



## АННОТАЦИЯ

На выпускную квалификационную работу Сибгатуллина И.И. на тему «Разработка мероприятий по снижению риска токсического отравления сотрудников АО «КВАРТ» г. Казани».

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 65 листах машинописного текста и графической части на 6 листах формата А1.

Пояснительная записка состоит из введения, трех разделов, заключения и списка использованной литературы.

В первом разделе представлен анализ опасности в химическом производстве.

Во втором разделе приведено опасности производства и меры по предупреждению аварийной ситуации, оценка взрывоопасности технологии и последствий химических аварий, разработка инструкции по охране труда машиниста по обслуживанию аммиачно-холодильных установок и физическая культура на производстве.

В третьем разделе приводится расчет экономической оценка ущерба.

## ABSTRACT

For final qualifying work Sibgatullina I.I. on the theme «Development of measures to reduce the risk of toxic poisoning of employees of Kazan KVART JSC».

Final qualifying work consists of an explanatory note on 65 sheets of typewritten text and the graphic part on 6 sheets of A1 format.

Explanatory note consists of introduction, three sections, conclusion and list of references.

The first section presents a hazard analysis in chemical production.

The second section presents the hazards of production and measures to prevent an emergency, the assessment of the explosion hazard of technology and the consequences of chemical accidents, the development of instructions for occupational safety of the driver for ammonia-refrigeration units and physical training at work.

The third section provides a calculation of economic damage assessment.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	8
<b>1 АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ В ХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ</b> ...	9
1.1 Аварии на химически опасном объекте.....	9
1.2 Анализ условий возникновения и развития аварий.....	9
1.3 Анализ риска опасных промышленных объектов.....	11
1.4 Опасность аммиачно-холодильных установок.....	12
<b>2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ</b> .....	14
2.1 Сведения об охране объекта.....	14
2.2 Общая характеристика холодильного отделения цеха.....	14
2.3 Свойства аммиака.....	15
2.4 Основные опасности производства и меры по предупреждению аварийной ситуации.....	17
2.5 Определение количества опасного вещества в блоках.....	23
2.6 Количественная оценка взрывоопасности технологии.....	24
2.7 Оценка последствий химических аварий.....	32
2.8 Анализ последствий аварий и мероприятий.....	36
2.9 Разработка инструкции по охране труда машиниста по обслуживанию аммиачно-холодильных установок.....	40
2.10 Физическая культура на производстве .....	43
<b>3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА</b> .....	45
3.1 Расчет ущерба до внедрения мероприятий.....	47
3.2 Расчет ущерба после проведения мероприятий.....	56

3.3	Анализ эффективности мероприятий, направленных на снижение размера ущерба от аварий.....	60
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>62</b>
	<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>63</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Крупные аварии на химически опасных объектах (ХОО) являются одними из наиболее опасных технологических катастроф, которые могут привести к массовому отравлению и гибели людей и животных, значительному экономическому ущербу и тяжелым экологическим последствиям.

Проблема промышленной безопасности значительно обострилась с появлением крупномасштабных химических производств в первой половине нашего века. Как следствие, возрастает содержание опасных веществ в технологических аппаратах, что сопровождается возникновением опасностей катастрофических пожаров, взрывов, токсических выбросов и других разрушительных явлений.

Безопасность функционирования химически опасных объектов (ХОО) зависит от многих факторов: физико-химических свойств сырья, характера, от конструкции и надежности оборудования, условий хранения и транспортирования химических веществ, состояния средств автоматизации, эффективности средств противоаварийной защиты и т. д. Безопасность производства, использования, хранения и перевозок сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ) в значительной степени зависит от уровня организации профилактической работы, своевременности и качества планово-предупредительных ремонтных работ, подготовленности и практических навыков персонала, системы надзора за состоянием технических средств противоаварийной защиты.

Наличие такого количества факторов, от которых зависит безопасность функционирования ХОО, делает эту проблему крайне сложной. Как показывает анализ причин крупных аварий, сопровождаемых выбросом (утечкой) СДЯВ, на сегодня нельзя исключить возможность возникновения аварий, приводящих к поражению производственного персонала.

## **1 АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ В ХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

### **1.1 Авария на химически опасном объекте**

Химически опасный объект - это химическое заражение окружающей природной среды.

Статистика показывает, что количество аварий на таких объектах не уменьшается, а по своим масштабам они принимают все более катастрофический характер как для самих предприятий, так для проживающего вблизи населения и окружающей природной среды.

Химические предприятия, производящие или использующие такие вещества, как аммиак, хлор, фосген, синильную кислоту, сернистый ангидрид, в случае аварийной ситуации представляют опасность для рабочих и служащих, а при крупных авариях и для всего населения. Аварии могут сопровождаться выбросом СДЯВ в атмосферу. Распространение зараженного воздуха может привести к поражению органов дыхания, глаз, кожных покровов у людей и сельскохозяйственных животных.

«На первом месте по числу аварий, повлекших за собой гибель людей, стоят хлор и аммиак, т.е. наиболее опасными (не с точки зрения токсичности, а по числу жертв при авариях) являются те вещества, которые наиболее широко и в значительных количествах задействованы в производстве и способны в достаточных количествах переходить в атмосферу».

Оценка последствий аварийных выбросов опасных веществ является одним из этапов анализа риска аварий. Наибольшая опасность аварийных выбросов связана с возможностью распространения (дрейфа) облаков на значительные расстояния, величина которых зависит от свойств веществ, условий выброса и состояния окружающей среды.

### **1.2 Анализ условий возникновения и развития аварий**

Основные причины, связанные с отказом оборудования:

- опасности, связанные с типовыми процессами;

- прекращение подачи энергоресурсов;
- физический износ, коррозия и эрозия, механические повреждения, температурная деформация оборудования и трубопроводов.

Коррозионное трубопроводов, чаще всего имеет локальный характер и не приводит к серьезным последствиям. Но при несвоевременном принятии надлежащих мер оно может привести к цепному развитию аварийной ситуации.

Физический износ, механическое повреждение или температурная деформация оборудования и трубопроводов может привести к частичному или полному их разрушению и возникновению аварийной ситуации любого масштаба.

Причины, связанные с типовыми процессами (в данном случае гидродинамическими), определяются наличием:

- насосного оборудования;
- емкостного оборудования;
- трубопроводных систем;

Аварийная остановка насосов может привести к нарушению технологического режима и разрушению оборудования. Некоторые элементы насосов (торцевые уплотнения) при их неисправности могут стать источником утечек.

Емкостное оборудование является источником повышенной опасности из-за значительных объемов содержащихся в них веществ.

Трубопроводные системы имеют большое количество сварных и фланцевых соединений, запорной и регулирующей арматуры. Разгерметизация трубопроводов может привести к значительному выбросу веществ, перемещающихся по ним.

К обслуживающему персоналу предъявляются требования повышенного внимания и высокой квалификации. Основные ошибки возникают при пуске и остановке оборудования, а также при проведении ремонтных работ. В случае неправильных действий персонала возникает

опасность разгерметизации оборудования и возникновения крупномасштабных аварий.

К внешним воздействиям природного и техногенного характера можно отнести разряды от статического электричества, грозовые разряды, смерчи, ураганы, снежные заносы, попадание оборудования в зону действия поражающих факторов аварий на соседних объектах.

### **1.3 Анализ риска опасных промышленных объектов**

Риск - это мера опасности. Анализ риска служит полезным средством, когда имеется намерение выявить существующие опасности, реализовать меры по уменьшению риска и определить уровни рисков выявленных нежелательных событий.

Задачей управления рисками является контроль, предотвращение или сокращение гибели людей, снижение заболеваемости, снижение ущерба, урона имуществу и логически вытекающих потерь, а также предотвращение неблагоприятного воздействия на окружающую среду [8].

В общем случае последствия чрезвычайных ситуации и аварий можно разделить на три группы ущерба:

1. Причинение ущерба жизни и здоровью людей;

2. Экономические ущербы:

- из-за повреждения сооружения или конструкции;

- косвенные убытки из-за выхода их из эксплуатации и остановки производства.

3. Ущерб и неблагоприятные последствия для окружающей среды и культурных ценностей.

Соотношение объектов риска и нежелательных событий позволяет различать технический, индивидуальный, социальный, потенциальный и коллективный риск. Рассмотрим последний.

Коллективный риск - это ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени.

Снижение риска может идти по двум направлениям:

1. Снижение вероятности возникновения аварий. Этот фактор определяется прежде всего надежностью технологического оборудования, возможностью контроля и поддержания его ресурса, эффективностью управления технологическим процессом, а также исключением (ограничением) прямо воздействия человеческого фактора.

2. Уменьшение масштабов поражения. В первую же очередь речь идет о поражении людей технического персонала и населения. При этом следующие основные моменты являются важным:

- правильное понимание специфики поражающих факторов в конкретной аварийной ситуации;
- соответствующая подготовленность персонала и населения к адекватным действиям в условиях чрезвычайных ситуации, наличие индивидуальных средств защиты или укрытий при работе в зонах потенциальной опасности;
- по крайней мере, частичное изменение общего эффекта поражения.

#### **1.4 Опасность аммиачно-холодильных установок**

В настоящее время одним из определяющих факторов экономической и социальной жизни на Земле является применение искусственного холода.

Основной причиной аварий являются неосторожные действия персонала, нарушение правил и регламентов подготовки и проведения опасных видов работ.

В подавляющем большинстве случаев аварий происходит выброс жидкого и газообразного аммиака и токсическое поражение обслуживающего персонала.

В целом анализ промышленной безопасности систем хладоснабжения действующих предприятий показывает, что их состояние не в полной мере отвечает организационным, техническим и технологическим требованиям «Правил безопасности аммиачных холодильных установок».

Серьезные аварии могут привести несвоевременное принятие мер по устранению нарушений. К таким нарушениям относятся:

- высокое давление всасывания компрессора, резкое снижение температуры нагнетания;
  - высокая температура смазочного масла;
  - высокая температура воды, охлаждающей цилиндры компрессора;
  - повышенный нагрев отдельных узлов и деталей компрессора;
- появление посторонних шумов и стуков;
- утечка масла через сальник компрессора или маслонасоса;
- повышенная вибрация компрессора и др.

Принято связывать исключительно с возможными утечками аммиака опасность использования аммиачных холодильных установок.

В России уделяют большое внимание вопросам промышленной безопасности в целом и безопасности аммиачных холодильных установок в частности. С 1995 года все холодильные установки, содержащие более одной тонны аммиака, взяты под контроль Федеральной службой по технологическому и атомному надзору России (Ростехнадзор). Предприятия обязаны получать разрешение на право эксплуатации аммиачных холодильных установок. Для оценки безопасности проверяется состояние всей установки и ее отдельных узлов на соответствие требованиям российского законодательства, проверяется, имеются ли средства автоматической защиты от аварий. Проводятся инспекционные проверки оборудования [12].

## **2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

### **2.1 Сведения об охране объекта.**

Охрана периметра и объектов АО «КВАРТ», а также контрольно-пропускной режим, осуществляется сотрудниками частной охранной предприятии, штатная численность которых составляет 50 человек. Проход персонала на территорию АО «КВАРТ» осуществляется через контрольно-пропускные пункты; проезд автомобильного и железнодорожного транспорта на территорию осуществляется через контрольно-пропускной пункт, оборудованные воротами с электрическим приводом.

Проходные оснащены кнопками тревожной сигнализации. Работники частной охранной предприятии экипированы переносными металлодетекторами.

Также установлены дополнительные видеокамеры на всех въездных воротах предприятия. На въездах установлены блоки с целью устранения несанкционированного въезда.

Завод расположен в Юго-Восточной части г.Казани.

Площадь территория - 907500 м.

Пром. Площадь - 803700 м.

Длина с севера на юг - 1420 м.

Ширина с запада на восток – 640 м.

### **2.2 Общая характеристика холодильного отдельного цеха.**

Холодильное отделение предназначено для получения холода. Хладоносителем является рассол – водный раствор хлористого кальция, который в испарителях аммиаку. Затем подается рассольными насосами в цеха – потребители для охлаждения технологических процессов в теплообменном оборудовании. Год ввода в действие – 1975 год.

В общий состав холодильного отделения вводят: машинный зал, наружная установка, насосная, маслохозяйство, комната КИП, бытовое помещение.

Холодильное отделение имеет аммиачную технологическую линию. Аммиачная технологическая линия предназначена для охлаждения рассола путем отбора у него тепла при кипении аммиака в испарителях, а также для обеспечения нормального замкнутого цикла холодильной установки.

Компрессор  $1^{1-5}$  нагнетает пары аммиака в  $2^{1-2}$  маслоотделитель, где отделившись от масла аммиак нагнетается в конденсатор  $3^{1-3}$ . Сконденсировавшись сливается в рабочий ресивер  $4^{1-2}$ . Затем жидкий аммиак через регулирующие вентиля в  $5^{1-3}$  испарители, где при пониженном давлении кипит, отбирая тепло у хладоносителя (рассола). Охлажденный рассол подается насосами в цеха потребители, а газообразный аммиак через отделители жидкости  $6^{1-2}$ , отсасывается компрессором [13].

### **2.3 Свойства аммиака.**

Аммиак относится к сильнодействующим ядовитым газам. Бесцветный, горючий газ с острым удушающим запахом (при нормальных условиях), под давлением – жидкость, с характерным запахом. Относится к 4-му классу опасности, токсичный и взрывоопасный. Порог восприятия –  $37 \text{ мг/м}^3$ . Температура самовоспламенения  $650 \text{ }^\circ\text{C}$ . ПДК -  $20 \text{ мг/м}^3$ . Плотность –  $0,77 \text{ мг/м}^3$ , температура кипения при атмосферном давлении минус  $33,34 \text{ }^\circ\text{C}$ , температура плавления минус  $77,7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Смесь аммиака с воздухом и кислородом может образовать взрывоопасную концентрацию. При концентрации в пределах 15-28% с воздухом смесь аммиака взрывается.

Предел взрываемости – 15% объемных – нижний и 28% объемных – верхний с воздухом; 13,5 – 79% - с кислородом.

Перевод вещества в безвредное состояние осуществляется путем поглощения паров аммиака распыленной водой, сжигания, а также нейтрализации больших проливов аммиака углекислотой.

### **2.3.1 Характер воздействия вещества на организм человека.**

При незначительной концентрации оказывает раздражающее действие на глаза и слизистую оболочку носоглотки. При легком отравлении наблюдается раздражение глаз, слизистой оболочки носа, слюнотечение, головная боль, потливость, боль в груди. При остром отравлении – приступы кашля, головокружение, боли в желудке, расстройство дыхания и кровообращение, судороги, глухота, может развиваться отек легких.

### **2.3.2 Первая помощь при отравлении аммиаком.**

При раздражении носоглотки нужно полоскать ее 2%-ным раствором соды или водой. Если появляется удушье, кашель, пострадавший должен транспортироваться в лежачем положении. При попадании в глаза аммиака, следует их обильно промыть чистой водой и до осмотра нужно надеть темные очки, накладывать повязку на глаза или забинтовать нельзя.

Необходимо сначала направить на обожженную поверхность обильную струю чистой воды, т.к. при попадании жидкого аммиака на кожу может получиться ожог. Затем делают теплую водяную ванну (35 - 40°C) на 5-10 мин на пораженное место. Пораженное место намазывают мазью вишневого или пенициллиновой и накладывают повязку.

Для оказания доврачебной помощи в машинном отделении должна быть аптечка со следующими лекарствами: 1-2%-ным раствором лимонной кислоты; 3%-ным раствором молочной кислоты; 2-4%-ным раствором борной кислоты; 1%-ным раствором новокаина.

В специально отделенном месте должны находиться баллон с медицинским кислородом и оборудованием к нему.

## **2.4 Основные опасности производства и меры по предупреждению аварийной ситуации.**

### **2.4.1 Основные потенциальные опасности применяемого оборудования и трубопроводов, их ответственных узлов и меры по предупреждению аварийной разгерметизации технологических систем**

Основные потенциальные опасности:

1. Высокое давление паров хладагента и их вредных свойств для здоровья.
2. Вращение части компрессоров, двигателей, насосов, вентиляции.
3. Наличие исправности запорной арматуры и исправной вентиляции.
4. Наличие гидравлического удара в компрессоре.
5. Постоянный надзор за плотностью соединений трубопроводов.
6. Разгерметизация аппаратов с жидким и газообразным аммиаком.
7. Разгерметизация аппаратов с жидким и газообразным аммиаком.

По предупреждению аварийной опасности служат:

1. Блокировки, сигнализация
2. Ограждения и кожуха
3. Опрессовка установки
4. Противопожарное оборудование
5. Орошение водой
6. Обваловка наружной установки
7. Установленные гидрозатворы
8. Пожарные краны с распылителями на воде
9. Соблюдение норм технологического процесса

### **2.4.2 Описаний решений, направленных на исключение разгерметизации оборудования и предупреждение аварийных выбросов опасных веществ.**

В технологическом процессе аммиачно-холодильного производства имеется емкостное, теплообменное, компрессорно-насосное оборудования, реактора, сеть трубопроводов согласно перечню оборудования.

Для исключения разгерметизации оборудования и предупреждения аварийных выбросов опасных веществ при аммиачно-холодильном производстве предусмотрен комплекс мероприятий:

- все производственные процессы осуществляются в закрытых, герметичных сосудах и аппаратах;

- для предотвращения возникновения нештатных ситуаций предусмотрена разветвленная система контроля и регулирования основных технологических параметров: давления, температуры, расхода, уровня продукта в оборудовании;

- нормами технологического процесса и средствами автоматизированного управления предусмотрено исключение резких изменений параметров технологического режима: завышения температуры, давления, уровней во всех аппаратах;

- текущие показания первичных приборов по изменению наиболее опасных параметров процесса включены в контуры предупредительной и аварийной звуковой и световой сигнализации;

- насосы имеют блокировку в случае отсутствия жидкости в полости сжатия;

- на наиболее опасных участках для обеспечения ревизии клапанов на аппаратах установлены по два предохранительных клапана с блокирующим устройством, исключающим возможность одновременного отключения рабочего и резервного клапана;

- в целях предупреждения возникновения аварийных ситуаций аппараты оснащены системами контроля параметров и ПАЭ. Приборы контроля и ПАЭ включены в контуры предупредительной световой и звуковой сигнализации;

- материалы, конструкция оборудования и технологических трубопроводов рассчитаны на обеспечение прочности и надежности эксплуатации в рабочем диапазоне температур и давлений и подобраны из номенклатуры стандартизованных отечественных и импортных материалов;

- вся арматура на оборудовании, аппаратах связанных с взрывопожароопасными веществами, обращающих опасных веществ;

- расчетная толщина стенок технологического оборудования, сосудов и трубопроводов определена с учетом расчетного срока эксплуатации и прибавки для компенсации коррозии (2 мм), при этом скорость коррозии каждой марки материала при контакте с соответствующей средой не превышает 0,1 мм/год;

- расчетные давление и температура емкостного оборудования и аппаратов, работающих под давлением и повышенных температурах, приняты не менее, чем на 25% превышающие рабочие;

- во избежание температурных деформаций трубопроводов использован метод самокомпенсации и расстановка опор с расстоянием не более 25 м;

- центробежные насосы оснащены двойным торцевым уплотнением с использованием маслобензостойких прокладочных материалов;

- наружная поверхность оборудования и трубопроводов имеет антикоррозионное покрытие;

- наполнение емкостей горючей и взрывоопасной жидкостью (аммиак) производится с коэффициентом не более 0,9; уровень жидкости регулируется, достижение максимально допустимого уровня сигнализируется;

- эксплуатация технологического оборудования и трубопроводов при неисправных предохранительных клапанах, отключающих устройствах, контрольно-измерительных приборах а также при отсутствии, не допускается;

- установлен порядок и периодичность контроля герметичности арматуры;
- установлены регламентные сроки, в которые проводятся технические освидетельствования аппаратов, емкостей и трубопроводов;
- своевременно выполняется график ППР технологического оборудования, запорной, регулирующей и предохранительной арматуры, приборов КИПиА, насосного оборудования;
- разработан и реализуется план-график технического диагностирования оборудования и трубопроводов.

### **2.4.3 Описание решений, направленных на предупреждение развития аварий и локализацию выбросов опасных веществ**

Технологическая линия аммиачно-холодильного производства рационально разделена по блокам, что обусловлено отсутствием жестких технологических связей, а также наличием необходимого количества запорной арматуры и быстродействующей запорной арматуры и регулирующей арматуры с дистанционным управлением. Условия безопасного отсечения потоков:

- разделение производство по блокам;
- редкодействующие вентили на тупиковых участках подвергаются прокручиванию не реже одного раза в 5 дней с фиксацией в журнале за подписью начальника смены и аппаратчика, арматуру на тупиковых участках в капитальный ремонт (1 раз в год) полностью освобождают от бутадиена и подвергается ревизии;
- шланги, используемые для слива аммиака из автоцистерны испытываются на прочность 1,5 Р рабочего давления (0,6 МПа) и срок годности испытаний шлангов 6 месяцев, перед каждой операцией слива шланги испытываются на герметичность на рабочее давление;

#### **2.4.4 Описание решений, направленных на обеспечение взрывопожаробезопасности.**

В аммиачно-холодильном производстве применяется мероприятий, обеспечивающих условия безопасного ведения технологических процессов и их взрывопожаробезопасность. Комплекс мероприятий имеет цели:

- предотвращение взрывов и пожаров внутри технологического оборудования;
- защиту технологического оборудования от разрушения и максимальное ограничение выбросов из него горючих веществ в атмосферу;
- снижение тяжести последствий возможных взрывов и пожаров.

Для обеспечения взрывопожаробезопасности в аммиачно-холодильном производстве предусмотрены следующие решения:

- установка сигнальных, регулирующих устройств, блокировок по критическим значениям параметров: давления, уровня, температур, расхода, наличия токсичных веществ в воздухе.
  - наличие средств контроля и регистрации технологического процесса;
  - дистанционное отключение всех вентсистем в машинном зале;
  - дистанционное отключение насосов поз. 9/1,2 и компрессоров поз. 1/1-5;
  - установка сдвоенных предохранительных клапанов на всех аппаратах;
  - укомплектование рабочих мест индивидуальной защиты;
  - заземление технологического оборудования, оборудования вентиляционных систем и электрооборудования соответствует ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление»;
  - защита от статистического электричества осуществляется в соответствии с требованиями ВСН-72 «Правила защиты от статистического электричества в производствах нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности»;
  - молниезащита зданий, сооружения выполнены по проекту ГИПРО-КАУЧУКА, введены в эксплуатацию в 1975 г. И в настоящее время

соответствует требованиям СНиП 2.09.02.85 «Производственные здания», СНиП 2.01.02.85 «Пожарные нормы».

- во всех взрывопожарных местах установлены предупредительные надписи и знаки безопасности согласно ГОСТ 12.4.026-79 «Цвета сигнальные и знаки безопасности», а также таблички с указанием зон по ПУЭ-86 «Правила устройства электроустановок».

#### **2.4.5 Описание систем автоматического регулирования, блокировок, сигнализаций и других средств обеспечения безопасности.**

В целях безопасного технологического процесса предусмотрены следующие системы блокировок и сигнализаций:

- блокировка по падению давления аммиака во всасывающем коллекторе компрессора, при понижении давления ниже 0,0 МПа срабатывает блокировка и световая сигнализация;

- блокировка по понижению перепада масла в масляной системе компрессора, при уровня ниже 0,75 м срабатывает блокировка, световая сигнализация;

- сигнализация завышения давления аммиака в линии нагнетания компрессора, при завышении давления выше 1,3 МПа срабатывает световая и звуковая сигнализация;

- сигнализация падения давления аммиака, во всасывающем коллекторе компрессора, при понижении давления ниже 0,0 МПа срабатывает световая и звуковая сигнализация;

- сигнализация падения давления в линии охлаждающей воды, при понижении давления ниже 0,1 МПа срабатывает световая и звуковая сигнализация;

- сигнализация понижения давления в линии нагнетания рассола, при понижении давления ниже 0,3 МПа срабатывает световая и звуковая сигнализация;

- сигнализация завьшения уровня аммиака в испарителях, при завьшении уровня выше 80% срабатывает световая и звуковая сигнализация;
  - сигнализация завьшения уровня аммиака в ресиверах, при завьшении уровня выше 80% срабатывает световая и звуковая сигнализация;
  - сигнализация завьшения уровня аммиака в дренажном ресивере, при завьшении уровня выше 50% срабатывает световая и звуковая сигнализация;
  - сигнализация падения давления воздуха КИП, при понижении давления ниже 0,14 МПа срабатывает световая и звуковая сигнализация. – Блокировка по завьшению давления аммиака в линии нагнетания компрессора, пи завьшении давления выше 1,4 МПа срабатывает блокировка и световая сигнализация;
  - блокировка по завьшению уровня аммиака в отделителях жидкости, при завьшении уровня выше 40% срабатывает блокировка и световая сигнализация;
  - блокировка по завьшению температуры в линии нагнетания компрессора, при завьшении температуры выше 140 °С срабатывает блокировка и световая сигнализация;
- Сигнализация по завьшению содержанию аммиака в воздухе машинного зала СА-1, срабатывает световая и звуковая сигнализация.

#### **2.4.6 Способы обезвреживания и нейтрализации продуктов производства при разливах и авариях.**

При разливах, аварийных ситуациях связанных с истечением наружу жидкого аммиака организовать орошение водой с последующим сбором раствора аммиака и удаление его с установки при помощи специальной автомашины.

#### **2.5 Определение количества опасного вещества в блоках**

Рассмотрим порядок расчета на примере блока №3 (конденсатор). Исходные данные для расчета приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1- Исходные данные для расчета количества опасного вещества в блоке №3

Параметр	Размерность	Значение
Рабочее давление в блоке, P	МПа	1,4
Рабочая температура в блоке, t	°С	35
Объем аппарата, V	м <sup>3</sup>	6,6
Коэффициент заполнения, φ	--	0,8
Диаметр трубопровода, d <sub>тр</sub>	М	0,16
Длина трубопровода до задвижки, l	М	1,2
Расход аммиака, q	кг/час	1500
Время с момента разгерметизации до полного срабатывания отключающей аварийный блок арматуры, τ	С	300
Плотность газообразного аммиака, ρ <sub>г</sub>	кг/м <sup>3</sup>	10,43
Плотность жидкого аммиака, ρ <sub>ж</sub>	кг/м <sup>3</sup>	588

Общее количество аммиака в блока №3 рассчитывается по формуле:

$$G = G_{ж} + G_{г} + G_{тр1} + G_{тр2}, \quad (2.1)$$

где G – общее количество аммиака, кг;

$G_{ж}$ ,  $G_{г}$ - количество жидкого и газообразного аммиака в аппарате, кг.

$G_{тр1}$  - количество аммиака в трубопроводе, выделяющееся с момента разгерметизации до полного срабатывания отключающей аварийный блок арматуры, кг;

$G_{тр2}$  – количество аммиака в трубопроводе, выделяющееся после срабатывания отключающей аварийный блок арматуры, кг;

Количество жидкого аммиака, находящегося в аппарате:

$$G_{\text{ж}} = V \varphi \rho, \quad (2.2)$$

где  $V$  – объем аппарата,  $\text{м}^3$ ;

$\varphi$  - коэффициент заполнения;

$\rho$ - плотность газообразного или жидкого аммиака ( $\rho_{\text{г}}$ ,  $\rho_{\text{ж}}$ ) при заданных давлении и температуре,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

$$G_{\text{ж}} = 6,6 \cdot 0,8 \cdot 588 = 3104,64 \text{ кг.}$$

Количество газообразного аммиака, находящегося в аппарате:

$$G_{\text{г}} = V(1-\varphi)\rho \quad (2.3)$$

$$G_{\text{г}} = 6,6 \cdot (1-0,8) \cdot 10,43 = 13,77 \text{ кг.}$$

Количество аммиака в трубопроводе, выделяющееся с момента разгерметизации до полного срабатывания отключающей аварийный блок арматуры:

$$G_{\text{тр1}} = q\tau, \quad (2.4)$$

где  $q$ - расход аммиака,  $\text{кг}/\text{час}$  ;

$\tau$ - время с момента разгерметизации до полного срабатывания отключающей аварийный блок арматуры,  $\text{с}$ .

$$G_{\text{тр1}} = 1500 \cdot (300/3600) = 125 \text{ кг.}$$

Количество аммиака в трубопроводе, выделяющееся после срабатывания отключающей аварийный блок арматуры:

$$G_{\text{тр}2} = \rho \frac{1}{4} \pi d_{\text{тр}}^2 l, \quad (2.5)$$

где  $d_{\text{тр}}$  - диаметр трубопровода, м;

$l$  – длина трубопровода, м.

$$G_{\text{тр}2} = (10,43 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,16^2 \cdot 1,2) = 0,25 \text{ кг.}$$

Таким образом, общее количество аммиака в блоке №3 составляет:

$$G = 3104,64 + 13,77 + 125 + 0,25 = 3243,66 \text{ кг.}$$

## 2.6 Количественная оценка взрывоопасности технологии.

Количественная оценка взрывоопасности технологических производилась согласно ПБ 09-540-03 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств». Рассмотрим расчет участвующей во взрыве массы вещества и радиусов зон разрушения для блока №3 (конденсатор). Исходные данные для расчета приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2- Исходные данные для расчета участвующей во взрыве массы вещества и радиусов зон разрушения в случае взрыва блока №3

Параметр	Размерность	Значение
Регламентирование давление в блоке, Р	МПа	1,4
Рабочая температура среды, Т	К	383
Объем ПГФ в блоке, $V^I$	м <sup>3</sup>	1,45
Масса ПГФ в блоке, $G'_b$	Кг	50,22

Масса ЖФ в блоке, $G_b''$	Кг	0
Масса ПГФ поступающая к разгерметизированному участку от смежного блока, $G_i'$	Кг	125
Время с момента АРБ до полного срабатывания отключающей аварийный блок арматуры, $\tau$	С	120
Удельная теплота сгорания ПГФ, $q^I$	кДж/кг	18585

Принятые сокращения:

ПГФ – парогазовая фаза;

ЖФ – жидкая фаза;

АРБ – аварийная разгерметизация блока.

Обозначение параметра – символа одним штрихом соответствует парогазовым состоянием среды, двумя штрихами- жидким средам, например  $G'$  и  $G''$  - соответственно масса парогазовой фазы и жидкой фазы.

Энергетический потенциал взрывоопасности  $E$  (кДж) блока №3 определяется полной энергией сгорания парогазовой фазы, находящейся в блоке, с учетом величины работы ее адиабатического расширения, а также величины энергии полного сгорания испарившейся жидкости с максимально возможной площади ее пролива, при этом считается:

- при аварийной разгерметизации аппарата происходит его полное раскрытие (разрушение);
- площадь пролива жидкости определяется исходя из конструктивных решений заданий или площадки наружной установки;
- время испарения принимается не более 1 ч;

$E$ - энергетический потенциал взрывоопасности, кДж:

$$E = E'_1 + E'_2 + E''_1 + E''_2 + E''_3 + E''_4, \quad (2.6)$$

где  $E$ - общий энергетический потенциал взрывоопасности (полная энергия сгорания ПГФ, поступившей в окружающую среду при аварийной разгерметизации блока), кДж;

$E'_1$ - сумма энергий адиабатического расширения  $A$  (кДж) и сгорания ПГФ, находящейся в блоке, кДж;

$E'_2$ - энергия сгорания ПГФ, поступившей к разгерметизированному участку от смежных объектов (блоков), кДж;

$E''_1$ - энергия сгорания ПГФ, образующейся за счет энергии перегретой ЖФ рассматриваемого блока и поступившей от смежных объектов за время  $\tau_i$ , кДж;

$E''_2$  - энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет тепла экзотермических реакции, не прекращающихся при разгерметизации, кДж;

$E''_3$ - энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет теплопритока от внешних теплоносителей, кДж;

$E''_4$  - энергия сгорания ПГФ, образующейся из пролитой на твердую поверхность ЖФ за счет теплоотдачи от окружающей среды (от твердой поверхности и воздуха к жидкости по ее поверхности), кДж.

2)  $E'_1$ - сумма энергий адиабатического расширения  $A$  (кДж) и сгорания ПГФ, находящейся в блоке, кДж:

$$E'_1 = G'_{bq'} + A, \quad (2.7)$$

где  $G'_b$  - масса ПГФ, содержащейся непосредственно в блоке, рассматриваемая как работа ее адиабатического расширения при АРБ, кДж.

$$A = \beta_1 P V', \quad (2.8)$$

где  $\beta_1$  - безразмерный коэффициент, учитывающий давление (P) и показатель адиабаты (k) ПГФ блока;

P- регламентированное давление в блоке, МПа;

$V'$  - объем ПГФ в блоке, м<sup>3</sup>.

$$A = 1,97 \cdot 1,4 \cdot 1,45 = 4 \text{ кДж.}$$

$$E'_1 = 50,22 \cdot 18585 + 4 = 933342,7 \text{ кДж.}$$

$E'_2$  - энергия сгорания ПГФ, поступившей к разгерметизированному участку от смежных объектов (блоков), кДж:

$$E'_2 = \sum_{i=1}^n G'_i q', \quad (2.9)$$

где G- масса ПГФ поступающая к разгерметизированному участку от смежного блока, кг. Смежным блоком является блок №3 (конденсатор) с массой газообразного аммиака 125 кг.

$$E'_2 = G'_2 q' = 125 \cdot 18585 = 2323125 \text{ кДж.}$$

$E''_1$  – энергия сгорания ПГФ, образующейся за счет энергии перегретой ЖФ рассматриваемого блока и поступившей от смежных объектов за время  $\tau_i$ , кДж:

$$E''_1 = G''_b [1 - \exp(-c''_b k / \tau)] q' + \sum_{i=1}^n G''_i [1 - \exp(-c''_{ki} / \tau_i)] q', \quad (2.10)$$

где  $G''_b$  - масса ЖФ в рассматриваемом блоке, кг;

$c''_b, c''_i$  - удельная теплоемкость жидкой фазы рассматриваемого и смежного блоков, кДж/°С;

$k, k_i$  - разность температур ЖФ при регламентированном режиме и ее кипении при атмосферном давлении для рассматриваемого и смежного блоков, °С;

$r, r_i$  - удельная теплота парообразования жидкости в рассматриваемом и смежном блоках, кДж/кг;

$G_i''$  - масса ЖФ в  $i$ -ом блоке, кг;

Так как масса ЖФ рассматриваемого блока и поступившей от смежных объектов равна нулю, получаем:

$$E_1'' = 0 \text{ кДж.}$$

$E_2''$  - энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет тепла экзотермических реакций, не прекращающихся при разгерметизации. В нашем случае  $E_2''$  не рассчитывается так как экзотермические реакции отсутствуют.

$E_3''$  - энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет теплопритока от внешних теплоносителей.

$E_4''$  - энергия сгорания ПГФ, образующейся из пролитой на твердую поверхность (пол, поддон, грунт и т.п.) ЖФ за счет теплоотдачи от окружающей среды (от твердой поверхности и воздуха к жидкости по ее поверхности), кДж:

$$E_4'' = G_{\Sigma}'' q', \quad (2.11)$$

где  $G''$  - суммарная масса ЖФ, испарившейся за счет теплопритока из окружающей среды, кг;

Так как в блоке только ПГФ, получаем:

$$E_4'' = 0 \text{ кДж.}$$

Таким образом, энергетический потенциал взрывоопасности равен:

$$E = 933342,7 + 2323125 + 0 = 3256467,7 \text{ кДж}$$

По значениям общих энергетических потенциалов взрывоопасности  $E$  определяются величины приведенной массы и относительного энергетического потенциала, характеризующих взрывоопасность технологических блоков.

Общая масса горючих паров (газов) взрывоопасного парогазового облака  $m$ , приведенная к единой удельной энергии сгорания, равной 46000 кДж/кг:

$$M = \frac{E}{4,6 \cdot 10^4}, \quad (2.12)$$

$$M = \frac{E}{4,6 \cdot 10^4} = 70,79 \text{ кг.}$$

Относительный энергетический потенциал взрывоопасности  $Q_B$  технологического блока находится расчетным методом по формуле:

$$Q_B = \frac{1}{16,534} \sqrt[3]{E}, \quad (2.13)$$

$$Q_B = \frac{1}{16,534} \sqrt[3]{3256467,7} = 8,96,$$

По значениям относительных энергетических потенциалов  $Q_B$  и приведенной массе парогазовой среды  $m$  осуществляется категорирование технологических блоков.

Для блока №3 (конденсатор) количество вещества для первичного и вторичного облаков составит:

$$G_{\text{первич.облака}} = \frac{2583351,76 + 2351002,5 + 6848277,66}{18585} = 633,98 \text{ кг.}$$

$$G_{\text{вторич.облака}} = 176,97 \text{ кг.}$$

## 2.7 Оценка последствий химических аварий

Оценка последствий химической аварии на аммиачно-холодильном производстве АО «КВАРТ» была произведена по методике «Токси», предназначенной для оценки масштабов поражения при промышленных авариях с выбросом опасных химических веществ (ОХВ).

Настоящая методика предназначена для количественной оценки последствий химических аварий на опасном производственном объекте с выбросом ОХВ в атмосферу.

В зависимости от агрегатного состояния ОХВ в оборудовании и характера разрушения оборудования методика позволяет провести расчеты для следующих сценариев аварий.

Для ОХВ, находящегося в технологическом оборудовании в газообразном состоянии:

Сценарий 1. Полное разрушение оборудования, содержащего ОХВ в газообразном состоянии.

Сценарий 2. Нарушение герметичности (частичное разрушение) оборудования, содержащего ОХВ в газообразном состоянии. Для ОХВ, находящегося в технологическом оборудовании в жидком состоянии:

Сценарий 3. Полное разрушение оборудования, содержащего ОХВ в жидком состоянии.

Сценарии 4. Нарушение герметичности (частичное разрушение) оборудования, содержащего ОХВ в жидком состоянии.

По сценариям 1 и 3 ОХВ мгновенно поступает в окружающую среду через отверстия в течение продолжительного времени.

При заблаговременном прогнозировании масштабов заражения в качестве исходных данных рекомендуется принимать:

- сценарий с полным разрушением емкости (технологической, складской, транспортной и др.), содержащей ОХВ в максимальном качестве;

- сценарий «гильотинного» разрыва трубопровода с максимальным расходом при максимальной длительности выброса;

- метеорологические условия: класс устойчивости атмосферы - инверсия, скорость ветра - 1 м/с.

Основными элементами расчета по настоящей методике являются:

- определение пространственно-временного распределения концентрации ОХВ;

- определение пространственно распределения токсодозы;

- оценка поражающего воздействия ОХВ, включая расчет зон химического заражения.

Границы зон химического заражения ОХВ рассчитываются по смертельной и пороговой токсодозам при ингаляционном воздействии на организм человека.

В методике приняты следующие допущения:

- газообразное ОХВ считается идеальным газом, свойства которого не зависят от температуры;

- жидкое ОХВ считается несжимаемой жидкостью, свойства которой не зависят от температуры;

- истечение ОХВ и его испарение происходят с постоянной скоростью, соответствующей максимальной скорости истечения (испарения); в образовавшемся сразу после выброса облаке находится только ОХВ без подмешивания воздуха;

- разлив жидкости происходит на твердой, не впитывающей поверхности;

- для случаев отсутствия обваловки высота слоя разлившегося ОХВ принимается равной 0,05 м;

- при расчете рассеяния ОХВ в атмосфере используется гауссова модель диффузии пассивной примеси;

- осаждение на подстилающую поверхность выброса ОХВ и его химические превращения при рассеянии не учитываются;

- метеоусловия остаются неизменными в течение времени экспозиции, а характеристики атмосферы- по высоте постоянны.

Выбираем сценарий: полное разрушение оборудования, содержащего ОХВ в жидком состоянии.

Расчет:

1) Величины дисперсии в зависимости от рассеяния  $x$  определяются по следующим формулам:

2)

$$\sigma_x = \frac{C_3 x}{\sqrt{1+0,0001x}} = \frac{0,06 x}{\sqrt{1+0,0001x}} \quad (2.14)$$

$$\sigma_y = \begin{cases} \sigma_x \frac{220,2 \cdot 60 + x/U}{220,2 \cdot 60 + 600} & , x/U \geq 600 \\ \sigma_x & , x < 600 \end{cases} \quad (2.15)$$

где  $U$  – скорость ветра на высоте 10 м, м/с. При расчете наихудшего варианта скорость ветра принимается 1 м/с. Таким образом:

$$Q_y = \begin{cases} Q_x \frac{220,2 \cdot 60 + x}{220,2 \cdot 60 + 600} & , x \geq 60, \\ \sigma_x & , x < 600 \end{cases}$$

$$\sigma_z = f(z_0, x) g(x) \quad (2.16)$$

$$g(x) = \frac{A_1 x^{B_1}}{1 + A_2 x^{B_2}} = \frac{0,0609 x^{0,684}}{1 + 0,000196 x^{0,684}}$$

$$f(z_0) = \begin{cases} \ln[C_1 x^{D_1} (1 + C_2 x^{D_2})] & , z_0 < 0,1 \text{ м} \\ \ln[C_1 x^{D_1} (1 + C_2 x^{D_2})] & , z_0 \geq 0,1 \text{ м} \end{cases}$$

$$= \ln[1,56 x^{0,048} (1 + 0,000625 x^{0,450})] \quad (2.17)$$

где  $z_0$ - величина шероховатости поверхности, м. Для ровной местности с выстой травы до 15см  $z_0=1$  см.

3) Максимальная концентрация при прохождении первичного облака наблюдается на оси  $y=0$ ,  $z=0$  в центре облака и вычисляется по формуле:

$$c(x, 0, 0, t = x/U) = \frac{2G_{\text{обл.}}}{\frac{8}{3}\pi R_{\text{обл.}}^3 + (2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z} G_0(x), \quad (2.18)$$

где  $c$ - концентрация ОХВ в воздухе (далее концентрация) при прохождении первично облака,  $\text{кг/м}^3$ ;

$t$ - время, с;

$G_{\text{обл.}}$ - масса ОХВ, образующая первичное облако, кг;

$R_{\text{обл.}}$ - размер первичного облака ОХВ в начальный момент времени, м;

$G_0$  - вспомогательная величина, используемая при расчете концентрации.

$$R_{\text{обл.}} = \sqrt[3]{\frac{3G_{\text{обл.}}}{4\pi\rho_{\text{выб.}}}}, \quad (2.19)$$

где  $\rho_{\text{выб.}}$  –плотность ОХВ в первичном облаке в начальный момент времени,  $\text{кг/м}^3$ . Для аммиака  $\rho_{\text{выб.}}=0,77 \text{ кг/м}^3$  [19].

Масса ОХВ, образующая первичное облако составляет 633,98кг (см.п.2.9). 0

Следовательно размер первичного облака:

$$R_{\text{обл.}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 633,98}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,77}} = 5,82 \text{ м.}$$

$$G_0(x) = \exp\left(-\frac{h^2}{2\sigma_z^2}\right), \quad (2.20)$$

где  $h$ - высота источника выброса, м. Принимаем минимальную величину  $h=0$  м.

$$G_0(x) = \exp\left(-\frac{0^2}{2\sigma_z^2}\right) = 1,$$

Таким образом, концентрация при прохождении первично облака:

$$C(x, 0, 0, t = x) = \frac{2 \cdot 633698}{\frac{8}{3} \cdot 3,14 \cdot 5,82^3 + (2 \cdot 3,14)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \cdot 1,$$

4) Максимальная составляющая токсодозы на поверхности земли при прохождении первичного облака в точке на оси  $y = 0, z = 0$ ,  $\text{кг} \cdot \text{с} / \text{м}^3$ :

$$\begin{aligned} D_{max}(x, y, z) &= \frac{(2\pi)^{\frac{1}{2}} G_{обл.} \sigma_x}{U\left(\frac{8}{3}\pi R_{обл.}^3 + (2\pi)^{\frac{3}{2}} \sigma_x \sigma_y \sigma_z\right)} G_0(x) = \\ &= \frac{(2 \cdot 3,14)^{\frac{1}{2}} \cdot 633,98 \cdot \sigma_x}{1 \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot 3,14 \cdot 5,82^3 + (2 \cdot 3,14)^{\frac{3}{2}} \sigma_x \sigma_y \sigma_z\right)} \cdot 1, \end{aligned} \quad (2.21)$$

## 2.8 Анализ последствий аварий и мероприятий.

В результате реализации наиболее опасного сценария аварии (полной разгерметизации блока №3) произойдет выброс до 634 кг. Газообразного аммиака.

В основном на заводе АО «КВАРТ» в качестве средств индивидуальной защиты используются фильтрующие противогазы. Данные противогазы применяются при объемной доле свободного кислорода в воздухе не менее 18% и суммарной объемной доле парообразных и газообразных вредных примесей не более 0,5% (ГОСТ 12.4.121-83 «Противогазы промышленные фильтрующие»).

Для определения области применения противогазов используем следующую формулу:

$$\frac{c}{\rho} \times 100 = v, \quad (2.22)$$

где  $v$  - объемная доля газообразного аммиака, %;

$c$  - концентрация аммиака в воздухе,  $\text{кг} / \text{м}^3$ ;

$\rho$ - плотность аммиака при нормальных условиях,  $\text{кг/м}^3$ ;

Исходя из того, что  $v=0,5\%$ , а  $\rho=0,77 \text{ кг/м}^3$  [19] определяем радиусы, в пределах которых применение противогаса бессмысленно ( $R_{\text{пр}}$ ). Значения этих радиусов, а также количество людей, попадающих в эту зону, приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Количество работников, попадающих в зону, в которой применение фильтрующего противогаса неэффективно

№	Радиус зоны химического поражения $R_{\text{т,м}}$	Радиус зоны в пределах которых противогас не применяется $R_{\text{пр,м}}$	Количество работников, чел	
			Наиболее вероятное направление ветра (юго-восток)	Наиболее опасное направление ветра
1	В пределах помещения	В пределах помещения	2	2
2	232,2	443	89	89 (юго-восток) 82 (северо-восток)
3	380	629	89	90 (северо-восток)
4	255,1	475	89	89 (юго-восток) 89 (северо-восток)
5	173	369	89	89 (юго-восток), 20 (запад)
6	263,9	482	89	89 (юго-восток)
7	66,6	199	10	19 (северо-восток)

Таким образом, выходит, что радиусы зон, в пределах которых противогас не применяется, превышает радиусы зон химического заражения. Следовательно, применение фильтрующих противогасов при выбросе аммиака не имеет смысла.

В зависимости от расположения того или иного цеха по отношению к цеху №12 у работников есть определенное время для эвакуации из опасной зоны (при условии, что ориентировочно на оповещение персонала уйдет 3 минуты, на формирование первичного облака при реализации наиболее опасного сценария аварии (разгерметизации блока №3) уйдет также 3 минуты).

Таблица 2.4 – Время необходимое для эвакуации из опасной зоны в зависимости от направления ветра.

Направление ветра	Номер цеха	Численность наибольшей смены, чел	Время на которое первичное облако достигает данный цех, с	Время необходимое для эвакуации, с
Север	12	4	0	126
	14	15	25	96
	16	14	185	80
	17	4	120	162
	22б	4	245	50
Северо-восток	12	4	0	30
	15	10	350	24
	22а	6	35	50
	23	38	325	70
	26а	26	170	90
	26б	20	290	55
Восток	2	10	125	112
	5	16	300	126
	7	10	340	156
	10а	20	330	162
	10б	8	280	122

	10в	8	395	188
Юго-восток	2	10	125	54
	5	16	300	126
	7	10	340	62
	10а	20	330	104
	10б	8	280	64
	10в	8	395	96
	12	4	0	10
	29	18	240	48
Юг	-	-	-	-
Юго-запад	-	-	-	-
Запад	12	4	0	10
	14	4	25	14
	17	14	120	14
Северо-запад	12	4	0	10
	14	4	25	66
	17	14	120	62

Из таблицы 2.4 мы видим, что работники цехов № 12,14,17 и 22а не успевают вовремя покинуть опасную зону. Согласно таблице 19 применение имеющихся средств защиты органов дыхания (фильтрующих противогазов марки КД) не поможет. Следовательно, персонал данных цехов подвергнется опасному воздействию аммиака. Отравление произойдет ингаляционным путем (характер воздействия аммиака на организм человека см.п. 2.6.1). Эффект будет зависеть от пола, возраста, индивидуальной чувствительности пострадавшего.

Из расчетов, приведенных в пункте 2.8 мы видим что для блок №3 относительный энергетический потенциал  $Q_B$  больше 10. Согласно ПБ 09-

540-03 «Общие принципы количественной оценки взрывоопасности технологических блоков» необходима установка запорных и (или) отсекающих устройств с дистанционным управлением.

Также рекомендуется приобрести изолирующие дыхательные аппараты сжатого воздуха для персонала цехов № 12, 14, 17, 22а, так как они не успеют вовремя покинуть опасную зону (таблица 2.3, 2.4).

## **2.9 Разработка инструкции по охране труда машиниста по обслуживанию аммиачно-холодильных установок.**

«СОГЛАСОВАНО»

Председатель профкома

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019г

### **Инструкция**

#### **по охране труда машиниста по обслуживанию аммиачно-холодильных установок.**

### **1. Общие требования безопасности.**

1.1. К самостоятельной работе машинистом по обслуживанию аммиачно-холодильных установок допускаются лица, имеющие соответствующее удостоверение, не имеющие медицинских противопоказаний для данной профессии, достигшие 18-летнего возраста.

1.2. Машинист при обслуживании аммиачно-холодильных установок обязан: - соблюдать правила внутреннего трудового распорядка, установленные на предприятии; инструкции о мерах пожарной безопасности, инструкции по электробезопасности.

1.3. Машинист при обслуживании аммиачно-холодильных установок должен: - уметь оказывать первую (доврачебную) помощь пострадавшему

при несчастном случае; выполнять только порученную работу и не передавать ее другим без разрешения непосредственного начальника.

## **2. Требования безопасности перед началом работы.**

2.1. Осмотреть спецодежду и убедиться в ее исправности. Надеть спецодежду, застегнуть ее на все пуговицы, волосы убрать под головной убор.

2.2. Проверить свое рабочее место. Убедиться, что оно освещено и не загромождено посторонними предметами.

2.3. Проверить наличие и исправность: - средств пожаротушения; - переносного светильника, соответствующего категории помещения; - ограждений электроприводов (муфт, ремней); - наличие и исправность заземления компрессоров, ресиверов, двигателей, пусковых устройств; - манометров и предохранительных клапанов; - вытяжной и приточной вентиляции; - запаса масла и обтирочного материала.

2.4. Убедиться, что электрошкафы закрыты и заперты на ключ.

2.5. Проверить работу телефонной связи и аварийной сигнализации.

## **3. Требования безопасности во время работы.**

3.1. Выполнение работ в машинных отделениях и в холодильных камерах лицами, не связанными с техническим обслуживанием аммиачно-холодильной установки и эксплуатацией камер, должно производиться после инструктажа и под наблюдением лица, ответственного за эксплуатацию аммиачно-холодильной установки.

3.2. Аммиачно-холодильные установки должны быть укомплектованы КИП, приборами автоматической защиты от опасных режимов работы, предохранительными устройствами в соответствии с требованиями правил.

3.3. Система трубопроводов и сосуды аммиачно-холодильных установок до пуска в работу периодически в процессе эксплуатации и досрочно подвергаются техническому освидетельствованию.

3.4. Все движущиеся части машины, а также машины, аппараты и трубопроводы в местах, где они могут подвергаться ударам, должны быть ограждены.

3.5. Уровень освещенности в помещениях, где установлены фреоновые установки, должен отвечать требованиям СНиП.

3.6. В отделениях аммиачных компрессоров во избежание взрыва или пожара не пользуйтесь открытым огнем (спичками, свечой, зажигалкой). В случае появления запаха аммиака в помещении наденьте противогаз, включите вентиляцию и примите меры по устранению пропуска аммиака.

3.7. Следите за давлением в ресивере, не допускайте превышения давления, обозначенного на табличке сосуда, один раз в смену.

3.8. Эксплуатация холодильных установок с неисправными приборами защиты запрещается.

3.9. В помещениях, где находится аммиачно-холодильная установка, необходимо иметь противогазы, а также не менее 2-х изолирующих дыхательных аппаратов.

#### **4. Требования безопасности в аварийных ситуациях.**

4.1. При обнаружении действия электрического тока на корпусе оборудования и при внезапном прекращении подачи напряжения отключить оборудование и вызвать электрика.

4.2. При нарушении герметичности аммиачно-холодильной установки отключить установку, для устранения неисправности одеть фильтрующий противогаз, поставить в известность руководство.

4.3. При возникновении пожара обесточьте оборудование, сообщите в пожарную часть и руководству, примите меры по ликвидации пожара первичными средствами пожаротушения.

4.4. Во избежание создания аварийной ситуации не включайте оборудование, работа на котором запрещена.

## **5. Требования безопасности по окончании работы.**

5.1. Привести в порядок рабочее место. Приспособления и инструмент убрать в специально отведенное для этого место. Промасленную ветошь во избежание самовозгорания убрать в металлическую тару с крышкой.

5.2. Обо всех имевших место недостатках сообщить непосредственному начальнику.

5.3. Снять и убрать в специально отведенное место (шкаф) спецодежду.

5.4. Тщательно вымыть руки и лицо. По возможности принять душ.

5.5. Своевременно поставить в известность администрацию и сменщика обо всех замеченных недостатках в работе оборудования, приборов и принятых мерах. Сделать соответствующую запись в журнале.

### **2.10 Физическая культура на производстве.**

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда.

Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

### 3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА

Расчет возможного ущерба в случае аварии на аммиачно-холодильном производстве АО «КВАРТ» осуществлялся по РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах».

Величина возможного от аварий ущерба на опасных производственных объектах, включает в себя:

- полные финансовые потери организации;
- расходы на ликвидацию и расследование аварии;
- социально- экономические потери, связанные с травмированием и гибелью людей (как персонала организации, так и третьих лиц);
- косвенный ущерб;
- вред, нанесенный окружающей природной среде;
- потери от выбытия трудовых ресурсов.

Прямые потери включают в себя потери предприятия из-за уничтожения технологического оборудования и утраты сырья, находящегося в нем на момент аварии.

Расходы на локализацию и ликвидацию, на расследование аварии оцениваются исходя из сменной стоимости или стоимости услуг специализированных и экспертных организаций. Смета на монтажные работы составляется на основе единых норм и расценок (ЕНиР).

Социально- экономические потери включают в себя: расходы на выплату пособий во временной нетрудоспособности; оплату расходов, связанных с повреждением здоровья пострадавшего, на его медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию, а именно:

- дополнительную медицинскую помощь (сверх предусмотренной по обязательному медицинскому страхованию), в том числе на дополнительное питание и приобретение нужных лекарств;

- санитарно- курортное лечение, включает оплату отпуска (сверх ежегодного оплачиваемого отпуска, установленного законодательством Российской Федерации) на весь период лечения и проезда к месту лечения и обратно, стоимость проезда пострадавшего, а в необходимых случаях включается стоимость проезда сопровождающего его лица к месту лечения и обратно, их проживания и питания.

Социально - экономический ущерб определялся в соответствии с Федеральным Законом «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24.07.98 г. №125-ФЗ. Этот закон устанавливает в Российской Федерации правовые, экономические и организационные основы обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и определяет порядок возмещения вреда, причиненного жизни и здоровью работника при исполнении им обязанностей по трудовому договору.

Вред, нанесенный окружающей природной среде, компенсируется согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 г. №116-ФЗ. Согласно статье 15 данного закона организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана страховать ответственность за причинение вреда окружающей природной среде в случае аварии на опасном производственном объекте.

Потери от выбытия трудовых ресурсов рассчитываются в случае гибели. В нашем случае ни один человек не погиб.

Ущерб оценивался для наиболее опасного сценария аварии: полная разгерметизация блока №3 (конденсатор марки 250 КТГ) с последующим образованием токсичного облака. В блоке находилось 3243,66 кг  $NH_3$ . В результате от острого отравления аммиаком пострадало 80 работников завода.

Стоимость разрушенного резервуара (по бухгалтерским документам предприятия) составляет 400 тыс.руб. Утилизационная стоимость материальных ценностей- 32,6 тыс.руб. Стоимость демонтажа- 50 тыс.руб., монтажных работ- 150 тыс.руб., разработки проекта- 200 тыс.руб. Транспортные расходы- 50 тыс.руб.

### 3.1 Расчет ущерба до внедрения мероприятий.

Ущерб от аварий на опасных производственных объектах может быть выражен в общем виде формулой 3.1:

$$P_a = P_{п.п} + P_{л.а} + P_{с.э} + P_{н.в} + P_{экол} \text{ руб.} \quad (3.1)$$

где  $P_a$ - полный ущерб от аварий, руб.;

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

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

$P_{с.э}$  - социально- экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травматизма людей), руб.;

$P_{н.в}$ - косвенный ущерб, руб.;

$P_{экол}$ - экологический ущерб (урон, нанесенный объекта окружающей природной среды), руб.

#### 3.1.1 Прямые потери.

Прямые потери,  $P_{п.п}$ , в результате уничтожения при аварии основных производственных фондов (оборудование) составляет (формула 3.2):

$$P_{п.п} = P_{о.ф} + P_{т.м.ц} \text{ руб.,} \quad (3.2)$$

где  $P_{o.ф}$  - потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) основных фондов, руб;

$P_{т.м.ц}$  - потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) товарно-материальных ценностей (продукции, сырья и т.п.), руб. (формула 3.3):

$$P_{o.ф} = P_{o.ф.у} + P_{o.ф.п} \text{ руб.} \quad (3.3)$$

где  $P_{o.ф.у}$  - потери предприятия в результате уничтожения основных фондов, руб;

$P_{o.ф.п}$  - потери предприятия в результате повреждения основных фондов, руб.

В результате аварии резервуар не подлежит ремонту, следовательно:

$$P_{o.ф} = P_{o.ф.у} \text{ руб.} \quad (3.4)$$

$$P_{o.ф.у} = S_0 - S_y \text{ руб.} \quad (3.5)$$

где  $S_0$  - стоимость замещения уничтоженного основного фонда, руб.;

$S_y$  - утилизационная стоимость уничтоженного основного фонда, руб.

Для оборудования стоимость замещения можно определять исходя из суммы, необходимой для приобретения оборудования, аналогичного уничтоженному (за вычетом износа), включая расходы по перевозок, демонтажу, монтажу и транспортные расходы:

- стоимость резервуара- 400 тыс.руб.;
- стоимость демонтажа- 50 тыс.руб.;
- стоимость монтажных работ- 150 тыс.руб.;
- стоимость разработки проекта- 200 тыс.руб.;
- транспортные расходы- 50 тыс.руб.;

Утилизационная стоимость материальных ценностей- 32,6 тыс.руб.

Таким образом:

$$S_0 = 400000 + 50000 + 150000 + 200000 + 50000 = 850000 \text{руб.}$$

$$P_{o.f.y} = 850000 - 32600 = 817400 \text{руб.}$$

Потери продукции  $P_{т.м.ц}$  (в блоке находилось 3243,66 кг. Аммиака, средняя оптовая цена аммиака на момент аварии равна 60 руб/кг) составили 194620 руб. Повреждения материальных ценностей незначительны, ущерб имуществу третьих лиц не нанесен – остальные составляющие прямого ущерба не учитываются. Таким образом:

$$P_{п.п} = 817400 + 194620 = 1012020 \text{руб.}$$

### **3.1.2 Затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии.**

Затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии,  $P_{л.а}$ , можно определять по формуле:

$$P_{л.а} = P_{л} + P_{р} \text{руб.} \quad (3.6)$$

где  $P_{л}$  - расходы, связанные с локализацией последствий аварии, руб.;

$P_{р}$  – расходы на расследование аварии, руб.

Расходы на локализацию (ликвидацию) аварии  $P_{л}$

включают:

- непредусмотренные выплаты заработной платы (премии) персоналу при локализации и ликвидации аварии;
- стоимость материалов, израсходованных при локализации аварии;
- стоимость услуг специализированных организаций по локализации и ликвидации аварии.

Расходы на расследование аварии  $P_{р}$  включают:

- оплату труда человека комиссии по расследованию аварии (в том числе командировочные расходы);
- затраты на научно-исследовательские работы и мероприятия, связанные с рассмотрением технических причин аварии;
- стоимость услуг экспертов, привлекаемых для расследования технических причин аварии, и оценку (в том числе экономическую) последствий аварии.

В случае расчета предварительного ущерба расходы на ликвидацию (локализацию) и расследование аварии можно оценивать исходя из средней стоимости услуг специализированных и экспертных организаций.

Расходы, связанные с ликвидацией и локализацией аварии,  $P_{л}$ , составят:

- непредусмотренные выплаты заработной платы (премии) персоналу при ликвидации и локализации аварии незначительна;
- специализированные организации у ликвидации аварии не привлекались.

Таким образом, потери при локализации и ликвидации аварии:

$$P_{л} = 90000 \text{ руб.}$$

Расходы на мероприятия, связанные с расследованием аварии составят 30 тыс.руб.

Таким образом, расходы на локализацию (ликвидацию) и расследование причин аварии:

$$P_{л.а} = 90000 + 30000 = 120000 \text{ руб.}$$

### **3.1.3 Социально-экономические потери.**

В социально-экономические потери,  $P_{с.э}$ , как правило, включаются затраты на компенсацию и проведение мероприятий вследствие гибели персонала,  $P_{г.п}$ , и третьих лиц,  $P_{г.т.л}$ , и (или) травмирования персонала,  $P_{т.п}$ , и третьих лиц,  $P_{т.т.л}$ . В нашем случае рассчитывается только затраты на

компенсацию и проведение мероприятий вследствие травмирования персонала:

$$П_{с.э} = П_{т.п} \text{ руб.} \quad (3.7)$$

Затраты, связанные с травмированием персонала, можно вычислить по формуле:

$$П_{т.п} = S_B + S_M \text{ руб.} \quad (3.8)$$

где  $S_B$  -расходы на выплату пособий по временной нетрудоспособности, руб.;

$S_M$  - расходы, связанные с повреждением здоровья пострадавшего, на его медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию, руб.

Выплаты пособия по временной нетрудоспособности,  $S_B$ , пострадавшим (при средней месячной зарплате, равной 15 тыс.руб., 21-м рабочем дне в месяце, когда произошла авария, и периоде временной нетрудоспособности равном десяти рабочим дням) составят:

$$S_B = (15000/21) \cdot 10 \cdot 80 = 571432 \text{ руб.}$$

Расходы на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию,  $S_M$ , пострадавшим из числа персонала составят:

- расходы на пребывание одного пострадавшего в стационаре в течение шести дней – 5,5 тыс.руб.;

- расходы на приобретение необходимых лекарственных средств для одного пострадавшего – 1 тыс.руб.;

- санаторно-курортное лечение – 15 тыс.руб.;

Получается, что:

$$S_M = (5500 + 1000 + 15000) \cdot 80 = 1720000 \text{ руб.}$$

Таким образом, социально-экономический ущерб,  $П_{с.э}$ , составит:

$$P_{c.э} = 571432 + 1720000 = 2291432 \text{ руб.}$$

### 3.1.4 Косвенный ущерб.

Косвенный ущерб,  $P_{н.в}$ , вследствие аварии рекомендуется определять как сумму недополученной организацией прибыли,  $P_{н.п}$ , сумму израсходованной заработной платы и части условно-постоянных расходов (цеховых и общезаводских) за период аварии и восстановительных работ, убытков, вызванных уплатой различных штрафов, пени и пр., а также убытки третьих лиц из-за недополученной прибыли:

$$P_{н.в} = P_{з.п} + P_{н.п} + P_{ш} + P_{н.п.т.л} \text{ руб.} \quad (3.9)$$

где  $P_{з.п}$  - заработная плата и условно-постоянные расходы за время простоя объекта, руб.;

$P_{н.п}$  – прибыль, недополученная за период простоя объекта, руб.;

$P_{ш}$  - убытки, вызванные уплатой различных штрафов, пени, руб.;

$P_{н.п.т.л}$  - убытки третьих лиц из-за недополученной прибыли, руб.

Величину  $P_{з.п}$  можно определить по формуле:

$$P_{з.п} = (V_{з.п1}N + V_{уп}) \cdot T_{пр} \text{ руб.} \quad (3.10)$$

где  $V_{з.п1}$  - средняя заработная плата 1 сотрудника предприятия, руб./день;

$N$  – численность сотрудников, не использованных на работе по причине простоя;

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

$T_{пр}$  - продолжительность простоя объекта, дни.

Известно, что на предприятии средняя заработная плата производственных рабочих  $V_{з.п1}$  составляет 15 тыс.руб./мес. (750 руб./день);

число сотрудников, не использованных на работе в результате простоя, составит 80 чел.; часть условно-постоянных расходов,  $V_{\text{уп}}$ , составляет 3 тыс.руб./день; продолжительность простоя объекта – 60 дней.

Таким образом:

$$П_{\text{з.п}} = (750 \cdot 80 + 3000) \cdot 60 = 3780000 \text{ руб.}$$

Недополученную прибыль в результате простоя предприятия,  $П_{\text{н.п}}$ , в результате аварии рекомендуется определять по формуле:

$$П_{\text{н.п}} = T_{\text{при}} \sum_{i=0}^n \Delta Q_i (S_i - B_i) \text{ руб.} \quad (3.11)$$

где  $n$  – количество видов недопроизведенного продукта;

$T_{\text{при}}$  - время, необходимое для ликвидации повреждений и разрушений, восстановления объемов выпуска продукции на доаварийном уровне;

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

$S_i$  - средняя оптовая стоимость (отпускная цена) единицы  $i$ -го недопроизведенного продукта на дату аварии, руб.;

$B_i$  - средняя себестоимость единицы  $i$ -го недопроизведенного продукта на дату аварии.

Авария привела к простою цехов №10,26,29, технологически связанных с данным аварийным объектом. Продолжительность простоя составила 60 дней; средняя дневная прибыль – по объектам:

цех №10 – 150 тыс.руб.;

цех №26 -100 тыс.руб.;

цех №29 – 200 тыс.руб.

В цехе №10,26,29, вынужденных приостановить свою работу в связи с аварией в цехе №12, производится 3 вида продукции. Разница между отпускной ценой продукции и средней себестоимостью килограмма недопроизведенного продукта на дату аварии составила 30 руб., 25., 20 руб.

для каждого вида недопроизведенного продукта соответственно. Время, необходимое для ликвидации повреждений и разрушений, восстановления объемов выпуска продукции на доаварийном уровне составит 60 дней. Средний дневной выпуск каждого вида продукции до аварии составляло 5000, 4000, 10000 кг.

Таким образом, недополученная в результате аварии прибыль составит:

$$П_{н.п} = 60 \cdot (30 \cdot 5000 + 25 \cdot 4000 + 20 \cdot 10000) = 27000000 \text{ руб.}$$

Убытки, вызванные уплатой штрафов,  $П_{ш}$ , наложенных на предприятие вследствие аварии на опасном производственном объекте составит 700000 руб. (в соответствии с Кодексом об Административных Правонарушениях РФ).

Так как соседние организации не пострадали от аварии, недополученная прибыль третьих лиц не рассчитывается.

Таким образом, косвенный ущерб будет равен:

$$П_{н.в} = 3780000 + 27000000 + 700000 = 31480000 \text{ руб.}$$

### 3.1.5 Экологический ущерб.

Экологический ущерб,  $П_{экол}$ , будет определяться главным образом размером взысканий за вред, причиненный выбросом аммиака в атмосферу.

$$П_{экол} = Э_a = 5K_{и}K_{эа}H_6M_{зв}, \text{ руб.} \quad (3.12)$$

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

$K_{и}$  – коэффициент инфляции;

$K_{эа}$  - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха экономических районов РФ;

$H_6$  - базовый норматив платы за загрязнение атмосферного воздуха;

$M_{зв}$  - количество загрязняющих веществ поступающих в атмосферу в результате аварии, кг.

В результате разгерметизации блока №3 аммиачно-холодильного производства в атмосферу попало 0,634 тонн аммиака; базовый норматив платы за загрязнение атмосферного воздуха аммиаком  $H_6$  составляет 260 руб. за 1 тонну [21]; для Поволжского экономического района коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха  $K_{за}$  оставляет  $K_{за} = 1,9$  [24]; коэффициент инфляции  $K_{и} = 1,58$  (ст.3 закона РФ от 13 декабря 2010 г. № 357-ФЗ «О федеральном бюджете на 2011 год и на плановый период 2012-2013 г.»).

Таким образом экологический ущерб будет равен:

$$P_{экол} = Э_a = 5 \cdot 1,58 \cdot 1,9 \cdot 260 \cdot 0,634 = 2474 \text{ руб.}$$

В целом ущерб от аварии в цехе №12 составит:

$$P_a = 1012020 + 120000 + 291432 + 31480000 + 2474 = 34905926 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов приведены в таблице 5.

Таблица 3.1 – Ущерб от аварии на аммиачно-холодильном производстве АО «КВАРТ» до внедрения мероприятий

Вид ущерба	Величина ущерба , руб
1	2
Прямой ущерб	1012020
В том числе ущерб имуществу третьих лиц	0
Расходы на ликвидацию (локализацию) аварии	120000
Социально-экономические потери	2291432
В том числе гибель (травмирование) третьих лиц	0
Косвенный ущерб	31480000
В том числе для третьих лиц	0
Экологический ущерб	2474
<b>Итого</b>	<b>34905926</b>

### 3.2 Расчет ущерба после проведения мероприятий.

Дистанционное управление запорной арматурой блока снизить количество выброшенного в атмосферу аммиака и следовательно количество пострадавших. В результате установки электропроводов на трубопроводы блока №3 объем аммиака выброшенного в атмосферу составляет 0,485 т.; Количество пострадавших.....чел.; количество вещества в блоке – 3168,62 кг.

#### 3.2.1 Прямые потери.

Потери предприятия в результате уничтожения при аварии резервуара  $P_{о.ф.у}$  также составят 817400 руб. (см.п.3.1.1)

Потери продукции  $P_{т.м.ц}$  ( в блоке находилось 3168,62 кг. Аммиака, средняя оптовая цена аммиака на момент аварии равна 60 руб./кг) составят 190117 руб.

Таким образом прямые потери равны:

$$P_{п.п} = 817400 + 190117 = 1007517 \text{ руб.}$$

#### 3.2.2 Затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии

Расходы, связанные с ликвидацией и локализацией аварии,  $P_{л}$ , составят:

- непредусмотренные выплаты заработной платы (премии) персоналу при ликвидации и локализации аварии – 90 тыс. руб.;
- стоимость материалов, израсходованных при локализации и ликвидации аварии не значительна;
- специализированные организации к ликвидации аварии не привлекались.

Таким образом, потери при локализации и ликвидации аварии

$$P_{л} = 90000 \text{ руб.}$$

Расходы на мероприятия, связанные с расследованием аварии составят 30 тыс.руб.

Таким образом, расходы на локализацию (ликвидацию) и расследование причин аварии составят (формула 3.7):

$$P_{л.а} = 90000 + 30000 = 120000 \text{ руб.}$$

### 3.2.3 Социально-экономические потери.

Выплаты пособия по временной нетрудоспособности,  $S_B$ , пострадавшим (при средней месячной зарплате, равной 15 тыс.руб., 21-м рабочем дне в месяце, когда произошла авария, и периоде временной нетрудоспособности равном десяти рабочим дням) составят:

$$S_B = (15000/21) \cdot 10 \cdot 59 = 421429 \text{ руб.}$$

Расходы на медицинскую, социальную и профессиональному реабилитации,  $S_M$ , пострадавшим из числа персонала составят:

- расходы на пребывание одного пострадавшего в стационаре в течение шести дней – 5,5 тыс.руб.;

- расходы на приобретение необходимых лекарственных средств для одного пострадавшего – 1 тыс.руб.;

- санаторно-курортное лечение – 15 тыс.руб.

Получается, что

$$S_M = (5500 + 1000 + 15000) \cdot 59 = 128500 \text{ руб.}$$

Таким образом, социально-экономический ущерб,  $P_{с.э}$ , составит:

$$P_{с.э} = 421429 + 1268500 = 1689929 \text{ руб}$$

### 3.2.4 Косвенный ущерб

На предприятии средняя заработная плата производственных рабочих  $V_{з.п1}$  составляет 15 тыс.руб./мес (750 руб./день); число сотрудников, не использованных на работе в результате простоя, составит 59 чел.; часть

условно-постоянных расходов,  $V_{уп}$ , составляет 3 тыс.руб./день; продолжительность простоя объекта – 60 дней.

Таким образом:

$$P_{з.п} = (750 \cdot 59 + 3000) \cdot 60 = 2835000$$

Недополученная в результате аварии прибыль  $P_{н.п}$  также составит 27000000 руб. (см. пункт 3.1.4)

Убытки, вызванные уплатой штрафов,  $P_{ш}$ , наложенных на предприятие вследствие аварии на опасном производственном объекте составит 700000 руб. (в соответствии с Кодексом об административных правонарушениях РФ).

Таким образом, косвенный ущерб будет равен:

$$P_{н.в} = 2835000 + 27000000 + 700000 = 30535000 \text{ руб.}$$

### **3.2.5 Экологический ущерб.**

После проведения мероприятий по снижению количества выбрасываемого опасного вещества в результате разгерметизации блока №3 аммиачно-холодильного производства в атмосферу попадает 0,485 тонн аммиака; базовый норматив платы за загрязнение атмосферного воздуха аммиаком составляет 260 руб. за 1 тонну [21]; для Поволжского экономического района коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха оставляет  $K_{эа} = 1,9$  [24]; коэффициент инфляции  $K_{и} = 1,58$  (ст. 3 закона РФ от 13 декабря 2010 г. №357-ФЗ «О федеральном бюджете на 2011 год и на плановый период 2012-2013 г.»).

Таким образом экологический ущерб будет равен:

$$P_{экол} = \Delta_a = 5 \cdot 1,58 \cdot 1,9 \cdot 260 \cdot 0,485 = 1893 \text{ руб.}$$

В целом ущерб от аварии в цехе №12 составит:

$$P_a = 1012020 + 120000 + 1861786 + 30805000 + 1893 = 33800699 \text{ руб.}$$

Таблица 3.2 – Результаты расчетов ущерба после проведения мероприятий.

Вид ущерба	Величина ущерба, руб.
Прямой ущерб	1012020
В том числе ущерб имуществу третьих лиц	0
Расходы на ликвидацию (локализацию) аварии	120000
Социально-экономические потери	1689929
В том числе гибель (травмирование) третьих лиц	0
Косвенный ущерб	30535000
В том числе для третьих лиц	0
Экологический ущерб	1893
<b>Итого:</b>	<b>33358842</b>

Разница между полным ущербом до после мероприятий составит:  
 $34905926 - 33358842 = 1547084$  руб.

### 3.2.6 Предлагаемые мероприятия и их оценочная стоимость.

Установить электродвигатели на трубопроводы блока №3. Стоимость одного электродвигателя с учетом установки составит 15 тыс.руб. Необходимо установить два электродвигателя: по одному на подводящий и отводящий трубопроводы. Также необходимо учесть затраты на разработку проекта и экспертизу, которые составляют 180 тыс.руб.

$$K_1 = 15000 \cdot 2 + 180000 = 210000 \text{ руб.}$$

где  $K$  – капитальные затраты, руб.

Капитальные затраты на приобретение изолирующие дыхательных аппаратов (40 тыс.руб.за шт.) для работников цехов №12 (2 шт.), 22а (6 шт.) составят:

$$K_2 = 40000 \cdot (2 + 6) = 320000 \text{ руб.}$$

В целом капитальные затраты составят:

$$K = K_1 + K_2 = 210000 + 320000 = 530000 \text{ руб.}$$

### 3.3 Анализ эффективности мероприятий, направленных на снижение размера ущерба от аварий.

Оценка экономической эффективности при внедрении мероприятий на аммиачно-холодильном производстве АО «КВАРТ» представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Оценка экономической эффективности внедрения мероприятий на аммиачно-холодильном производстве АО «КВАРТ»

Показатели	Единица измерения	Значение до реализации мероприятий	Значение после реализации мероприятий	Отклонение «+», «-»
Затраты на проведение мероприятий, в том числе:	руб.	---	530000	+ 530000
1.1 установка электродвигателей на трубопроводы	руб.	---	210000	+ 210000
1.2 приобретение изолирующих дыхательных аппаратов	руб.	---	320000	+ 320000
2. Количество газообразного аммиака, выброшенного в атмосферу	кг.	634	485	- 149

3. Количество пострадавших	чел.	80	59	- 21
4. Оценка ущерба, в том числе:	руб.	34905926	33358842	- 1547084
4.1 Прямой ущерб	руб.	1012020	1012020	0
4.2 Расходы на ликвидацию (локализацию) аварии	руб.	120000	120000	0
4.3 Социально-экономические потери	руб.	2291432	1689929	- 601503
4.4 Косвенный ущерб	руб.	31480000	30535000	- 945000
4.5 Экологический ущерб	руб.	2474	1893	- 581

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы было определено, что источником наибольшей токсической опасности на АО «КВАРТ» является цех №12 (аммиачно-холодильное производство).

В результате был произведен анализ последствий развития наиболее опасного сценария аварии на аммиачно-холодильном производстве (полной разгерметизации конденсатора), определены радиусы зон возможного токсического поражения людей, количество пострадавших и ущерб причиненной аварией. На основе проделанной работы предложены мероприятия, снижающие риск токсического поражения персонала АО «КВАРТ», а именно:

- установке электродвигателей для дистанционного перекрытия трубопровода технологического блока №3, что является эффективным решением снижения количества возможного выброса аммиака в случае аварии;
- обеспечение изолирующим дыхательными аппаратами сжатого воздуха работников цехов №12, 14, 17 и 22а, которые в случае аварии не успевают покинуть опасную зону.

В результате осуществления предложенных мероприятий снижаются следующие показатели:

- количество выбрасываемого в случае аварии в атмосферу аммиака при разгерметизации блока №3 на 149 кг (что составляет 23,5 %);
- количество пострадавших на 21 человек;
- экономический ущерб от реализации возможной аварии более чем на 1 млн. рублей.

Коллективный риск снижается на 26,3 %.

Таким образом, при проведении мероприятий стоимостью 530000 руб. ущерб от возможной аварии будет снижен на 1547084 руб. Выгода составляет 1017084 руб.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егорова А.Ф. Модели оценки риска возникновения аварий на технологическом оборудовании с опасными химическими веществами / А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая, П.Г. Михайлова // Безопасность в техносфере – 2008 - №5 – С.4-5.
2. Владимиров В.В. Химические аварии: реальность и тенденции / В.В. Владимиров, А.Г. Лукьянченков // Мир и безопасность – 1995 - №1 – С.10 - 13.
3. ПБ 09 – 540 -03. Общие правила взрывоопасности для взрывопожарных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. – Введ. В действие с 05.05.03. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 80с.
4. Методика оценки последствий химических аварий (Методика «Токси». Редакция 2.2): соглас. Госгортехнадзором России 19.11.98. – М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 1999. – 81 с.
5. ГОСТ Р 22.0.05-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения. – Введ. 26.12.94. –М.: Изд-во стандартов, 1995. – 10с.
6. Безопасность жизнедеятельности. Взрыво- и пожаробезопасность производственных объектов и технологических процессов: учеб. Пособие / Ф.М. Гимранов (и др.). – Казань: Изд-во Казань гос. Технол. Ун-та, 2005. – 148 с.
7. Чепегин И.В. Безопасность жизнедеятельности. Чрезвычайные ситуации мирного и военного времени: учеб. Пособие / И.В. Чепегин. – Казань: Изд-во Казань гос. технол.ун-та, 2005. – 264 с.
8. РД 08 -120-96. Методические указания по повреждению анализа риска опасных промышленных объектов. Введ. В действие с 12.07.96. – М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2001. – 18с.

9. Беляев Г.Н. Управление риском на технологических объектах / Г.Н. Беляев // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – №5. – С. 10-11.
10. Гушин А.В. Повышение эффективности промышленных аммиачных холодильных установок / А.В. Гушин. – Краснодар: Минерва, 2007. – 270 с.
11. Овчаренко В.С. Основные аспекты комплексного подхода к расширению применения аммиачного оборудования в холодильной промышленности / В.С. Овчаренко, В.Л. Афонский // Холодильная техника. – 2001. - №7. – С. 13-15.
12. Анализ и обработка данных: специальный справочник / под ред. И.А. Гайдышева. – СПб.: Питер, 2001. – 752 с.
13. Сапожников В.Б. Использование аммиака в холодильной отрасли России: проблемы и перспективы / В.Б. Сапожников // Юнидо в России. – 2010. - №1. – 7-9.
14. Технический регламент / ОАО КЗСК. ТР 26-63-09 Аммиачно-холодильное производство. – Казань, 2009. – 30 с.
15. ПБ 09-595-03. Правила безопасности аммиачных холодильных установок. – Введ. В действие с 09.06.03. – М.: ДЕАН, 2003. – 36 с.
16. Справочник химика: в 7 т. Т.2 / под ред. Б.П. Никольского, О.Н. Григорова, М.Е. Позина. – М.: Химия, 1964. – 1169 с.
17. ГОСТ 6221-90. Аммиак жидкий технический. Технические условия. – Введ. 01.01.91. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 26 с.
18. РД 03-496-02. Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах. – Введ. В действие с 29.10.02. – М.: ЭНАС, 2005. – 21 с.
19. ЕНиР. Сборник Е5. Монтаж металлических конструкций. Выпуск 2. Резервуары и газгольдеры / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1987. – 36 с.

20. Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний: Федеральный закон от 24.07.98 №125 – ФЗ // Российская газета. – 1998. - №154.

21. О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления: постановление Правительства РФ от 12.06.03 №344 // Российская газета. – 2003. -№180.

22. О федеральном бюджете на 2011 год и на плановый период 2012 и 2013 годов: Федеральный закон от 13.12.10 №357 – ФЗ // Российская газета. – 2010. -№235.