 м. - 2 шт.; - Максимальный расход лафетного порошкового ствола - 50 кг/с; - Максимальная подача через ствол рукавной катушки - 5 кг/с; - Дальность подачи порошка через лафетный ствол – 50 м.
ПНС - 110	<ul style="list-style-type: none"> - Тип используемого шасси – КамАЗ-43114(6х6); - Число мест в кабинах для пожарного расчета – 3; - Максимальная скорость – 85 км/ч; - Производительность насоса в номинальном режиме – 110 л/с; - Время заполнения насоса водой – 60 с.
АГ-12 (131)	<ul style="list-style-type: none"> - Тип используемого шасси – ЗИЛ 131; - Число мест в кабинах для пожарного расчета – 8; - Максимальная скорость – 80 км/ч.

«В случае аварии с целью защиты людей проводятся следующие мероприятия» [7]:

- «Оповещение населения. Должны быть подготовлены варианты оповещения в зависимости от характера и масштабов аварий и метеоусловий. Население предупреждается о принятии необходимых мер защиты. Подается сигнал «Химическая опасность», при этом указывается: тип АХОВ, угрожающего поражением людей; вероятное направление распространения облака зараженного воздуха; возможные районы химического заражения и безопасные направления выхода из них» [7];
- «Приведение в готовность органов управления, организации связи» [7];
- «Приведение в готовность необходимых сил для обеспечения эвакуации, дегазации, выдачи средств индивидуальной защиты (СИЗ) и др» [7].
- «Укрытие населения в защитных сооружениях» [7].
- «Химическая разведка, необходимая для выявления границ зоны заражения, степени заражения и др» [7].
- «Противохимическая защита населения – применение СИЗ и др» [7].
- «Эвакуация населения из зон химического заражения и в первую очередь людей, не укрытых в защитных сооружениях» [7].
- «Ликвидация сопутствующих аварийных процессов: пожаров, технологических аварий и т.д. Осуществляется локализация химического заражения, предотвращение распространения АХОВ, предупреждение заражения грунта и грунтовых вод. Ограничение распространения АХОВ на местности с целью уменьшения площади испарения осуществляется обваловкой разлившегося вещества, созданием препятствий на пути растекания, сбором АХОВ в естественные углубления, оборудованием специальных ловушек» [7].

5 Охрана труда (организация работы подразделений МЧС России на пожарах, учениях с учётом соблюдения правил по охране труда, разработка процедуры обеспечения личного состава подразделений средствами индивидуальной защиты)

Рассмотрим схему по обеспечению требований охраны труда при ликвидации разлива АХОВ представленную на листе 7 об обеспечении безопасности личного состава ГПС, администрации и персонала объекта при ликвидации пожаров на объектах с наличием АХОВ.

Органы управления и подразделения ГПС в работе по тушению пожаров руководствуются приказами, наставлениями, указаниями МЧС России и ГУГПС МЧС России, а по вопросам химической безопасности - правилами охраны труда, действующими на объектах.

«Личный состав подразделений ГПС, охраняющих объект, на котором обращаются АХОВ, должен знать» [16]:

- «наиболее вероятные участки химической опасности» [16];
- «ПДК в помещениях, где обращаются АХОВ, при нормальных условиях и возможный уровень концентраций паров АХОВ в случае аварии, пожара» [16];
- «допустимое время пребывания в зонах заражения АХОВ» [16];
- «- средства и способы тушения пожаров в отдельных зданиях и помещениях объекта» [16];
- «порядок организации медицинского контроля при несении службы и тушении пожаров в зоне химического заражения, использования средств индивидуальной защиты» [16];
- «порядок взаимодействия пожарной охраны с администрацией объекта, цехов, службой химической разведки, аварийно-спасательной и дегазационной службами объекта при тушении пожаров» [16];
- «сигналы оповещения об опасности» [16];

- «средства и способы нейтрализации АХОВ, санитарной обработки людей и дегазации пожарной техники и снаряжения» [16].

«Личный состав подразделений ГПС должен» [16]:

- «соблюдать установленный на предприятии режим по технике безопасности» [16];

- «укомплектовать пожарные автомобили аварийными комплектами средств индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, приборами химической разведки для вывоза их на место аварии» [16];

- «установить, до выезда на пожар, через службу химической разведки объекта вид и уровень заражения АХОВ, границы зоны заражения, пути следования к месту развертывания сил и средств» [16];

- «определить на основании данных химической разведки места сосредоточения резерва сил и средств, защитной одежды, места санитарной обработки личного состава, время пребывания личного состава в местах их размещения и ведения боевых действий» [16].

«После завершения работ в зоне химического заражения личный состав ГПС обязан пройти санитарную обработку и медицинский осмотр» [16].

- Личный состав подразделений ФПС обеспечивается средствами индивидуальной защиты в соответствии с «Межотраслевыми правилами обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты» [13].

- «Работник обязан правильно применять СИЗ, выданные ему в установленном порядке» [13].

- «В случае необеспечения работника, занятого на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также с особыми температурными условиями или связанных с загрязнением, СИЗ в соответствии с законодательством Российской Федерации он вправе отказаться от выполнения трудовых обязанностей, а работодатель не

имеет права требовать от работника их исполнения и обязан оплатить возникший по этой причине простой» [13].

- «СИЗ, выдаваемые работникам, должны соответствовать их полу, росту, размерам, а также характеру и условиям выполняемой ими работы» [13].
- «Работодатель обязан организовать надлежащий учет и контроль за выдачей работникам СИЗ в установленные сроки» [13].
- «Сроки пользования СИЗ исчисляются со дня фактической выдачи их работникам» [13].
- «Выдача работникам, и сдача ими СИЗ фиксируются записью в личной карточке учета выдачи СИЗ» [13].
- «Работодатель вправе вести учет выдачи работникам СИЗ с применением программных средств (информационно-аналитических баз данных). Электронная форма учетной карточки должна соответствовать установленной форме личной карточки учета выдачи СИЗ. При этом в электронной форме личной карточки учета выдачи СИЗ вместо личной подписи работника указываются номер и дата документа бухгалтерского учета о получении СИЗ, на котором имеется личная подпись работника» [13].
- «Работодатель вправе организовать выдачу СИЗ и их сменных элементов простой конструкции, не требующих проведения дополнительного инструктажа, посредством автоматизированных систем выдачи (вендингового оборудования). При этом требуется персонификация работника и автоматическое заполнение данных о выданных СИЗ в электронную форму карточки учета выдачи СИЗ» [13].
- «При выдаче работникам СИЗ работодатель руководствуется типовыми нормами, соответствующими его виду деятельности» [13].
- «При отсутствии профессий и должностей в соответствующих типовых нормах работодатель выдает работникам СИЗ,

предусмотренные типовыми нормами для работников сквозных профессий и должностей всех отраслей экономики, а при отсутствии профессий и должностей в этих типовых нормах - типовыми нормами для работников, профессии (должности) которых характерны для выполняемых работ» [13].

- «Бригадирам, мастерам, выполняющим обязанности бригадиров, помощникам и подручным рабочим, профессии которых указаны в соответствующих типовых нормах, выдаются те же СИЗ, что и работникам соответствующих профессий» [13].
- «Предусмотренные в типовых нормах СИЗ рабочих, специалистов и других служащих выдаются указанным работникам и в том случае, если они по занимаемой профессии и должности являются старшими и выполняют непосредственно те работы, которые дают право на получение этих средств индивидуальной защиты» [13].
- «Работникам, совмещающим профессии или постоянно выполняющим совмещаемые работы, в том числе в составе комплексных бригад, помимо выдаваемых им СИЗ по основной профессии, дополнительно выдаются в зависимости от выполняемых работ и другие виды СИЗ, предусмотренные соответствующими типовыми нормами для совмещаемой профессии (совмещаемому виду работ) с внесением отметки о выданных СИЗ в личную карточку учета выдачи СИЗ» [13].
- «Работникам, временно переведенным на другую работу, работникам и другим лицам, проходящим профессиональное обучение (переобучение) в соответствии с ученическим договором, учащимся и студентам образовательных учреждений начального, среднего и высшего профессионального образования на время прохождения производственной практики (производственного обучения), мастерам производственного обучения, а также другим лицам, участвующим в производственной деятельности работодателя либо

осуществляющим в соответствии с действующим законодательством мероприятия по контролю (надзору) в установленной сфере деятельности, СИЗ выдаются в соответствии с типовыми нормами и Правилами на время выполнения этой работы (прохождения профессионального обучения, переобучения, производственной практики, производственного обучения) или осуществления мероприятий по контролю (надзору)» [13].

- «Работники сторонних организаций при выполнении работ в производственных цехах и участках, где имеются вредные и (или) опасные производственные факторы, которые могут воздействовать на работников, должны быть обеспечены своим работодателем СИЗ в соответствии с типовыми нормами, предусмотренными для работников соответствующих профессий и должностей организации, в которую их направляют» [13].
- «Руководителям и специалистам, которые в соответствии с должностными обязанностями периодически посещают производственные помещения (площадки) и могут в связи с этим подвергаться воздействию вредных и (или) опасных производственных факторов, должны выдаваться соответствующие СИЗ в качестве дежурных (на время посещения данных объектов)» [13].
- «В тех случаях, когда такие СИЗ, как жилет сигнальный, страховочная привязь, удерживающая привязь (предохранительный пояс), диэлектрические галоши и перчатки, диэлектрический коврик, защитные очки и щитки, фильтрующие СИЗ органов дыхания с противоаэрозольными и противогазовыми фильтрами, изолирующие СИЗ органов дыхания, защитный шлем, подшлемник, накомарник, каска, наплечники, налокотники, самоспасатели, наушники, противошумные вкладыши, светофильтры, виброзащитные рукавицы или перчатки и т.п. не указаны в соответствующих типовых нормах,

они могут быть выданы работникам со сроком носки "до износа" на основании результатов проведения специальной оценки условий труда, а также с учетом условий и особенностей выполняемых работ» [13].

- «Указанные выше СИЗ также выдаются на основании результатов проведения специальной оценки условий труда для периодического использования при выполнении отдельных видов работ (далее - дежурные СИЗ). При этом противошумные вкладыши, подшлемники, а также СИЗ органов дыхания, не допускающие многократного применения и выдаваемые в качестве "дежурных", выдаются в виде одноразового комплекта перед рабочей сменой в количестве, соответствующем числу занятых на данном рабочем месте» [13].
- «Дежурные СИЗ общего пользования выдаются работникам только на время выполнения тех работ, для которых они предназначены» [13].
- «Указанные СИЗ с учетом требований личной гигиены и индивидуальных особенностей работников закрепляются за определенными рабочими местами и передаются от одной смены другой» [13].
- «В таких случаях СИЗ выдаются под ответственность руководителей структурных подразделений, уполномоченных работодателем на проведение данных работ» [13].
- «СИЗ, предназначенные для использования в особых температурных условиях, обусловленных ежегодными сезонными изменениями температуры, выдаются работникам с наступлением соответствующего периода года, а с его окончанием сдаются работодателю для организованного хранения до следующего сезона» [13].
- «Время пользования указанными видами СИЗ устанавливается работодателем с учетом мнения выборного органа первичной

профсоюзной организации или иного представительного органа работников и местных климатических условий» [13].

- «В сроки носки СИЗ, применяемых в особых температурных условиях, включается время их организованного хранения» [13].
- «СИЗ, возвращенные работниками по истечении сроков носки, но пригодные для дальнейшей эксплуатации, используются по назначению после проведения мероприятий по уходу за ними (стирка, чистка, дезинфекция, дегазация, дезактивация, обеспыливание, обезвреживание и ремонт). Пригодность указанных СИЗ к дальнейшему использованию, необходимость проведения и состав мероприятий по уходу за ними, а также процент износа СИЗ устанавливаются уполномоченным работодателем должностным лицом или комиссией по охране труда организации (при наличии) и фиксируются в личной карточке учета выдачи СИЗ» [13].
- «СИЗ, взятые в аренду, выдаются в соответствии с типовыми нормами. При выдаче работнику специальной одежды, взятой работодателем в аренду, за работником закрепляется индивидуальный комплект СИЗ, для чего на него наносится соответствующая маркировка. Сведения о выдаче данного комплекта заносятся в личную карточку учета и выдачи СИЗ работника» [13].
- «При выдаче СИЗ, применение которых требует от работников практических навыков (респираторы, противогазы, самоспасатели, предохранительные пояса, накомарники, каски и др.), работодатель обеспечивает проведение инструктажа работников о правилах применения указанных СИЗ, простейших способах проверки их работоспособности и исправности, а также организует тренировки по их применению» [13].
- «В случае пропажи или порчи СИЗ в установленных местах их хранения по независящим от работников причинам работодатель выдает им другие исправные СИЗ. Работодатель обеспечивает

- замену или ремонт СИЗ, пришедших в негодность до окончания срока носки по причинам, не зависящим от работника» [13].
- «Работодатель обеспечивает обязательность применения работниками СИЗ» [13].
 - «Работники не допускаются к выполнению работ без выданных им в установленном порядке СИЗ, а также с неисправными, не отремонтированными и загрязненными СИЗ» [13].
 - «Работникам запрещается выносить по окончании рабочего дня СИЗ за пределы территории работодателя или территории выполнения работ работодателем - индивидуальным предпринимателем. В отдельных случаях, когда по условиям работы указанный порядок невозможно соблюсти (например, на лесозаготовках, на геологических работах и т.п.), СИЗ остаются в нерабочее время у работников» [13].
 - «Работники должны ставить в известность работодателя (или его представителя) о выходе из строя (неисправности) СИЗ» [13].

6 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность (оценка антропогенного воздействия объекта на окружающую среду при авариях и пожарах, при организации пожаротушения, схема рекомендуемых методов и средств снижения антропогенного воздействия объекта на окружающую среду при пожарах и ЧС)

Являясь природным продуктом, аммиак совершенно безвреден для окружающей среды. Он не разрушает озон и не создает парниковый эффект. Даже если бы дело обстояло иначе, это не имело бы значения, так как хорошая растворимость в воде означает, что аммиак не задерживается в атмосфере. Гораздо больший вред он оказывает на здоровье человека

Используя методологию оценки жизненного цикла, воздействие выбранных методов на окружающую среду определяется и количественно оценивается от начала до конца [22]. Прежде всего принимаются меры по ограничению и приостановке выброса (розлива) АХОВ, локализации химического заражения, предотвращению заражения грунта и водоисточников.

Ограничение и приостановка выброса АХОВ осуществляются путем перекрытия кранов и задвижек на трубопроводах, заделкой отверстий на магистралях и емкостях с помощью бандажей, хомутов, заглушек, перекачкой жидкостей из аварийной емкости в запасную. Обезвреживание разлива жидкого аммиака производится путем разбавления его водой с одновременной постановкой водяной завесы для поглощения паров аммиака [18].

После завершения разбавления разлива аммиака его раствор откачивают в стальные емкости или ж/д цистерны, используя для этого освободившиеся Авторазливочные станции, с последующей утилизацией аммиачной воды

Для снижения антропогенного воздействия объекта на окружающую среду рекомендуются организационные мероприятия - на основе нормативно

технических документов и регламентов РФ по охране окружающей среды разработанных в соответствии с действующим природоохранным законодательством Российской Федерации, требованиями нормативно-методических документов по охране окружающей природной среды, инструкций, стандартов, ГОСТов, регламентирующих или отражающих требования по охране природы, проведение инструктажей с работниками объекта, обучение мерам ПБ, повышение квалификации, обучение пожарно – технического минимума [25].

Не менее важными будут технологические мероприятия- действия практической направленности в сфере защиты окружающей среды, такие как производство и пользование экологичной продукции, изменение собственных регламентов работ.

Внедрение автоматических систем контроля за режимом работы объекта

Создание систем мониторинга среды и выбросов: измерение химического состава и концентрации компонентов отходящих газов, измерение содержания пыли. Изменение температуры, абсолютного давления и мгновенного расхода дымовых газов контроллеры и специальное программное обеспечение для сбора, обработки и хранения информации, так же новые системы очистки [15].

7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Таблица 2 - Данные для расчетов

Наименование показателя	Ед. измер.	Усл. обоз.	Базовый вариант	Проектный вариант
Общая площадь	м ²	F	1160	
Стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов	Руб/м ²	C _T	50 000	
Стоимость поврежденных частей здания	руб/м ²	C _к	75 000	
Вероятность возникновения пожара	1/м ² в год	J	3,66×10 ⁻²	
Площадь пожара на время тушения первичными средствами	м ²	F _{пож}	6	
Площадь пожара при тушении средствами автоматического пожаротушения	м ²	F* _{пож}	-	3,9
Вероятность тушения пожара первичными средствами	-	p ₁	0,79	
Вероятность тушения пожара привозными средствами	-	p ₂	0,86	
Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения	-	p ₃	0,95	
Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами	-	-	0,52	
Коэффициент, учитывающий косвенные потери	-	к	1,63	
Линейная скорость распространения горения по поверхности	м/мин	v _л	0,5	
Время свободного горения	мин	B _{свг}	15	
Стоимость оборудования	Руб.	K	-	120000
Норма амортизационных отчислений	%	H _{ам}	-	1
Суммарный годовой расход	т	W _{ов}	-	60
Оптовая цена огнетушащего вещества	Руб.	Ц _{ов}	-	1000
Коэффициент транспортно-заготовительно-складских расходов	-	k _{тзср}	-	1,3
Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии	Руб.	Ц _{эл}	-	0,8
Годовой фонд времени работы установленной мощности	ч	T _p	-	0,84
Установленная электрическая мощность	кВт	N	-	0,12
Коэффициент использования установленной мощности	-	k _{им}	-	30

Внедрение АУПТ с АПС в здание: Корпус компрессии - одноэтажное здание площадью 1160 м², высотой 12 м. Покрытие - легкосбрасываемые панели. Здание оборудовано молниезащитой. По пожарной опасности относится к производству категории "А". Внутри здания размещены компрессоры. К-102 - компрессор природного газа (Р-42-44 кгс/см²; Т-

1500С). К- 602 - компрессор технологического воздуха (Р-30 кгс/см²; Т-5000С). К-601 - компрессор азото-водородной смеси (Р-337 кгс/см²; Т-1200С). К-901 - циркуляционный аммиачный компрессор (Р-335 кгс/см²; Т-380С). Для смазки трущихся поверхностей компрессоров применяется турбинное масло, которое находится в трех емкостях, количество 30 тонн. Приборы и оборудование во взрывоопасном исполнении.

Таблица 3 - Смета затрат на установку АУПТ

Статьи затрат	Сумма, руб.
Строительно-монтажные работы	90 000
Стоимость оборудования	280 000
Материалы и комплектующие	-
Пуско-наладочные работы	-
Итого:	370 000

Площадь пожара определяется линейной скоростью распространения горения и временем до начала тушения:

$$F'_{пож} = n \times (v_{л} \times B_{св.г})^2 \quad (18)$$

$$F'_{пож} = 3,14 \times (0,5 \times 18)^2 = 254,34 м^2$$

Расчет ожидаемых годовых потерь для двух сценариев развития пожара [11].

Первый вариант:

При использовании на объекте первичных средств пожаротушения и отсутствии систем автоматического пожаротушения материальные годовые потери рассчитываются по формуле:

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) \quad (19)$$

где $M(\Pi_1)$, $M(\Pi_2)$, $M(\Pi_3)$ — математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных соответственно первичными средствами пожаротушения [12]; привозными средствами пожаротушения; определяемое по формулам:

$$M(\Pi_1) = J \times F \times C_m \times F_{\text{пож}} \times (1+k) \times p_1, \quad (20)$$

$$M(\Pi_2) = J \times F \times (C_m \times F'_{\text{пож}} + C_k) \times 0,52 \times (1+k) \times (1-p_1) \times p_2 \quad (21)$$

$$M(\Pi_1) = 3,1 \times 10^{-6} \times 12250 \times 15000 \times 4 \times (1 + 1,63) \times 0,79 = 4\,734,04 \text{ руб/год};$$

$$M(\Pi_2) = 3,1 \times 10^{-6} \times 12250 \times (15000 \times 254,34 + 100000) \times 0,52 \times (1 + 1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,95 = 263\,318,191 \text{ руб/год}.$$

Второй вариант:

Условие наличия автоматической пожарной сигнализации

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_3) \quad (22)$$

$$M(\Pi_1) = J \times F \times C_m \times F_{\text{пож}} \times (1+k) \times p_1 \quad (23)$$

$$M(\Pi_2) = J \times F \times C_m \times F_{\text{пож}} \times (1+k) \times (1-p_1) \times p_3 \quad (24)$$

$$M(\Pi_1) = 3,1 \cdot 10^{-6} \cdot 12250 \cdot 15000 \cdot 4 \cdot (1 + 1,63) \cdot 0,79 = 5\,203,039 \text{ руб/год};$$

$$M(\Pi_3) = 3,1 \cdot 10^{-6} \cdot 12250 \cdot 3,9 \cdot (1 + 1,63) \cdot (1 - 0,79) \cdot 0,95 = 0,0777 \text{ руб/год};$$

Следовательно, общие ожидаемые годовые потери будут рассчитаны следующим образом:

- если сработала АПС, а также все действия работников при обнаружении пожара правильные:

$$M(\Pi)1 = 4\,734,04 + 42\,669,13 = 47\,403,17 \text{ руб/год};$$

- если на объекте имеется автоматическая установка пожаротушения:

$$M(\Pi)2 = 4\,734,04 + 0,0777 = 4\,734,1177 \text{ руб/год}.$$

Рассчитываем интегральный экономический эффект I при норме дисконта 10%.

$$I = \sum_{t=0}^T (M(\Pi_1) - M(\Pi_2) - C_2 - C_1) \times \frac{1}{(1+HD)^t} - (K_2 - K_1) \quad (25)$$

где $M(\Pi_1)$ и $M(\Pi_2)$ - расчетные годовые материальные потери в

базовом и планируемом вариантах, руб/год;

K_1 и K_2 - капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

В качестве расчетного периода T принимаем 10 лет.

Эксплуатационные расходы по вариантам в t -м году определяются по формуле:

$$C_2 = C_{ам} + C_{к.р.} + C_{тр} + C_{с.о.н.} + C_{ов.} + C_{эл} \quad (26)$$

$$C_2 = 7600 + 85\,000 + 30,18 = 92\,630,18 \text{ руб.}$$

Годовые амортизационные отчисления АУП составят:

$$C_{ам} = K_2 \times H_{ам} / 100 \quad (27)$$

$$C_{ам} = 280\,000 \times 1\% / 100 = 2\,800 \text{ руб.}$$

где $H_{ам}$ – норма амортизационных отчислений для АУП.

Затраты на огнетушащее вещество ($C_{о.в.}$) определяются, исходя из их суммарного годового расхода ($W_{о.в.}$) и оптовой цены ($\Pi_{о.в.}$) единицы огнетушащего вещества с учетом транспортно-заготовительно-складских расходов ($k_{тр.з.с.} = 1,3$).

$$C_{ов} = W_{ов} \times \Pi_{ов} \times k_{тр.з.с.} \quad (28)$$

$$C_{ов} = 70 \times 1000 \times 1,3 = 63\,000 \text{ руб}$$

Затраты на электроэнергию ($C_{эл}$):

$$C_{эл} = \Pi_{эл} \times N \times T_p \times k_{и.м.} \quad (29)$$

$$C_{эл} = 0,8 \times 0,84 \times 0,14 \times 35 = 2,41 \text{ руб.}$$

где N – установленная электрическая мощность, кВт;

$\Pi_{эл}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб.,

Коэффициент дисконтирования D :

$$D=1/(1+0,12)^n, \quad (30)$$

Определение интегрального эффекта от противопожарных мероприятий

Таблица 4 – Денежные потоки

Год по расчету	M(П)1-M(П)2	C ₂ -C ₁	D	[M(П1)-M(П2)-(C ₂ -C ₁)]D	K ₂ -K ₁	Чистый дисконтированный поток доходов
1	268 521,23	74 023,1	0,99	192553,1	370 000	-177447
2	268 521,23	74 023,1	0,84	163378,4	-	163378,4
3	268 521,23	74 023,1	0,78	151708,5	-	151708,5
4	268 521,23	74 023,1	0,68	132258,7	-	132258,7
5	268 521,23	74 023,1	0,66	128368,8	-	128368,8
6	268 521,23	74 023,1	0,59	114753,9	-	114753,9
7	268 521,23	74 023,1	0,55	106974	-	106974
8	268 521,23	74 023,1	0,49	95304,08	-	95304,08
9	268 521,23	74 023,1	0,45	87524,16	-	87524,16
10	268 521,23	74 023,1	0,36	70019,33	-	70019,33
11	268 521,23	74 023,1	0,32	62239,4	-	62239,4
12	268 521,23	74 023,1	0,30	58349,44	-	58349,44
13	268 521,23	74 023,1	0,25	48624,53	-	48624,53
14	268 521,23	74 023,1	0,21	40844,61	-	40844,61
15	268 521,23	74 023,1	0,20	38899,63	-	38899,63
16	268 521,23	74 023,1	0,19	36954,64	-	36954,64
17	268 521,23	74 023,1	0,18	35009,66	-	35009,66
18	268 521,23	74 023,1	0,16	31119,7	-	31119,7
19	268 521,23	74 023,1	0,12	192553,1	-	192553,1
20	268 521,23	74 023,1	0,09	163378,4	-	163378,4

Интегральный экономический эффект составит 1 580 816,08 руб.

Установка АУПТ может быть применена.

Заключение

Основной целью данной выпускной квалификационной работы являлось прогнозирование и оценка химической обстановки при аварии на химически опасном объекте с содержанием аммиака.

В ходе выполнения работы было изучено химически опасное вещество – аммиак, его характеристики, воздействие на организм человека и антропогенное воздействие на окружающую среду, способы хранения и транспортировки аммиака. Была приведена статистика причин возникновения аварий с выбросом АХОВ, а также рассмотрены последствия крупных аварий с выходом аммиака. Было определено, что аммиак совершенно безвреден для окружающей среды, чего не скажешь о людях. Аммиак опасен при вдыхании. При остром отравлении аммиаком поражаются глаза и дыхательные пути, при высоких концентрациях возможен смертельный исход.

В работе была описана и разъяснена аварийная ситуация с выбросом аммиака на территории ПАО «ТольяттиАЗОТ» и произведены расчеты глубины заражения, определена площадь зоны заражения, а также определены возможные потери людей в очаге поражения. Согласно проведенным расчетам было определено, что расчетная глубина зоны заражения аммиаком в результате аварии может составить 18 км. Площадь зоны возможного заражения для первичного облака АХОВ составит 6,2 км., для вторичного облака АХОВ 1482,7 км., а площадь фактического заражения 43,7 км. Возможные потери людей в очаге поражения АХОВ составит 29703 человека.

Приведены мероприятия по защите населения и персонала в случае аварии на химически опасном объекте, рассмотрена техника, задействованная в обеспечении пожарной безопасности, и ее тактико-технологические характеристики. подробно рассмотрен вопрос охраны труда участников тушения пожара подразделений местного гарнизона пожарной охраны,

изучена процедура обеспечения личного состава подразделений средствами индивидуальной защиты. Проведена оценка антропогенного воздействия объекта на окружающую среду при авариях и пожарах, при организации пожаротушения, а так же приведена схема рекомендуемых методов и средств снижения антропогенного воздействия аммиака на окружающую среду.

Настоящей работой был проведён анализ рациональности внедрения автоматической установки пожаротушения с автоматической пожарной сигнализацией в здание корпус компрессии с учётом особенностей объекта и находящегося в нём технологического оборудования.

Основываясь на оценке капиталовложений, системы противопожарной защиты на базе автоматической пожарной сигнализации и систем тушения пожара экономически целесообразны и разумны, а данные меры не только действительно обеспечивают пожарную безопасность, но и сохраняют людям жизнь.

«В случае аварии с целью защиты людей проводятся следующие мероприятия» [7]:

«1. Оповещение населения. Должны быть подготовлены варианты оповещения в зависимости от характера и масштабов аварий и метеоусловий. Население предупреждается о принятии необходимых мер защиты. Подается сигнал «Химическая опасность», при этом указывается: тип АХОВ, угрожающего поражением людей; вероятное направление распространения облака зараженного воздуха; возможные районы химического заражения и безопасные направления выхода из них» [7];

«2. Приведение в готовность органов управления, организации связи» [7];

«3. Приведение в готовность необходимых сил для обеспечения эвакуации, дегазации, выдачи средств индивидуальной защиты (СИЗ) и др» [7].

«4. Укрытие населения в защитных сооружениях» [7].

«5. Химическая разведка, необходимая для выявления границ зоны заражения, степени заражения и др» [7].

«6. Противохимическая защита населения – применение СИЗ и др» [7].

«7. Медицинская защита населения для оказания помощи пострадавшим от АХОВ и других воздействий» [7].

«8. Эвакуация населения из зон химического заражения и в первую очередь людей, не укрытых в защитных сооружениях» [7].

«9. Ликвидация сопутствующих аварийных процессов: пожаров, технологических аварий и т.д. Осуществляется локализация химического заражения, предотвращение распространения АХОВ, предупреждение заражения грунта и грунтовых вод. Ограничение распространения АХОВ на местности с целью уменьшения площади испарения осуществляется обваловкой разлившегося вещества, созданием препятствий на пути растекания, сбором АХОВ в естественные углубления, оборудованием специальных ловушек» [7].

Список используемых источников

1. Акимов А.Г., Лемешкин Р.Н., Жекалов А.Н., Бутузов С.В., Фомичев А.В. Ликвидация медицинских последствий химических аварий и катастроф [Электронный ресурс]: URL: <https://www.vmeda.org/wp-content/uploads/2016/pdf/210-218.pdf> (дата обращения: 10.03.2021).
2. Аммиак. Физические и химические свойства аммиака, получение, применение. Соли аммония [Электронный ресурс]: URL: <https://kardaeva.ru/89-dlya-uchenika/9-klass/207-ammiak-fizicheskie-i-khimicheskie-svoystva-ammiaka-poluchenie-primenenie-soli-ammoniya> (дата обращения: 10.03.2021).
3. Бокадаров С.А., Гудков М.А., Емельянов А.Б., Бокадарова О.С. Анализ причин аварий на производстве, связанных с выбросом аварийно химически опасных веществ [Электронный ресурс]: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-prichin-avariy-na-proizvodstve-svyazannyh-s-vybrosom-avarijno-himicheskii-opasnyh-veschestv/viewer> (дата обращения: 10.01.2021).
4. Большая энциклопедия нефти и газа. Зона – Химическое заражение. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.ngpedia.ru/id42234p1.html> (дата обращения: 10.03.2021).
5. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. Стройиздат 1987г. 49 с.
6. Котляревский В.А., Шаталов А.А., Ханухов Х.М. «Безопасность резервуаров и трубопроводов» / М., Изд-во «Экономика и информатика». 12-21 с.
7. Майорова, Л. П. М «Прогноз заражения АХОВ» [Текст] Методические указания. 11-19 с.
8. Метанол [Электронный ресурс]: URL: <http://nzmu.ru/metanol.html> (дата обращения: 10.01.2021).

9 «Методические рекомендации по составлению планов тушения пожаров и карточек тушения пожаров» [Электронный ресурс]. – URL: <http://pozhproukt.ru/nsis/Rd/Rekom/rek-sost-planov-i-kartochek-tush-pozharov.htm> (дата обращения: 10.02.2021).

10 Наиболее крупные аварии, связанные с выбросом (разливом) аммиака [Электронный ресурс]: URL: https://studbooks.net/1413257/bzhd/naibolee_krupnye_avarii_svyazannye_vybrosom_razlivom_ammiaka (дата обращения: 10.01.2021).

11 «О пожарной безопасности» [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 18.11.1994 № 69 (ред. от 22.01.2021) – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9028718> (дата обращения: 19.03.2021).

12 Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» [Электронный ресурс]: приказ от 16.10.2017 года № 444 (ред. от 28.02.2020) – URL: <https://docs.cntd.ru/document/542610435> (дата обращения: 19.03.2021).

13 Об утверждении «межотраслевых правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты» [Электронный ресурс]: приказ от 01.06.2009 года № 290н (с изменениями на 12.01.2015) – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902161801?marker=6540IN> (дата обращения: 19.03.2021).

14 «Об утверждении правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны» [Электронный ресурс]: приказ Минтруда России от 11.12.2020 № 881н – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=380882> (дата обращения: 19.03.2021).

15 Обязанности руководителя по обеспечению пожарной безопасности [Электронный ресурс] — URL: <http://vsepropb.ru/obyazannosti-rukovoditelya-po-obespech/> (дата обращения: 01.03.2021).

16 Рекомендации по организации и ведению боевых действий подразделениями пожарной охраны при тушении пожаров на объектах с наличием аварийно химически опасных веществ [Электронный ресурс]: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_239843/ (дата обращения: 11.03.2021).

17 Серная кислота [Электронный ресурс]: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%B0 (дата обращения: 15.01.2021).

18 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 28.07.2008 № 123 (ред. от 30.04.2021). URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 01.05.2021).

19 Характеристика аварийно химически опасных веществ (АХОВ) [Электронный ресурс]: URL: <https://10.mchs.gov.ru/deyatelnost/poleznaya-informaciya/rekomendacii-naseleniyu/radiacionnaya-i-himicheskaya-zashchita/harakteristika-avariyno-himicheski-opasnyh-veshchestv-ahov> (дата обращения: 10.01.2021).

20 Четвертухин Н.В. Ларионов М.В. Чернобров А.Р. Журавлев М.Д. Широнин Е.В. ООО «НПК Изотермик» Разработки инновационных конструкций изотермических резервуаров сжиженных газов на основе оценки риска // Теория и практика современной науки [Электронный ресурс]. – URL: https://modernj.ru/domains_data/files/sborniki_jurnal/Zhurnal%20_9.pdf#4 (дата обращения 01.02.2021).

21 Emergencies at Potentially Dangerous Objects Causing Atmosphere Pollution: Peculiarities of Chemically Hazardous Substances Migration [Электронный ресурс] – URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-48583-2_10 (дата обращения: 01.02.2021).

22 Impact Assessment and Environmental Evaluation of Various Ammonia Production Processes [Электронный ресурс] – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00267-017-0831-6> (дата обращения: 10.03.2021).

23 Lessons learned from hazardous chemical incidents—Louisiana Hazardous Substances Emergency Events Surveillance (HSEES) system [Электронный ресурс] – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389404002493> (дата обращения: 16.02.2021).

24 New York hazardous substances emergency events surveillance: learning from hazardous substances releases to improve safety [Электронный ресурс] – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389404002523> (дата обращения: 19.03.2021).

25 OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response [Электронный ресурс] – URL: <https://www.oecd.org/env/ehs/chemical-accidents/Guiding-principles-chemical-accident.pdf> (дата обращения: 19.01.2021).

Приложение А
Эквивалентное количество АХОВ

Таблица А.1 - Глубина(км) зоны заражения

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 и менее	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31
11	0,11	0,25	0,36	0,80	1,13	1,96	2,53	3,58	5,06
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43	4,85
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	1,80	2,37	3,29	4,66
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1,00	1,74	2,24	3,17	4,49

Продолжение Приложения А

Продолжение таблицы А.1

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т								
	30	50	70	100	300	500	700	1000	2000
1 и менее	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	288	363	572
2	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121	150	189	295
3	15,18	20,59	25,21	31,30	61,47	84,50	104	130	202
4	12,18	16,43	20,05	24,80	48,18	65,92	81,17	101	157
5	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	67,15	83,60	129
6	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	56,72	71,70	110
7	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	50,93	63,16	96,30
8	7,42	9,90	11,98	14,68	27,75	37,49	45,79	56,70	86,20
9	6,86	9,12	11,03	13,50	25,39	34,24	41,76	51,60	78,30
10	6,50	8,50	10,23	12,54	23,49	31,61	38,50	47,53	71,90
11	6,20	8,01	9,61	11,74	21,91	29,44	35,81	44,15	66,62
12	5,94	7,67	9,07	2	20,58	27,61	35,55	41,30	62,20
				11,06					

Приложение Б

Характеристики АХОВ и вспомогательные коэффициенты для определения глубины зоны заражения

Таблица Б.1 - Характеристики АХОВ и вспомогательные коэффициенты для определения глубины зоны заражения

№ п/п	АХОВ	Плотность АХОВ, т/м ³		Температура кипения, °С	Пороговая токсодоза мг·мин/л	Значения вспомогательных коэффициентов							
		газ	жидкость			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температуры воздуха (°С)				
									-40	-20	0	20	40
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Окислы азота	-	1,491	21,0	1,5	0	0,040	0,40	0	0	0,4	1	1
2	Окись этилена	-	0,882	10,7	2,2**	0,05	0,041	0,27	<u>0</u> 0,1	<u>0</u> 0,3	<u>0</u> 0,7	<u>1</u> 1	<u>3,2</u> 1
3	Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0,11	0,049	0,333	<u>0</u> 0,2	<u>0</u> 0,5	<u>0,3</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,7</u> 1
4	Сероводород	0,0015	0,964	-60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	<u>0,3</u> 1	<u>0,5</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,2</u> 1
5	Сероуглерод	-	1,263	46,2	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1

Продолжение Приложения Б

Продолжение таблицы Б.1

№ п/п	АХОВ	Плотность АХОВ, т/м ³		Температура кипения, °С	Пороговая токсодоза мг·мин/л	Значения вспомогательных коэффициентов							
		газ	жидкость			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температуры воздуха (°С)				
									-40	-20	0	20	40
6	Соляная кислота (концентрированная)	-	1,198	-	2	0	0,021	0,30	0	0,1	0,3	1	1,6
7	Триметиламин	-	0,671	2,9	6*	0,07	0,047	0,1	<u>0</u> 0,1	<u>0</u> 0,4	<u>0</u> 0,9	<u>1</u> 1	<u>2,2</u> 1
8	Формальдегид	-	0,815	-19,0	0,6*	0,19	0,034	1,0	<u>0</u> 0,4	<u>0</u> 1	<u>0,5</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,5</u> 1
9	Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1,0	<u>0</u> 0,1	<u>0</u> 0,3	<u>0</u> 0,7	<u>1</u> 1	<u>2,7</u> 1
10	Фтор	0,0017	1,512	-188,2	0,2*	0,95	0,038	3,0	<u>0,7</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>0,9</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,1</u> 1
11	Фосфор треххлористый	-	1,570	75,3	3	0	0,010	0,2	0,1	0,2	0,4	1	2,3
12	Фосфора хлорокись	-	1,675	107,2	0,06*	0	0,003	10,0	0,05	0,1	0,3	1	2,6
13	Хлор	0,0032	1,553	-34,1	0,6	0,18	0,052	1,0	<u>0</u> 0,9	<u>0,3</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,4</u> 1

Продолжение Приложения Б

Примечания:

1. Плотности газообразных АХОВ в графе 3 приведены для атмосферного давления; при давлении в емкости, отличном от атмосферного, плотности определяются путем умножения данных графы 3 на значение давления в атмосферах (1 атм. = 760 мм рт. ст.).
2. Значения K_7 в графах 10 - 14 в числителе приведены для первичного, в знаменателе – для вторичного облака.
3. В графе 6 численные значения токсодоз, помеченные звездочками, определены ориентировочно по соотношению: $D = 240 K \text{ ПДК}_{\text{рз}}$, где D - токсодоза, мг·мин/л; $\text{ПДК}_{\text{рз}}$ - ПДК рабочей зоны(мг/л) по ГОСТ 12.1.005-88; $K=5$ для раздражающих ядов (помечены одной звездочкой); $K = 9$ для всех прочих ядов (помечены двумя звёздочками).
4. Значения K_1 для изотермического хранения аммиака приведено для случая разлива (выброса) в поддон.

Приложение В

Значение коэффициента K_4 в зависимости от скорости ветра

Таблица В.1 - Значение коэффициента K_4 в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
K_4	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0	5,68

Приложение Г

Скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха в зависимости от скорости ветра

Таблица Г.1 - Скорость(км/ч) переноса переднего фронта облака зараженного воздуха в зависимости от скорости ветра

Состояние атмосферы (степень вертикальной устойчивости)	Скорость ветра, м/с														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Инверсия	5	10	16	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Изотермия	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88
Конвекция	7	14	21	28											

Приложение Д
Возможные потери людей в очаге поражения

Таблица Д.1 - Возможные потери людей в очаге поражения, %

Условия защиты	Обеспеченность противогАЗами, % (n)						
	0	20	40	50	70	90	100
Открытая местность	90-100	75	50	50	35	18	5-10
Укрытия здания	50	40	30	27	18	9	4

Приложение Е

Процент пораженных при отсутствии средств защиты во время распространения первичного облака

Таблица Е.1 - Процент пораженных при отсутствии средств защиты во время распространения первичного облака

Вид АХОВ	Количество пораженных, %
Окись углерода	18-20
Хлор, аммиак, сернистый газ	20-30
Синильная кислота. Фосген	30-40
Окись этилена	50-60

Приложение Ж
Средняя удельная смертность людей для некоторых АХОВ

Таблица Ж.1 - Средняя удельная смертность людей для некоторых АХОВ (N_{см})

Наименование вещества	N _{см} , чел/т
Хлор, фосген, хлорпикрин	0,5
Сероводород	0,2
Сернистый ангидрид	0,12
Аммиак	0,05
Сероуглерод	0,02
Метилизоцианит	12,5