

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

Институт Машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»  
(наименование кафедры)

20.03.01 Техносферная безопасность  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Пожарная безопасность  
(наименование направленности (профиля))

### **БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Автоматизация производственных процессов с учетом соблюдения  
правил ПБ на объекте ПАО "КуйбышевАзот".

Студент	<u>А.В.Ешелькин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>Н.А.Неверова</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультант	<u>В.Г.Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

#### **Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н. Горина  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) \_\_\_\_\_ (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018г.

## АННОТАЦИЯ

Пояснительная записка к данной бакалаврской работе содержит 60 страницы формата А4, графическая часть – 9 графических листов формата А1.

Темой работы является: автоматизация производственных процессов с учетом соблюдения правил ПБ на объекте ПАО "КуйбышевАзот".

Цель работы заключается в разработке технических решений по обеспечению пожарной безопасности производственных процессов при производстве циклогексанона и помещениях и промышленной площадке цеха №35 ПАО «КуйбышевАзот».

Основные задачи работы:

- анализ технологических процессов при производстве циклогексанона в помещениях и промышленной площадке цеха №35 ПАО «КуйбышевАзот»;
- идентификация основных рисков при производстве циклогексанона, которые могут способствовать возникновению пожара на объекте;
- анализ пожаров на всей территории Российской Федерации;
- предложение технических решений по повышению пожарной безопасности цеха №35;
- обоснование экономической эффективности по внедрению данных технических решений с учетом соблюдения правил ПБ на объекте ПАО "КуйбышевАзот".

В первом разделе представлена характеристика объекта.

В технологическом разделе описаны виды технологических процессов проводимых на объекте.

В научно-исследовательском разделе ВКР были проанализированы существующие принципы, методы и средства обеспечения пожарной безопасности. Были предложены технические изменения в данной системе пожарной безопасности.

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» приведено обоснование экономической эффективности по внедрению данных технических решений на объекте ПАО "КуйбышевАзот".

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 Характеристика объекта .....	6
1.1 Расположение .....	6
1.2 Производимая продукция или виды услуг .....	7
1.3 Оборудование .....	8
2 Технологический раздел .....	12
2.1 План размещения оборудования.....	12
2.2 Описание технологических процессов.....	13
2.3 Анализ пожарной безопасности на участке .....	15
2.4 Система противопожарной защиты зданий и сооружений .....	20
2.5 Порядок привлечения сил и средств для оперативно-тактических действий по обеспечению пожарной безопасности объекта .....	22
2.6. Организация надзорной деятельности за обеспечением противопожарного режима объекта .....	22
2.7 Статистический анализ сведений о пожарах на данном объекте и аналогичных объектах отрасли .....	23
3 Научно-исследовательский раздел .....	26
3.1 Выбор объекта исследования, обоснование .....	26
3.2 Анализ существующих принципов, методов и средств обеспечения пожарной безопасности .....	26
3.3 Предлагаемое изменение в системе пожарной защиты объекта .....	29
3.3.1 Организация проведения спасательных работ .....	30
3.3.2 Организация тушения пожара подразделениями пожарной охраны .....	31
3.3.3 Организация тушения пожара обслуживающим персоналом организации до прибытия пожарных подразделений .....	35
3.3.4 Организация взаимодействия подразделений пожарной охраны со службами жизнеобеспечения организации и города .....	36
3.3.5. Схема организации связи на пожаре.....	37
3.4 Предлагаемое или рекомендуемое изменение .....	37
4. Охрана труда .....	42

5	Охрана окружающей среды и экологическая безопасность .....	45
5.1	Оценка антропогенного воздействия объекта на окружающую сред.....	45
5.2	Предлагаемые или рекомендуемые принципы, методы и средства снижения антропогенного воздействия на окружающую среду.....	47
5.3	Разработка документированных процедур согласно ИСО 14000 .....	48
6	Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности .....	49
6.1	Разработка плана мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности в организации.....	49
6.2	Расчет математического ожидания потерь при возникновении пожара в организации .....	50
6.3	Определение интегрального эффекта от противопожарных мероприятий...	51
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	53
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	54

## ВВЕДЕНИЕ

«В последние годы значительный уровень технического развития достигнут в производствах аммиака, азотной кислоты, капролактама и др. В производстве аммиака и азотной кислоты внедрены принципиально новые технологические схемы, созданы мощные комплексы и энерготехнологические блоки высокой производительности. В производстве капролактама в значительной мере используются новые более экономичные процессы широко внедряется процесс окисления циклогексана кислородом воздуха, а также другие эффективные процессы, отличающиеся повышенной опасностью. Значительно возрастает производство и расширяются области потребления перекисных и металлоорганических соединений, представляющих особую опасность, поскольку они способны самовоспламеняться» [1].

«Существующие способы производства капролактама характеризуются повышенной опасностью, что обусловлено проведением процессов при высоких температурах и давлениях, а также применением и получением огне- и взрывоопасных веществ с токсическими свойствами»[1].

«Как уже отмечалось выше, большинство технологических процессов производства капролактама связано с переработкой и получением легковоспламеняющихся, горючих и взрывающихся продуктов. Поэтому при эксплуатации и ремонте оборудования и особенно при организации огневых работ необходимо принимать особые меры предосторожности, чтобы исключить возможность случайных утечек горючих жидкостей, паров и газов и их воспламенение. Однако на практике не всегда соблюдаются основные условия техники безопасности, что приводит к локальным вспышкам, взрывам и пожарам» [1].

Исходя из актуальности обеспечения пожарной безопасности, целью данной работы будет являться: в разработке технических решений по обеспечению пожарной безопасности производственных процессов при производстве циклогексанона и помещениях и промышленной площадке цеха №35 ПАО «КуйбышевАзот».

# 1 Характеристика объекта

## 1.1 Расположение объекта

ПАО «КуйбышевАзот» является одним из ведущих предприятий российской химической промышленности.

Компания расположена в г. Тольятти Самарской области (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Расположение ПАО «КуйбышевАзот»

Корпус 905/906А цеха № 35 расположен в квартале Ж-2 и включает в себя отделение окисления циклогексана и отделение ректификации.

Корпус 908 цеха №35 - отделение подготовки сырья (промежуточный склад) расположен в квартале В-3.0

Корпус 905 А – отделение окисления циклогексана , здание 2-х этажное каркасного типа 2-ой степени огнестойкости, высота 12 м, ширина 12 м, длина 78 м. Колонны и балки железобетонные, стены здания выполнены из навесных железо-бетонных панелей, частично кирпичные, остекление ленточное. Покрытие и перекрытие – железобетонные плиты. Реактора и ректификационные колонны вынесены на наружную установку. Насосная и отделение ректификации на отм.0.0 м разделены противопожарной стеной.

Наружная установка также отделена от производственных помещений противопожарной стеной. По пожарной опасности корпус относится к категории А. Класс помещений по ПУЭ - В-IA.

Корпус 908 цеха №35 - по пожарной опасности относится к производствам категории "А", класс по ПУЭ - В-Ia. Здание 2-ой степени огнестойкости, одноэтажное, длиной 108 м, высотой 7,2 м, шириной 12 м и включает в себя помещения: насосной (отм.- 0,8 м), коридора управления, узла ППА, 2-х ЭРП, 2-х венткамер, операторной.. Все резервуары находятся под азотным дыханием. В насосной установлены 20 центробежных насосов (10 рабочих и 10 резервных). Стены здания выполнены из кирпича, частично железобетонные панели, со стороны резервуаров стена железобетонная толщиной 50 см. Покрытие - железобетонные плиты. Кровля мягкая, рулонная на битумной мастике. В помещении насосной, в качестве взрывных проемов, предусмотрено ленточное остекление.

## 1.2 Производимая продукция или виды услуг

ПАО «КуйбышевАзот» осуществляет свою деятельность по следующим основным направлениям:

- капролактамы и продукты его переработки (полиамид-6, технические и текстильные нити, шинный корд, полиамидные и смесовые ткани, инженерные пластики);
- аммиак и азотные удобрения;
- промышленные газы: азот, кислород, аргон.

«Основные производственные мощности на 01.01.2018 г. включают: - 220 тысяч тонн в год капролактама; 212 тысяч тонн гранулята полиамида-6 (ПА-6); 18,8 тысяч тонн полиамидной технической и текстильной нити; 33 миллионов погонных метров пропитанной кордной ткани, 660,0 тысяч тонн аммиака; 380,0 тысяч тонн карбамида, 680,0 тысяч тонн аммиачной селитры и 560 тысяч тонн сульфата аммония»[2].

Корпус 905/906А цеха № 35 включает в себя отделение окисления циклогексана и отделение ректификации. Во втором отделении происходит

выделение примесей, экстракция солей органических кислот из реакционной смеси.

Корпус 908 цеха №35 предназначен для приема и выдачи циклогексана, анона-ректификата, анола-ректификата, анона-сырца, кубовой жидкости, абсорбента.

### 1.3Оборудование

При производстве циклогексанона и помещениях и промышленной площадке цеха №35ПАО «КуйбышевАзот» основное технологическое оборудование, которое указано в таблице 1.1:

Таблица 1.1 - Спецификация на основное технологическое оборудование и технические устройства

Наименование оборудования или технических устройств	Количество	Материал
1	2	3
Испарительная емкость конденсата	1	Сталь углеродистая
Охладитель конденсата	1	Сталь углеродистая
Установка АБХМ	1	
Редукционная охладительная установка (РОУ)	1	Сталь углеродистая
Кран мостовой	1	
Редукционная охладительная установка (РОУ)	1	Сталь углеродистая
Охладитель жидкостных уплотнений	1	материал корпуса - 12X18N10T материал труб - сталь углеродистая
Охладитель жидкостных уплотнений	1	12X18N10T
Конденсатор выхлопного пара	1	Ст.20/Ст.20
Редукционная охладительная установка (РОУ)	1	Сталь углеродистая
Подогреватель деминерализованной воды	1	12X18N10T
Бак с жидкостными уплотнениями вертикальный	1	12X18N10T
Насос центробежный для подачи уплотняющей жидкости	2	сталь нержавеющей
Бачок насоса для откачки конденсата	1	Сталь углеродистая
Насос для откачки конденсата низкого давления	2	сталь углеродистая
Насос для откачки конденсата среднего давления	2	сталь углеродистая
Емкость нормального освобождения	2	10X17N13M2T
Насос вертикальный многоступенчатый полупогружной для емкости нормального освобождения V-5007B	1	сталь нержавеющей
Емкость аварийного освобождения	2	Нержавеющая сталь 316
Резервуар для сбора углеводородов	1	Нержавеющая сталь 316
Насос резервуара для сбора углеводородов	1	сталь нержавеющей
Емкость деминерализованной воды		08X18N10
Сепаратор	1	Нержавеющая сталь 316



Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
Емкость заоложенной воды	1	Сталь нержавеющая 08X18H10
Насос для подачи деминерализованной воды на РОУ	2	сталь нержавеющая
Насос для подачи деминерализованной воды на АБХМ	2	сталь нержавеющая
Насос дренажный	1	нержавеющая сталь 316L
Емкость для сбора проливов горизонтальная	1	10X17H13M2T
Насос дренажный полупогружной для емкости сбора проливов	1	сталь нержавеющая 316L
Охладитель парового конденсата	1	Сталь углеродистая
Гидрозатвор	2	09Г2С
Колонна-скруббер	1	Сталь 10X17H13M2T
Сепаратор циклогексана/воды	1	материал корпуса 10X17H13M2T
Охладитель циклогексана	1	Корпус 09Г2С
Компрессор центробежный	1	Углеродистая сталь
Колонна прямого теплообмена	1	Корпус – сталь Тiре316, 316LSA 240
Подогреватель циклогексана перед реактором	1	Корпус SA 516 Gr70
воздушный фильтр на воздушном компрессоре	1	Сталь углеродистая
Сепаратор окисления	1	Корпус 10X17H13M2T
Насос для кубовых продуктов на скруббере охлаждения С5401	2	Сталь нержавеющая 316L
Сепаратор нейтрализации	1	Сталь SS 316
Емкость кобальт-содержащего катализатора	1	Полиэтилен
Насос одноступенчатый для реакционной смеси	2	Сталь 316L
Мешалка		Сталь нержавеющая
Теплообменник с окислительной регенерацией 1	2	Корпус 10X17H13M2T
Насос для катализатора	2	Сталь 1.4571
Теплообменник с окислительной регенерацией 2	6	Корпус SA 516 Gr70+UG84 Трубы SA 240 TP 316
Охладитель сырья нейтрализации	1	10X17H13M2T
Бачок насоса окисления	1	10X17H13M2T
Сепаратор на анализаторе O <sub>2</sub>	8	10X17H13M2T
Конденсатор на анализаторе O <sub>2</sub>	8	Корпус SA 333 Gr.6
Реакторы окисления	6	10X17H13M2T
Реактор разложения	1	10X17H13M2T
Насос питательный для подачи среды на нейтрализацию	2	Сталь нержавеющая 316L
Мешалка реактора разложения	1	HWL2140N
Реактор разложения	1	10X17H13M2T
Насос питательный для подачи сырья в реактора разложения	2	Сталь нержавеющая 316L
Мешалка реактора разложения	1	HWL2140N
Смеситель	1	SA 316TR316/316L
Колонна абсорбционная	1	10X17H13M2T
Насос подачи жидкости в абсорбер	2	Сталь 316L

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
Холодильник сырья абсорбера С5501	1	09Г2С-12
Холодильник циркуляционный абсорбера	1	Корпус SA516Gr 60
Сепаратор едких стоков1	1	10X17Н13М2Т
Конденсатор сапонификации	1	Корпус SA 240 TP 316
Емкость сапонификации	1	Корпус 09Г2С
Насос для подачи жидкой фазы сепаратора	2	Сталь нержавеющая
Паровой эжектор	1	1.4571/1.4581
Колонна экстракция соли	1	Корпус 09Г2С
Сепаратор едких стоков2	1	10X17Н13М2Т
Бак для смешения	1	09Г2С
Насос	2	Сталь углеродистая
Эжектор- смеситель	1	1.4571/1.4581
Колонна сточных вод	1	Корпус 10X17Н13М2Т
Насос продуктов на колонне экстракции соли	2	сталь углеродистая
Дожимной эжектор	1	А 312 TP 304, А 240 304;
Смеситель органических веществ и щелочного р-ра	1	Корпус 316L
Сепаратор после конденсатора сапонификации	1	Сталь углеродистая
Испаритель на сепараторе отходящих потоков	1	SA 516 Gr 70+UG84
Емкость антивспенивателя	1	Полиэтилен
Насос для сточных вод после стриппинг колонны	2	сталь 316L
Сепаратор отходящих потоков	1	Корпус 03X17Н14М3
Охладитель сточных вод	1	Корпус 10X17Н13М2Т
Ребойлер на стриппинг-колонне сточных вод	1	SA 516 Gr70+UG84
Насос конденсата из сепаратора	2	сталь нержавеющая
Сепаратор - отделитель неорганических растворов от органических	1	материал корпуса 10X17Н13М2Т
Насос подачи среды в систему регенерации тепла	2	Сталь нержавеющая
Насос антивспенивателя	2	Сталь 1.4571
Насос рециркуляции щелочной жидкости 1	2	Сталь 316L
Насос рециркуляции щелочной жидкости 2	2	Сталь 316L
Насос рециркуляции щелочной жидкости 3	2	Сталь 316L
Колонна дистилляции циклогексана № 1	1	Корпус 09Г2С
Испарительная емкость дистилляции циклогексана	1	Углеродистая сталь
Ребойлер на 1-й колонне дистилляции циклогексана	1	Корпус 09Г2С-15
Емкость орошения горячего циклогексана	1	Корпус 09Г2С
Насос рециркуляции горячего циклогексана	2	Сталь нержавеющая
Компрессор отходящих газов поршневой	1	
2-я Колонна дистилляции циклогексана	1	Корпус 09Г2С
Ребойлер на 2-й колонне дистилляции циклогексана	2	Сталь нержавеющая SA 516 Gr70+UG84
Емкость орошения холодного циклогексана	1	Корпус 10X17Н13М2Т
Насос продуктов на колонне дистилляции	2	Сталь нержавеющая
3-я Колонна дистилляции циклогексана	1	Корпус 09Г2С
Сепаратор перед компрессором отходящих газов	1	Углеродистая сталь
Ребойлер на 3-й колонне дистилляции циклогексана	2	SA 516 Gr 70+UG84
Ребойлер куба на 3-й колонне дистилляции циклогексана	1	Материал корпуса SA 516 Gr 70+UG84
Насос для сточных вод от сборника циклогексана	2	Сталь 316L
Колонна регенерации тепла циклогексана	1	Сталь нержавеющая 10X17Н13М2Т

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3
Конденсатор на дистилляции циклогексана	2	10X17H13M2T
Насос подачи холодного циклогексана в скруббер	2	Сталь нержавеющая
Газовый холодильник на дистилляции циклогексана	1	Корпус 09Г2С-15
Насос для подачи горячего циклогексана на 1,2 ступени дистилляции и в сборник циклогексана	2	Сталь нержавеющая
Насос для подачи холодного циклогексана в колонну на 3 стадию дистилляции	2	Сталь нержавеющая
Насос для подачи циклогексана из куба	2	Сталь 316L
Колонна сушки	1	09Г2С
Ребойлер на колонне сушки С-5801	1	SA516Gr70+UG84
Насос рециркуляции для колонны сушки	2	Сталь нержавеющая
Охладитель продукта «масло КА-oil»	1	12X18H10T;
Насос для кубовых продуктов на колонне сушки	2	Сталь нержавеющая
Охладитель продукта «масло КА-oil»	1	12X18H10T;
Бак водной фазы конденсата	1	Корпус - сталь ВСт3сп
Насос для водной фазы конденсата	2	Сталь нержавеющая
Теплообменник кубовой жидкости колонны сушки С-5801	1	Корпус 09Г2С-7
Охладитель рециркуляции масла КА	1	Корпус 09Г2С-3

С северной стороны корпуса 908 цеха №35 расположены 19 заглубленных в землю горизонтальных стальных резервуаров объемом по 100 м<sup>3</sup> каждый для хранения продуктов.

## 2 Технологический раздел

### 2.1 План размещения оборудования

В цехе №35 ПАО «КуйбышевАзот» осуществляется процесс окисления циклогексана в жидкой фазе кислородом воздуха, регенерация тепла, нейтрализация, разложение продуктов окисления в присутствии катализатора сульфата кобальта, абсорбция циклогексана из реакционных газов и газов дросселирования, дистилляция циклогексана, сапонификация (омыление), экстракция и осушка масла KA-oil.

Производственным направлением цеха №35 ПАО «КуйбышевАзот» является энергоэффективное производство циклогексанона (ЦПУ корпус 824), процесс окисления циклогексана в жидкой фазе кислородом воздуха, регенерация тепла, нейтрализация, разложение продуктов окисления в присутствии катализатора сульфата кобальта, абсорбция циклогексана из реакционных газов и газов дросселирования, дистилляция циклогексана, сапонификация (омыление), экстракция, осушка масла KA-oil, отгонка органических веществ из водно-щелочных и кислых стоков (корпуса 825,825а,826,826а), установка аварийного слива (корпус 820), сборник стоков (корпус 834), компремирование отходящих газов, технологического воздуха, воздуха КИП, технологического и аварийного азота (корпус 821), каталитическая очистка сбросных газов (корпус 828), факельная установка (корпус 827) и территория, прилегающая к обслуживаемому оборудованию.

Жидкофазное окисление циклогексана является широко распространенным способом получения циклогексанона и циклогексанола – основных продуктов в синтезе капролактама.

Корпус 905/906А цеха № 35 включает в себя отделение окисления циклогексана и отделение ректификации. В первом отделении происходит окисление циклогексана кислородом воздуха в реакторах при давлении 9 атм. и температуре  $148\div 165^{\circ}\text{C}$ . Во втором отделении происходит выделение примесей, экстракция солей органических кислот из реакционной смеси.

План размещения основного оборудования производства циклогексанона (окисление) в цехе №35 ПАО «КуйбышевАзот» представлен на рисунке 2.1.

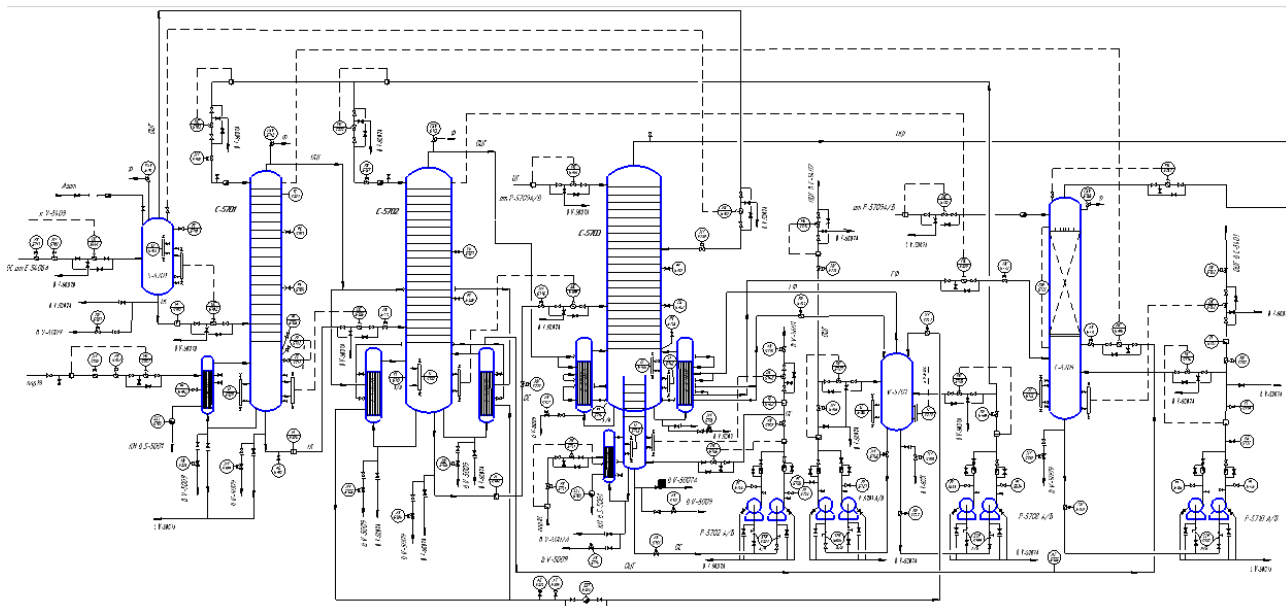


Рисунок 2.1- План размещения основного оборудования производства циклогексанона (окисление) в цехе №35 ПАО «КуйбышевАзот»

## 2.2 Описание технологических процессов

При производстве циклогексанона в цехе №35 проводятся следующие основные виды работ:

- регенерация тепла,
- окисления циклогексана,
- нейтрализации продуктов окисления циклогексана,
- разложение гидроперекиси циклогексила,
- разделение органического и неорганического водного слоя,
- дистилляция циклогексана,
- омыление продуктов окисления,
- осушка органического слоя,
- абсорбция инертных газов системы дистилляции циклогексана.

Свежий циклогексан с базисного склада цеха № 23 в количестве н/б 18,3 т/ч и оборотный циклогексан из емкости орошения горячего циклогексана поступают в сборную емкость циклогексана объемом 239м<sup>3</sup>. Сюда же отделяется сконденсированный, охлажденный циклогексан после конденсаторов и холодильника от колонны дистилляции, колонны регенерации тепла циклогексана и бачка насоса окисления.

Расход свежего циклогексана контролируется прибором. Для предотвращения образования взрывоопасных концентраций паров циклогексана, сборник соединен по газовой фазе с коллектором отходящих газов на всос компрессора.

Дополнительно схемой предусмотрен возврат циклогексана на базисный склад цеха № 23 посредством насосов, а также заполнение циклогексаном емкости орошения горячего циклогексана и бака для смешения для пусковых операций.

Для защиты насоса по обеспечению минимального расхода схемой предусмотрена принудительная циркуляция циклогексана. Поток в замкнутом контуре регулируется с помощью клапана по датчику расхода, который установлен на линии нагнетания насоса.

Температура в верхней части скруббера составляет не более 45°C и поддерживается автоматически по датчику температуры с помощью регулирующего клапана, установленного на линии подачи циклогексана на 2-ю насадку колонны. Данный поток поступает на орошение средней части колонны посредством насосов, минуя конденсатор.

Температура циклогексана в кубе колонны составляет 98...100°C.

Для защиты системы от превышения давления на линии отходящих газов из колонны предусмотрен предохранительный клапан со сбросом избыточного давления на факельную установку.

Давление в сепараторе определяет давление нагнетания насоса. Для защиты оборудования от превышения давления на сепараторе предусмотрен предохранительный клапан со сбросом избыточного давления на факельную установку.

Для контроля за состоянием внутренних устройств в колонне предусмотрен замер перепада давления в кубе и в верхней части колонны прибором, величина которого не должна превышать 3 кПа. Активация прибора с сигнализацией означает завышение нагрузки, оказанное на колонну, или загрязнение внутренних устройств.

Осушенный циклогексан с температурой 125...155<sup>0</sup>С из куба колонны посредством насоса подается в реактор окисления.

Реакционная смесь поступает последовательно из одного реактора в другой самотеком по линиям перетоков.

Реакция окисления циклогексана протекает с большим выделением тепла (>140ккал/моль). Тепло реакции отводится испаряющимся циклогексаном и используется в теплообменных колоннах для нагрева исходного циклогексана, подаваемого в реакторы окисления.

### 2.3 Анализ пожарной безопасности на участке

«Основная опасность производства капролактама для обслуживающего персонала обусловлена тем, что в процессе используются горячие и пожароопасные вещества, циклогексанон, капролактама, щелочные металлы и их соединения. При этом, реакционная масса в аппарате и трубопроводах находится в диапазоне (от 85 до 290 °С) температуре» [3].

«Несмотря на довольно широкое распространение, технология окисления циклогексанона еще далека от совершенства. Например, в 1974 г. взрыв и пожар, вызванный утечкой циклогексана, полностью разрушили один из заводов по производству капролактама в Англии» [3].

Анализ возможных аварийных ситуаций и причины их возникновения указаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Возможные инциденты и аварийные ситуации, способы их предупреждения и локализации

Возможные инциденты, аварийные ситуации	Предельно-допустимые значения параметров, превышение (снижение) которых может привести к аварии	Причины возникновения инцидентов, аварийных ситуаций
1	2	3
1.Отключение электроэнергии  При этом, отключаются все механизмы и машины, приводимые в движение электродвигателями, за исключением:	Полное отключение всех двух источников (задержка по времени 2,5сек).	Перебои в подаче энергоресурсов

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
<p>насосов смазочного и уплотнительного масла компрессоров, насосов деминерализованной воды, компрессора воздуха КИП, насосов оборотной воды, всех контрольно-измерительных приборов, систем сигнализации и блокировок благодаря тому, что в работе остается вспомогательный котел и все приборы КИПиА</p> <p>Примечание: Установка запитана электроэнергией от 2-х независимых источников, причем второй источник по своей мощности может обеспечить продолжение нормальной работы или пуск.</p>		
<p>2. Прекращение подачи оборотной воды</p>	<p>Снижения давления PIRSLAL-5031A/B PLL=3,1 кгс/см<sup>2</sup> оборотной воды на входе в цех (по таймеру 100с)</p>	<p>Перебои в подаче энергоресурсов. Остановка насосов на ВОЦ-8</p>
<p>3. Прекращение подачи воздуха КИП</p>	<p>Снижение давления PIRSLAL-5061A/B PLS=0,32 МПа</p>	<p>Остановка компрессора воздуха КИП. Система подачи сжатого воздуха КИП на приборы управления и в систему автоматической аварийной защиты включает в себя компрессор воздуха КИП и ресиверы, обеспечивающие подачу воздуха в течение 1 часа к системам мониторинга, управления и автоматической аварийной защиты в случае остановки компрессора.</p>
<p>4. Загазованность в помещениях насосных корпуса 825 или корпуса 826</p>	<p>50% от НКПВ на стенах насосных Если датчики загазованности на торцевых стенах</p>	<p>В результате утечки углеводородов в помещениях насосных</p>



Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
	насосных достигают 50% от НКПВ (2 из 2)	
5. Аварийно низкое давление на нагнетании насосов Р 5003А/В системы уплотнительной жидкости торцевых уплотнений	PIRSLAL-5004/5014 PLL =24,6 кгс/см <sup>2</sup> в течение 30 секунд	Остановка обоих насосов Р 5003А и Р 5003В системы уплотнительной жидкости с аварийно низким давлением в линии нагнетания
6. Параметры срабатывания системы аварийного освобождения технологических блоков.  Примечание: технологическая схема Установки разделена на 9 технологических блоков (секций). На основе результатов расчетов энергетических потенциалов выбрана отключающая межблочная арматура.	Система аварийного освобождения рассчитана на слив только одного аварийного блока. Параметры срабатывания системы аварийного слива и действия по блокировкам на аварийный слив	Если активируется аварийное освобождение одного технологического блока, то останов всей Установки получения масла КА-OIL произойдет автоматически по блокировке I-5051
7. Разгерметизация оборудования, истечение жидких органических продуктов из аппаратов или трубопроводов с образованием взрывоопасного облака, взрывного превращения смеси опасного вещества с кислородом воздуха; тепловое излучение «факельного горения», пожара и «огненного шара».	Выход параметров за критические значения	Брак металла, идущего на изготовление технологического оборудования; брак при изготовлении или монтаже технологического оборудования; механические повреждения при транспортировке технологического оборудования; отказ системы автоматического управления технологическим процессом (АСУ ТП); автоматической системы противоаварийной защиты (АСУ ПАЗ), а также контрольно-

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
		<p>измерительных приборов в результате различного рода поломок и неисправностей; «человеческий фактор»:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ошибочные действия (бездействие) персонала</li> <li>коррозия и физический износ технологического оборудования</li> <li>воздействие на технологическое оборудование экстремальных природных явлений</li> <li>воздействие поражающих факторов аварии, происходящей на рядом расположенном оборудовании;</li> <li>террористический акт (диверсия);</li> <li>возникновение источника зажигания в результате:</li> <li>• несоблюдения требований Правил пожарной безопасности;</li> <li>• несоблюдения требований Инструкций по проведению газоопасных и огневых работ;</li> <li>• неудовлетворительного состояния систем заземления и молниезащиты.</li> </ul>

В таблице 2.2 указаны технологические параметры, непосредственно влияющие на взрывоопасность производственного процесса.

Таблица 2.2 - Технологические параметры, непосредственно влияющие на взрывоопасность процесса

Наименование параметра	Единица измерения	Критическое значение параметра	Предельные значения срабатывания
Максимальное содержание кислорода в отходящих газах из реакторов окисления поз. R5411÷R5416	% об.	7	5
Максимальная температура стенки реакторов окисления поз. R5411÷R5416	°С	215	200
Понижение давления в коллекторе отходящих газов из реакторов окисления поз. R5411÷R5416	МПа, изб.	0,7	0,78
Понижение давления в системе водооборотного цикла	МПа, изб.	0,18	0,2
Понижение давления в системе уплотнительной жидкости торцевых уплотнений	МПа, изб.	2,4	2,56
Максимальная концентрация взрывоопасных веществ в насосной корп.825,826; помещениях анализаторных, подготовки к анализу; компрессорной К-5701	% от НКПВ	50	20

Наиболее опасным и возможным местом возникновения пожара в корпусах цеха № 35 является помещение насосной. При разгерметизации трубопровода насоса в помещение насосной может вылиться до 70 м<sup>3</sup> циклогексана.

Во всех случаях пути распространения пожара лежат по технологическому оборудованию и строительным конструкциям.

От воздействия высоких температур возможно:

- разрушение строительных конструкций элементов перекрытия и покрытия здания.
- разрушение трубопроводов циклогексана и его производных;
- разрушение лестниц и площадок обслуживания.

Учитывая, что в очаге пожара находятся трубопроводы с ЛВЖ, горение будет происходить с выделением большого количества дыма.

В таблице 2.3 приведены возможные зоны теплового воздействия при пожаре.

Таблица 2.3 - Зоны теплового воздействия при пожаре

Радиус поражения открытым пламенем, м.		12
Уровни поражения тепловым излучением (от границы пожара), м		
13 кВт/м <sup>2</sup>	Критическое расстояние до горящего места разлива ЦГ	10
7,5 кВт/м <sup>2</sup>	Граница пожароопасной зоны	15
1,4 кВт/м <sup>2</sup>	Безопасное расстояние для людей	20

В результате пожара возможно отключение электроэнергии, вентиляционных установок, а также приборов освещения.

#### 2.4 Система противопожарной защиты зданий и сооружений

В качестве противопожарной защиты корпус 908 цеха №35 защищен стационарной установкой пенного пожаротушения с 14-ю ГПС-600. Установка пенного пожаротушения приводится в действие с ЦПУ цеха, находящегося в корп.727 и с узла управления. С южной стороны корпуса установлено 2 стационарных лафетных ствола ПЛС-20С, которые запитаны от установки пенного пожаротушения.

Из средств связи и сигнализации в корпусе 908 цеха №35 имеются:

- 1 телефон, расположенный в операторной;
- 3 ручных пожарных извещателя ПКИЛ-9, расположенных по периметру; автоматическая пожарная сигнализация с датчиками ДПС-038 с выходом на ЦПУ цеха.

В корпусе 908 цеха №35 установлены 12 внутренних пожарных кранов. Внутренний пожарно-хозяйственный водопровод диаметром 50 мм обеспечивает одновременную работу двух стволов «Б».

Наружное противопожарное водоснабжение обеспечивается от ВОЦ-8 с 9-ю градирнями объемом по 800м<sup>3</sup> каждая и ближайших пожарных гидрантов, расположенных по дороге 1-2; 2-3 и проезду Ж-И на кольцевом пожарно-хозяйственном водопроводе D-150 мм. Нормативная водоотдача ПХ-водопровода - 142 л/с, фактическая (по акту водоотдачи) – 147,2 л/с. Повышение давления в ПХ-водопроводе производится насосами-повысителями, установленными в насосной станции 3-го подъема (тел. 41-27 и 15-09).

Кроме того, в близлежащих корпусах 905/906А,Б; 907; 911 на трубопроводах оборотного водоснабжения имеются врезки для подключения пожарных автомобилей D-80 мм.

В качестве противопожарной защиты все производственные помещения корпуса 905/906А цеха № 35 и наружная установка защищены стационарной установкой пенного пожаротушения. Для защиты наружной установки по периметру установлены лафетные стволы на существующем пенопроводе.

Из средств связи и сигнализации в корпусе 905/906А цеха № 35 имеются:

- телефон на ЦПУ корп.927, связь с ЦПУ из корпуса осуществляется по 4-м безномерным телефонам;

- 6 ручных пожарных извещателей ПКИЛ-9, расположенных по периметру корпуса. Вокруг квартала Ж-2 имеется пожарно-хозяйственный водопровод D-150 мм с расположенными на нем ПГ. Нормативная водоотдача водопровода – 142 л/сек, фактическая (по акту водоотдачи – 147,2 л/сек). Дополнительно для нужд пожаротушения можно использовать:

- 9 чаш градирен ВОЦ-8 объемом 800 м<sup>3</sup> каждая. ВОЦ-8 расположен на расстоянии 320 м на юго-запад;

- врезки D-80 мм в трубопроводы оборотного водоснабжения D-300 мм и давлением 4атм с южной стороны корпусов 905/906А,Б, 907 для подключения пожарных машин.

Объект располагает автотехникой легковой, грузовой и специальной, а также ж/д транспортом. Автотехника, в том числе, автобусы, автобойлеры, подъемные краны и мехлопаты имеются в автотранспортном цехе №16. Телефон диспетчера 15-16, начальника цеха 12-16. Автобойлеры, бульдозер и мехлопаты имеются в хоздворовом цехе №41. Телефон начальника цеха 12-41, механика – 13-51. Передвижные компрессора, газорезательное и сврочное оборудование имеется в ремонтно-строительном цехе №19 и ремонтно-механическом цехе №28. Телефоны начальников цехов соответственно: 12-19 и 12-28. Передвижные насосные установки и экскаваторы имеются в цехе №9. Телефон начальника 12-09, начальника смены 15-09.

## 2.5 Порядок привлечения сил и средств для оперативно-тактических действий по обеспечению пожарной безопасности объекта

Для тушения возможного пожара привлекаются подразделения пожарной охраны, выезжающие согласно гарнизонного расписания (таблица 2.4).

Таблица 2.2 - Расписание выездов пожарных подразделений, привлекающихся на тушение пожара и время их следования

№ вызова	Наименование подразделений и тип автомобилей	Время следования пожарных подразделений (мин.)
1	2	3
2	ПСЧ-35 АЦ-40(130) ПСЧ-35 АЦ-40(130) ПСЧ-146 АЦ-40(130) ПЧ-28 АЦ-40(130) ПЧ-28 ПНС-110(131) ПЧ-28 АР-2(КАМАЗ) ПСЧ-86 АЦ-40(130) ПСЧ-86 АЛ-30(131) ПСЧ-86 АГ-12(ПАЗ) АСС-СА АСС-ХЗА	3 мин. 3 мин. 4 мин. 5 мин. 5 мин. 5 мин. 15 мин. 15 мин. 15 мин.
3	ПСЧ-70 АЦ-40(130) ПСЧ-13 АЦ-40(130) ПСЧ-13 КП/АЛ ПСЧ-11 КП/АЛ ПЧ-76 АСА ГСС-объект	17 мин 18 мин 18 мин 20 мин 25 мин

## 2.6. Организация надзорной деятельности за обеспечением противопожарного режима объекта

«Организация надзорной деятельности за обеспечением противопожарного режима объекта сводится к выявлению и последующему устранению нарушений правил пожарной безопасности. Личный состав должен принимать меры к тому, чтобы обнаруженные нарушения устранялись немедленно» [4].

«Если устранить выявленные нарушения требований пожарной безопасности в процессе проверки невозможно, то должностному лицу объекта вручают письменное предложение с указанием сроков устранения обнаруженных нарушений. Письменные предложения регистрируются в» [4]. «журнале наблюдения за противопожарным состоянием объекта и могут

быть внесены в соответствующие журналы работы смен, цехов и установок» [4].

«В случае выявления нарушений требований пожарной безопасности, создающих угрозу возникновения пожара и (или) безопасности людей, кроме вручения должностному лицу объекта письменного предложения, начальник (заместитель начальника) объектового подразделения в кратчайшие сроки готовит и направляет рапорт в управление (отдел, отделение) государственного пожарного надзора МЧС России по субъекту Российской Федерации о выявлении вышеуказанных нарушений. Рапорт является основанием для проведения органом ОНД внепланового мероприятия по контролю на объекте» [4].

«Порядок наблюдения за противопожарным состоянием временно расположенных в цехах или на территории обслуживаемого объекта экспериментальных установок, специальных заказов, сложных образцов ремонтируемой техники и т.п., а также неработающих цехов, складов и других сооружений, технических помещений устанавливается в зависимости от их пожарной опасности и режима работы начальником объектового подразделения совместно с администрацией охраняемых объектов» [4].

2.7 Статистический анализ сведений о пожарах на данном объекте и аналогичных объектах отрасли

-12 марта 2017 года в 10 час. 15 мин. поступило сообщение о пожаре на ПАО «КуйбышевАзот», по адресу: Самарская область, г.о. Тольятти, Центральный район, ул. Новозаводская, 6

-В 10.15, по прибытии пожарных подразделений установлено, что горит наружная установка по переработке циклогексана на площади 500 м<sup>2</sup>.

-Для тушения пожара привлечено 232 человека, 44 ед. Погибших и пострадавших нет.

В статистическом разделе официального сайта Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС

России)(<http://www.mchs.gov.ru>) размещена статистика пожаров, произошедшие на территории нашей страны за 2016-2017 годы

Диаграмма распределения пожаров по годам представлена на рисунке 2.1 и 2.2.

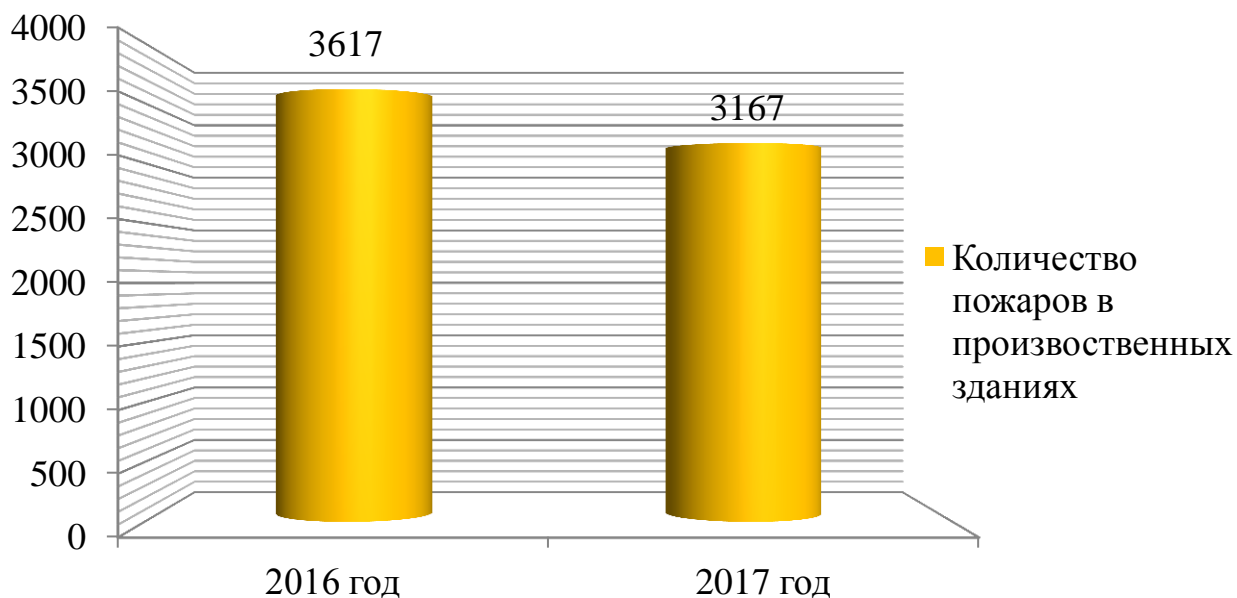


Рисунок 2.1 - Распределение пожаров в производственных зданиях по годам.

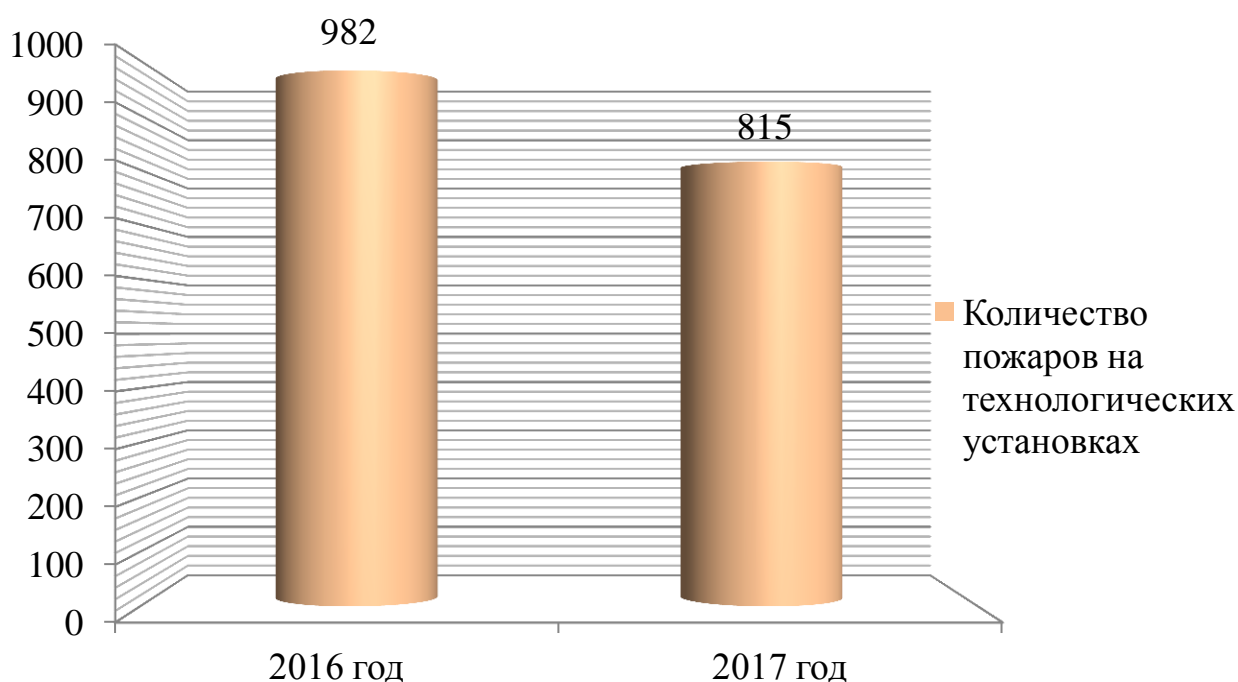


Рисунок 2.2 - Распределения пожаров на технологических установках

Диаграмма по статистике возникновения пожаров при нарушении технологии производства указана на рисунке 2.3.



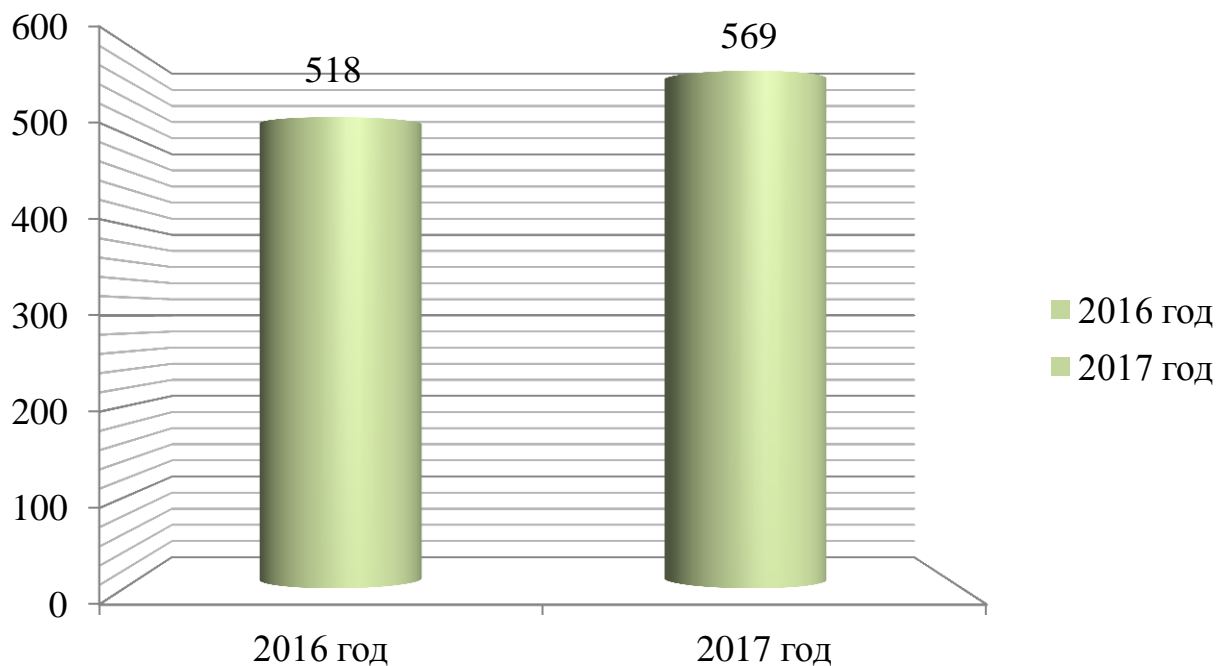


Рисунок 2.3 - Статистика по возникновению пожаров при нарушении технологии производства

Диаграмма по нанесённому пожарами в производственных зданиях и технологических установках материальному ущербу указана на рисунке 2.4.

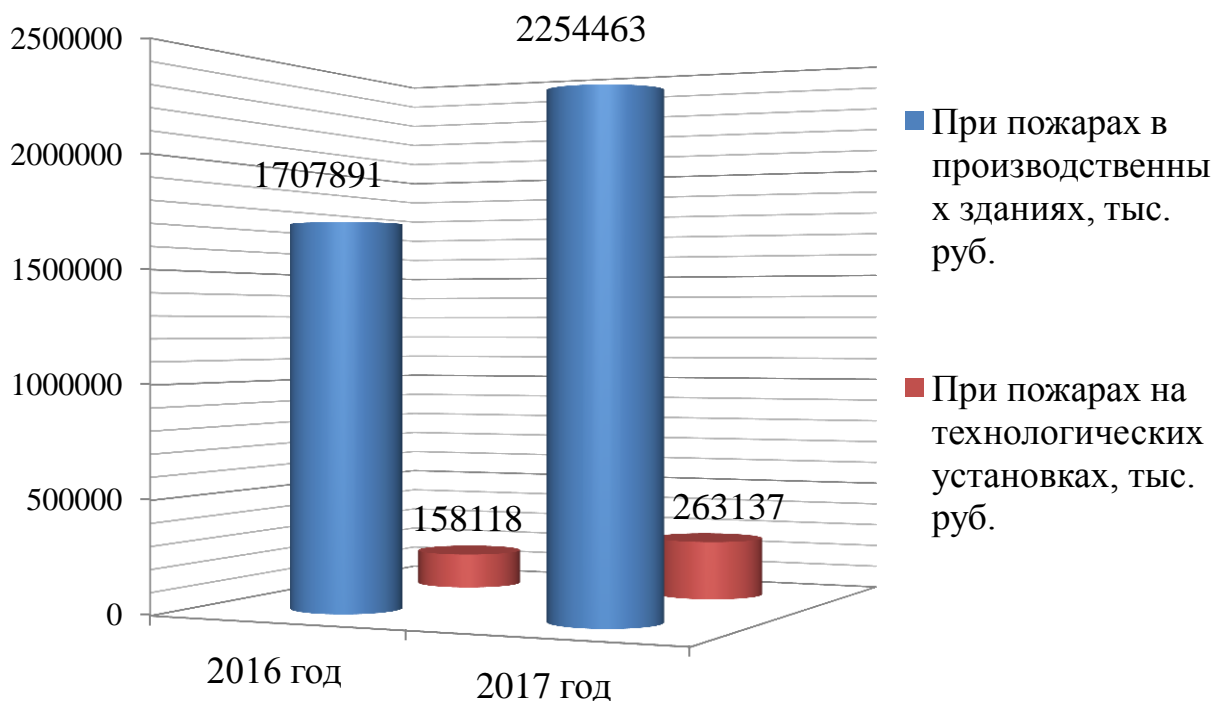


Рисунок 2.4 - Статистика по нанесенному пожарами материальному ущербу.

## 3 Научно-исследовательский раздел

### 3.1 Выбор объекта исследования, обоснование

«Наибольшую пожарную опасность для производства представляют собой нарушения режима работы технологического оборудования и связанные с ними повреждения и аварии, при которых за короткий промежуток времени может образоваться горючая концентрация не только внутри аппаратов, но и снаружи вследствие выхода значительного количества фенола, водорода и циклогексанола. Горючая среда образуется в результате образования трещин, свищей, сквозных отверстий в емкостях, контактном аппарате, смесителе, смесителе, теплообменнике, а также при полном разрушении технологических аппаратов в целом.» [6].

### 3.2 Анализ существующих принципов, методов и средств обеспечения пожарной безопасности

Для обеспечения безопасных условий процесса в системе реакционного узла предусмотрены следующие мероприятия:

- на выходе газовой среды из каждого реактора предусматривается автоматический анализ на содержание  $O_2$  с сигнализацией предмаксимального значения его объемной доли 3,5% об.

- производится автоматический анализ газовой фазы в общем коллекторе отходящих газов реакторов окисления на содержание  $O_2$  с сигнализацией предмаксимального значения 3,5% об.;

- производится автоматический анализ газовой фазы в общем коллекторе отходящих газов реакторов окисления на содержание  $CO + CO_2$  с сигнализацией предмаксимального значения 3% об.

Продувка системы азотом высокого давления осуществляется путем открытия клапана, расположенного вначале коллектора отходящих газов реакторов окисления.

Используемый для этой цели азот с давлением 1,8 МПа поступает из отделения компрессии от ресиверов азота высокого давления.

Расход азота на продувку определяется и контролируется расходчиком.

Схемой также предусмотрена подача азота в систему окисления через клапан "вручную".

Каждый реактор окисления снабжен индивидуальной системой ПАЗ, предусматривающая закрытие отсекателей XV и клапанов FCV на линии подачи воздуха в реакторы, с последующей продувкой азотом при:

- повышении объемной доли  $O_2$  до 5% об. в коллекторе реакционных газов на выходе из каждого реактора окисления;
- понижении расхода воздуха в реакторы до 25% от установленного нормального потока;
- понижении температуры реакционного слоя в каждом реакторе до  $150^{\circ}C$ ;
- повышении температуры стенки каждого реактора окисления до  $215^{\circ}C$ .

При срабатывании сигнализация с последующей активацией блокировки на одном реакторе схемой предусмотрена возможность работы остальных пяти реакторов в нормальном технологическом режиме.

Для освобождения технологических аппаратов от продуктов во время аварий и пожаров предусмотрены заглубленные емкости нормального освобождения в корп. 826 и в корп. 825. Дополнительно в емкость откачивается отсепарированный конденсат циклогексана от компрессора из отделения компрессорной корп. 821.

Уровень в емкости регулируется по датчикам.

Емкости нормального освобождения оснащены системой азотного "дыхания", которая создается подачей азота в емкости и отводом отходящих газов через гидрозатворы в компрессорную станцию корп. 821 на всас компрессора отходящих газов.

Азот для этих целей подводится из сетей предприятия через редуцирующие клапаны в емкость.

Уровень в гидрозатворах поддерживается автоматически по датчикам с помощью регулирующих клапанов, которые установлены на линиях подачи парового конденсата в гидрозатвор в качестве подпитки.

Гидрозатворы оборудованы линиями перетока, по которым осуществляется сброс излишков конденсата через трапы в дренажные емкости.

Из емкостей нормального освобождения органические продукты откачиваются погружными насосами в суц. емкость на склад промежуточных продуктов в корп. 908 цеха № 35.

В таблице 3.1 указано основное технологическое оборудование и технические устройства системы ПАЗ

Таблица 3.1 - Основное технологическое оборудование и технические устройства системы ПАЗ

Наименование оборудования или технических устройств	Количество	Материал, способ защиты	Техническая характеристика
Насос для откачки конденсата среднего давления	2	сталь углеродистая	ОНН 3x4x115-2 H=66,5м.ст.ж.; Q =64м <sup>3</sup> /ч T <sub>раб.</sub> = 148 °С Среда – конденсат пара электродвигатель: N= 22 кВт, U=380 В, n=2910 об/мин.
Емкость нормального освобождения	2	10X17H13M2T	V=6,3 м <sup>3</sup> ; D <sub>вн.</sub> =1400 мм; H=3020 мм, L= 4320 мм T <sub>раб.</sub> = 167°С P <sub>раб.</sub> =0,02 МПа Среда –органика и неорганика
Насос вертикальный многоступенчатый полупогружной для емкости нормального освобождения V-5007B	1	сталь нержавеющая	SJD - 7AWCVC 6,5A/2 H = 27,8м; Q <sub>ном.</sub> = 25м <sup>3</sup> /ч, T <sub>раб.</sub> =30 °С Среда – углеводороды электродвигатель: N=7,5 кВт, U=380 В, n=2965 об/мин.
Емкость аварийного освобождения	2	Нержавеющая сталь 316	V <sub>общ.</sub> =1207 м <sup>3</sup> ; D <sub>вн.</sub> =8000 мм; H <sub>цил.</sub> =22000 мм, T <sub>раб.</sub> = 167 °С P <sub>раб.</sub> '= 0,104МПа (абс.) Среда – углеводороды Изолируется
Резервуар для сбора углеводородов	1	Нержавеющая сталь 316	V <sub>общ.</sub> =536 м <sup>3</sup> ; D <sub>вн.</sub> =6200 мм; H <sub>цил.</sub> =16200 мм, T <sub>раб.</sub> = 46 °С P <sub>раб.</sub> '= 0,104МПа (абс.) Среда – углеводороды Изолируется
Насос резервуара для сбора углеводородов	1	сталь нержавеющая	H-1843м; Q.-24м <sup>3</sup> /ч Среда – углеводороды T <sub>раб.</sub> = 36 °С Среда – деминерализованная вода электродвигатель: N= 37 кВт, U=380 В, n=2946 об/мин.

### 3.3 Предлагаемое изменение в системе пожарной защиты объекта

В качестве повышения пожарной безопасности производственной площадке цеха №35 ПАО «КуйбышевАзот» предлагается для использования в качестве среды, не поддерживающей горения, использовать азот, который применяется при продувке производственных систем путём вытеснения кислорода из наиболее возможных мест возникновения пожаров.

«Тушение азотом применяется на нефтегазодобывающих предприятиях для предотвращения пожароопасных и взрывоопасных ситуаций. Этот метод тушения эффективен в замкнутых объемах и помещениях, в случаях возгорания горючих веществ (например, нефти и нефтепродуктов, а также газового конденсата), которые не могут гореть без доступа воздуха» [7].

«Тушение азотом осуществляется на основе инертных свойств воздушной смеси, содержащей азот в количестве 95-99%. Такое количество содержащегося в воздухе азота делает невозможным процесс горения. В том случае, если в объеме происходит возгорание, азот автоматически подается в него, благодаря чему тушение пожара осуществляется надежно и быстро, без ущерба оборудованию» [7].

«Тушение азотом имеет преимущества по сравнению с другими способами пожаротушения. Они обусловлены высокой экономической эффективностью установки наряду с ее простотой и легкостью обслуживания. Предназначенные для азотного тушения установки способны ликвидировать пожар за несколько секунд, независимо от удаленности очага пожара. В большинстве случаев они выполнены в виде системы оборудования, применяемого для тушения очагов возгорания в труднодоступных местах» [7].

«Установки для тушения азотом применяются в нефтегазовом комплексе с целью создания инертной среды для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности в технологических резервуарах, перед ремонтом оборудования, при загрузочно-разгрузочных работах и непосредственно при тушении пожара» [7].

«Установки нужны для создания инертной среды в резервуарах с пожароопасными веществами и веществами, реагирующими с кислородом»

[7].«В случае возгорания инертная смесь подается в объем автоматически, и пожар ликвидируется» [7].

«Таким образом, можно сделать вывод, что пожаротушение азотом – это один из лучших методов, поскольку он обеспечивает сохранность материальных ценностей и позволяет не только ликвидировать пожар, но и не допустить его» [7].

### 3.3.1 Организация проведения спасательных работ

«В случае возникновения аварийной или чрезвычайной ситуации на производственной площадке ПАО «КуйбышевАзот» все работники как самого ПАО «КуйбышевАзот» так и работники подрядных организаций, ведущих производственную деятельность на данной территории обеспечены средствами индивидуальной защиты» [8].

«Комплексом аварийно-спасательных работ необходимо обеспечить поиск и удаление людей за пределы зон действия опасных, вредных для их жизни и здоровья факторов. Оказания неотложной медицинской помощи пострадавшим и их эвакуацию в лечебные учреждения, создание для спасенных нормальных условий для существования» [9].

«Эвакуация людей из зданий во время чрезвычайных ситуаций представляет собой процесс организованного самостоятельного движения людей наружу из помещений через эвакуационные выходы» [10].

«Защита людей на пути эвакуации обеспечивается комплексом объемно-планировочных, конструктивных и организационных мероприятий. К организационным мероприятиям относят планы этажей, где обозначаются эвакуационные выходы и схемы движения людей к ним. Кроме этого проектом выполняется план территории с нанесенными направлениями выхода людей от здания по территории» [11].

В корпусе 905/906А цеха № 35 постоянно находятся 4 человека из технологического персонала (при приеме-сдаче смены – 8). Численность персонала смены на территории 4 человека (при приеме-сдаче смены – 8) из технологического персонала. В дневное время могут находиться на территории

представители ремонтных служб и контролирующие органы в количестве до 15 человек.

В корпусе 908 цеха №35 постоянно находится один человек (при приеме-сдаче смены – 2) из технологического персонала. Численность персонала смены на территории 1 человек (при приеме-сдаче смены – 2) из технологического персонала. В дневное время могут находиться на территории представители ремонтных служб и контролирующие органы в количестве до 15 человек.

### 3.3.2 Организация тушения пожара подразделениями пожарной охраны

Наиболее опасным и возможным местом возникновения пожара является помещение насосной. При разгерметизации трубопровода насоса в помещение насосной может вылиться до 70 м<sup>3</sup> циклогексана. Для тушения возможного пожара принимаем ВМП средней кратности, интенсивность подачи раствора пенообразователя на тушение - 0,08 л/сек\*м<sup>2</sup>, интенсивность подачи воды на защиту насосного оборудования – 0,3 л/сек\*м<sup>2</sup>, на защиту отм.6,0 м – 0,075 л/сек\*м<sup>2</sup>. Размеры насосной 12\*54 м. Тушение по всей площади насосной. Удельный объем продукта сгорания производных бензола составляет 10,7 м<sup>3</sup>/кг. Массовая скорость выгорания производных бензола составляет 2,298 кг/м<sup>2</sup>мин.

1) Определяем площадь возможного пожара:

$$S_{\text{п}} = a \times b = 12\text{м} \times 54\text{м} = 648 \text{ м}^2 \quad (3.1)$$

2) Определяем количество ГПС-600 на тушение:

$$N_{\text{гпс}} = S_{\text{п}} \times I / q_{\text{гпс}} = 648 * 0,08 / 6 = 8 \text{ ГПС} - 600 \quad (3.2)$$

3) Определяем требуемое количество пенообразователя

$$V_{\text{по}} = N_{\text{гпс}} \times q_{\text{гпс}} \times T \times K = 8 \times 0,36 \times 600 \times 3 = 5184 \text{ л.} \quad (3.3)$$

4) Определяем количество стволов на охлаждение насосного оборудования и трубопроводов, находящихся в зоне горения:

насыщенность площади оборудованием составляет 25%, соответственно защищаемая площадь составит 162 м<sup>2</sup>.

$$N_{\text{плс}} = S_{\text{п}} \times I_{\text{охл}} / q_{\text{плс}} = 162 \times 0,3 / 20 \approx 3 \text{ ств. ПЛС} - 20\text{П} \quad (3.4)$$

Исходя из тактических соображений на охлаждение оборудования принимаем 2 лафетных ствола ПЛС-20П и 2 ствола «А».

5) Определяем количество стволов на защиту отметки 6.0 м:

исходя из тактических соображений на защиту отметки 6.0 м используем стволы «А» со свернутым спрыском

$$N_A = S_{\text{п}} \times J_{\text{отм}} / q_A = 648 \times 0,075 / 13 = 4 \text{ ств. «А»} \quad (3.5)$$

Исходя из тактических соображений принимаем на защиту наружной установки 2 ствола «А» и на защиту соседних помещений 2 ствола «Б».

6) Определяем фактический расход воды на тушение пожара и проведение защитных действий:

$$Q_3 = N_{\text{плс}} \times q_{\text{плс}} + N_A \times q_A + N_A \times q_A + N_6 \times q_6 = 2 \times 20 + 4 \times 13 + 4 \times 7 + 2 \times 3,5 = 127 \text{ л/сек.} \quad (3.6)$$

$$Q_T = N_{\text{гпс}} \times q_{\text{гпс}} = 8 \times 5,64 = 46 \text{ л/сек.} \quad (3.7)$$

$$Q_{\text{ф}} = Q_T + Q_3 = 46 + 127 = 173 \text{ л/сек.} \quad (3.8)$$

$$Q_{\text{ф}} 173 \text{ л/сек.} > Q_{\text{пхв}} 147,2 \text{ л/сек.}$$

Так как фактический расход воды, требуемый на тушение пожара и на проведение защитных действий больше, чем водоотдача пожарно-хозяйственного водопровода, необходимо использовать воду из градирен ВОЦ-8 и врезки в оборотный водопровод.

7) Определяем удельный объем газообмена со всей площади пожара:

$$V_{\text{го}} = S_{\text{п}} \times V_{\text{м}} \times W_{\text{г}} = 216 \cdot 2,298 \cdot 10,7 = 5311,1 \text{ м}^3/\text{мин} \quad (3.9)$$

Определяем удельный объем газов проникающих в соседние помещения через 4 дверных проема и одни ворота, общей площадью 25,6 м<sup>2</sup>, что составляет 0,65 % от всей площади ограничивающей место пожара:

$$V_{\text{го}}^{\text{кор}} = V_{\text{го}} \times 0,65 / 100 = 3888 \times 0,65 / 100 = 25,3 \text{ м}^3/\text{мин} = 1516 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3.10)$$

т.е.1 дымосос производительностью 20000 м<sup>3</sup>/ч обеспечит нормальную работу ствольщикам и обслуживающему персоналу.

8) Определяем требуемое количество пожарных машин с учетом использования насосов на полную тактическую возможность:

$$N_{\text{м}} = Q_{\text{ф}} / (Q_{\text{н}} \times 0,7) = 173 / (40 \times 0,7) = 6 \text{ машин} \quad (3.11)$$

9) Определяем требуемое количество личного состава:

$$N_{\text{л/с}} = (N_{\text{гпс}} + N_{\text{плс}} + N_A) \times 2 + N_6 \times 1 + N_{\text{м}} \times 1 + N_{\text{связн.}} = (8 + 2 + 8) \times 2 + 2 \times 1 + 6 \times 1 + 3 = 47 \text{ чел} \quad (3.12)$$

10) Определяем требуемое количество отделений:

$$N_{\text{отд}} = N_{\text{л/с}} / 5 = 47 / 5 \approx 10 \text{ отд.} \quad (3.13)$$



Согласно гарнизонного расписания принимаем вызов №3, при этом прибывающих сил и средств будет недостаточно, поэтому РТП объявляет чрезвычайную ситуацию. Необходимо организовать сбор оперативных групп и л/с гарнизона, комплектовать резервную технику.

Данные по проведённым расчётам указаны в таблице 3.2

Таблица 3.2 - Общие расчётные данные

Площадь пожара (м <sup>2</sup> )	Кол-во ГПС-600 на тушение	Кол-во ств. ПЛС-20 на охлаждение	Кол-во ств. «А» на защиту	Кол-во ств. «Б» на защиту	Кол-во ПО (л)	Кол-во отрядов
648	8	2	8	2	5184	10

Возможная обстановка на месте пожара и рекомендации для руководителя тушения пожара указаны в таблице 3.3

Таблица 3.3 - Возможная обстановка на месте пожара и рекомендации для руководителя тушения пожара

Время от начала развития пожара	Возможная обстановка пожара	Qтр, л/с вода/раств ПО	Введено приборов на тушение и защиту				Qф, л/с вода/раств ПО	Рекомендации РТП
			НВР Г	ПЛ С	А <sub>св</sub>	Б		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ч+3	Горит циклогексан по всей площади насосного отделения. Есть угроза перехода пожара на наружную установку и кровлю. Прибыли 2 АЦ-40 ПСЧ-35.	127/46			52	14	66/0	2 ств.А и 4 ств.Б на защиту отм.6.0 м по наружной пожарной лестнице с южной стороны корпуса. 2 ств.А на защиту наружной установки с северной стороны корпуса и 2 ств.Б на защиту соседних помещений с западной и восточной сторон корпуса.
Ч+7	Горение продолжается, угроза распространение. Прибыла АЦ ПСЧ-146	127/46			26		92/0	2 ств.А на охлаждение оборудования в насосной через двери с восточной стороны корпуса

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	угроза распространения остается. Прибыла АЦ, ПНС, АР, АЦТП-5 ПЧ-28							в насосной через окна с южной стороны корпуса.
Ч+1 8	Горение продолжается, угроза распространения остается. Прибыла АЦ ПСЧ-86	127/46		20			132/0	1 лафетный ствол на охлаждение оборудования в насосной через окна с южной стороны корпуса.
Ч+2 0	Горение продолжается, угроза распространения остается. Прибыла АЦ ПСЧ-70	127/46	23				132/23	Подвоз ПО к месту пожара и подача 4 ГПС-600 на тушение пожара в насосной через окна с южной стороны корпуса.
Ч+2 1	Горение продолжается, угроза распространения остается. Прибыла АЦ ПСЧ-13 и опер.Группа	127/46	23				132/46	Подача 4 ГПС-600 на тушение пожара в насосной через окна с южной стороны корпуса.
Ч+3 1	Горение ликвидировано	127/46					132/46	Пенная атака длится 10 минут. Охлаждение продолжать до снижения высоких температур на стенах корпуса

Схемы подачи ручных стволов и переносных лафетных стволов стандартные.

Для защиты ствольщиков стволы «Б» подаются от разветвления, установленного на одной из линий подключения ПЛС.

Схемы подачи ручных стволов и переносных лафетных стволов стандартные.

Для защиты ствольщиков стволы «Б» подаются от разветвления, установленного на одной из линий подключения ПЛС.

Подача пены производится через гребенку от ПНС-110, ПО от АЦТП-5 АЦ, ПЧ-13 подается на гребенку.

### 3.3.3 Организация тушения пожара обслуживающим персоналом организации до прибытия пожарных подразделений

Действия персонала при обнаружении загорания и других чрезвычайных ситуаций указаны в таблице 3.4.

Таблица 3.4 Действия персонала при обнаружении загорания и других чрезвычайных ситуаций

Возможные инциденты, аварийные ситуации	Действия персонала по предупреждению и устранению инцидентов и аварийных ситуаций
1	2
<p>Разгерметизация оборудования, истечение жидких органических продуктов из аппаратов или трубопроводов с образованием взрывоопасного облака, взрывного превращения смеси опасного вещества с кислородом воздуха; тепловое излучение «факельного горения», пожара и «огненного шара».</p>	<p>Первый, заметивший аварию:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- окриком предупреждает об аварии находящихся в этой зоне людей, прекращает все работы, выводит людей из опасной зоны;</li> <li>- сообщает об аварии операторам ДПУ, начальнику смены.</li> </ul> <p>Начальник смены:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вызывает спецслужбы: ВГСО по телефону 55-04, 10-04, ПСЧ-35 по телефону 55-01, 10-01, МСЧ-4 по телефону 50-03, 10-03.</li> <li>- сообщает старшему диспетчеру ПО об аварии по телефонам: прямой связи или 10-30, 11-30;</li> <li>- сообщает об аварии руководству цеха;</li> <li>- дает указание сменному персоналу на остановку установки согласно инструкции по безопасной остановке.</li> </ul> <p>Старший диспетчер ПО предприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- производит оповещение ответственных и должностных лиц согласно схеме оповещения.</li> </ul> <p>Ответственный руководитель (начальник цеха № 35 до его прибытия - начальник смены):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- надевает средства индивидуальной защиты и дает указание подчиненному персоналу надеть средства индивидуальной защиты;</li> <li>- выполняет операции по остановке установки;</li> <li>- осуществляет руководство по ликвидации очага пожара;</li> <li>- оценивает обстановку, выявляет количество и местонахождение людей, застигнутых аварией;</li> <li>- обеспечивает встречу спец. служб, докладывает обстановку старшим прибывших подразделений;</li> <li>- обеспечивает вывод из опасной зоны людей, не принимающих непосредственного участия в локализации и ликвидации аварии;</li> <li>- ограничивает допуск людей и транспортных средств в опасную зону;</li> <li>- руководит работами по ликвидации аварийной ситуации;</li> <li>- контролирует правильность действий персонала, аварийных служб.</li> <li>- согласно складывающейся обстановке, определяет необходимость применения спецтехники и назначает из</li> </ul>

Продолжение таблицы 3.4

1	2
	<p>числа ИТР ответственного за безопасную работу  Оператор ДПУ:  - одевает противогаз;  - производит остановку установки согласно инструкции по рабочему месту.  ПСЧ-35 (время прибытия – 5 мин.):  - докладывает о прибытии ответственному руководителю работ;  - производит боевое развертывание и подает воду.  ВГСО (время прибытия – 5 мин.):  - докладывает о прибытии ответственному руководителю работ;  - эвакуируют пострадавших из опасной зоны, оказывают помощь пострадавшим и передают пострадавших МСЧ;  - выполняет указания ответственного руководителя работ.  МСЧ:  - докладывает о прибытии ответственному руководителю работ;  - оказывает помощь пострадавшим, а при необходимости отправляет пострадавших в больницу;  - организует непрерывное дежурство медперсонала.</p>

3.3.4 Организация взаимодействия подразделений пожарной охраны со службами жизнеобеспечения организации и города

ВГСО расположен в корпусе 153 в квартале В-3 на территории завода. Телефон дежурного 10-04 или 55-04.

ПСЧ-35 расположена в корпусе 109 в квартале А-2 за территорией завода. Телефон пункта связи части 10-01 или 55-01.

Скорая помощь расположена в корпусе 153 в квартале В-3 на территории завода. Телефон дежурного 10-03 или 55-03.

Электрики цеха №8, дежурные по отключению подстанций находятся в корпусе 168 на территории завода в квартале 4-А. Телефон дежурного 11-08, начальника смены 15-08. Прибывает на дежурном автомобиле цеха №8. Дежурные электрики цеха 29 находятся в корпусе 909 в квартале 3-Ж, телефон 11-74.

Представители пароводоцеха, находятся в корпусе 251 на территории завода в квартале 5-Б. Телефон дежурного 53-40, начальника смены 15-09. В дневное время прибывают на дежурном автомобиле цеха, в ночное время в выходные и праздничные дни пешим порядком.

Военизированная охрана, находится в корпусе 102 на территории завода в квартале 3-А. Телефон начальника караула 10-02. Прибывают на дежурном автомобиле СПВР.

Служба безопасности, находится в корпусе 154 за пределами производственной территории в квартале 3-А. Телефон дежурного 15-55. Прибывают на дежурном автомобиле СБ.

### 3.3.5. Схема организации связи на пожаре

Схема организации связи на пожаре и обмена информацией со службами жизнеобеспечения указана на рисунке 3.6

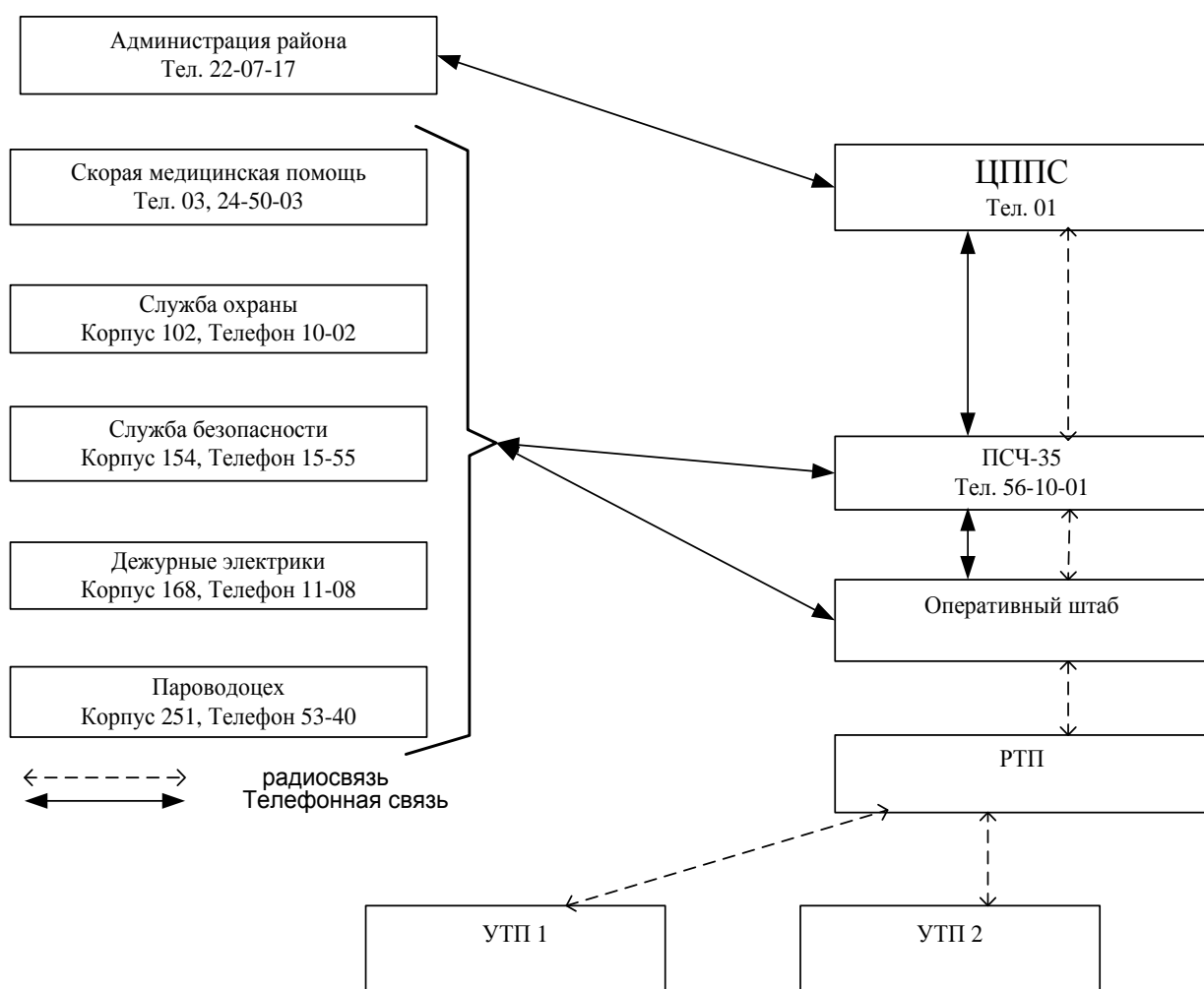


Рисунок 3.6 - Схема организации связи на пожаре

### 3.4 Предлагаемое или рекомендуемое изменение

В результате произошедшего в 2017 году пожара на производственной площадке 35 цеха было выяснено, что в результате разгерметизации и

последующего возгорания реактора с циклогексаноном некоторые системы пожаротушения могут не сработать, по причине повреждения трубопроводов.

В качестве устранения в последующем данных ситуаций предлагается в места наибольшего скопления циклогексанома установить автономные установка аэрозольного пожаротушения.

«В качестве источника огнетушащего вещества в установка аэрозольного пожаротушения используются аэрозолеобразующие огнетушащие составы, которые представляют собой специальные твердотопливные или пиротехнические композиции, способные к самостоятельному горению без доступа воздуха с образованием инертных газов, высокодисперсных солей и окислов щелочных металлов» [12].

«Огнетушащий аэрозоль – продукты горения аэрозолеобразующего огнетушащего состава, оказывающие огнетушащее действие на очаг пожара» [12].

«Генератор огнетушащего аэрозоля (ГОА)- устройство для получения огнетушащего аэрозоля с заданными параметрами и подачи его в защищаемое помещение» [12].

«В основе работы системы объемного аэрозольного пожаротушения лежит ингибирование цепных реакций, происходящих в пламенной зоне горения, мелкодисперсными твердыми частицами, образующимися при сгорании аэрозолеобразующего заряда и способными находиться во взвешенном состоянии в течение 30-50 минут» [12].

«При достижении в помещении огнетушащей концентрации аэрозоля, пламенное горение прекращается, резко уменьшается тепловыделение, происходит постепенное снижение температуры газовой среды в помещении. В течении 50 минут после окончания работы генераторов в помещении сохраняется огнетушащая концентрация аэрозоля, что исключает возможность повторного воспламенения» [12].

«В качестве источника огнетушащего вещества в них используются аэрозолеобразующие огнетушащие составы (АОС), которые представляют собой специальные твердотопливные или пиротехнические композиции,» [12].

«способные к самостоятельному горению без доступа воздуха с образованием инертных газов, высокодисперсных солей и окислов щелочных металлов. Смесь этих продуктов обладает высокой огнетушащей способностью по отношению к углеводородному пламени. Поэтому, в ряде случаев, ГОА могут рассматриваться как альтернатива средствам пожаротушения, основанным на использовании хладонов» [12].

«Автоматическая установка аэрозольного пожаротушения - (АУАП) - автоматическая установка пожаротушения на основе генераторов огнетушащего аэрозоля (ГОА) с электрическим пуском, с применением автоматических средств обнаружения пожара, в которой в качестве огнетушащего вещества используется огнетушащий аэрозоль» [12].

«Автономная установка аэрозольного пожаротушения - установка аэрозольного пожаротушения на основе генератора огнетушащего аэрозоля (ГОА) с автономным пуском, не требующая внешних источников энергоснабжения, не содержащая приборов (устройств) контроля и управления (ПКУ)ГОА и не связанная с установкой пожарной сигнализации» [12].

«Подавление с помощью генераторов огнетушащего аэрозоля (ГОА) очагов горения в условиях возникшего пожара или предотвращение возникновения пожара, взрыва различных горючих веществ в замкнутых объемах зданий, помещений, сооружений и оборудования по принципу действия относится к объемному способу комбинированного газового и порошкового пожаротушения, условно именуемое газопорошковым способом пожаротушения. Данному способу аэрозольного тушения свойственны основные закономерности, характерные для подавления горения газовыми и порошковыми составами» [12].

«Вместе с тем тушение генераторами огнетушащего аэрозоля имеет ряд отличительных свойств, обеспечивающих более высокую огнетушащую эффективность по сравнению с известными газовыми и порошковыми составами:» [12].

«- образовавшиеся высокодисперсные частицы соединений металла обладают более высокой химической активностью и эффективно ингибируют газовое пламя;» [12]

«- ГОА образуют большое количество инертных газов, что снижает реакционную способность горючей смеси в объеме;» [12]

«- твердые частицы образуемого аэрозоля размером в 10-100 раз меньше порошков обладают высоким теплопоглощением и заметно уменьшают температуру пламени;» [12]

«- аэрозоли имеют более высокие, чем порошки, показатели стабильности создаваемых концентраций (низкая скорость оседания частиц) и проникающей способности в труднодоступные, "теневые" зоны защищаемого объема и др.» [12]

«Разбавление горючей смеси инертными газами вызывает некоторое снижение скорости химической реакции окисления в пламенной зоне и, как следствие, снижение скорости и температуры горения. При этом частицам обеспечивается большее время контакта с зонами пламени и более полная реализация физико-химических свойств (более эффективное ингибирование, т.е. прерывание химическим способом цепных реакций в пламене, теплопоглощением в его зонах), что в конечном итоге и определяет высокую эффективность подавления очагов горения генераторами огнетушащего аэрозоля» [12].

Выбор технического решения осуществлен по базе патентов.

Авторы патента № RU 2129031МПК А62С3/06Способ тушения пожара на поверхности горючей жидкости и устройство для его осуществления.

Назначение изобретения - «Изобретение относится к пожаротушению, в частности к тушению горючих жидкостей, находящихся в резервуарах - наземных и подземных в авто и железнодорожных цистернах, речных и морских танках, а также может быть использовано для тушения нефтяных скважин в установках ручного и автоматического пуска, спринклерных и дренчерных системах водяного и порошкового пожаротушения» [13].



«Одной из особенностей установок (генераторов) аэрозольного пожаротушения является то, что в установках, в качестве огнетушащего агента используется твердотопливное аэрозолеобразующее вещество, где в составе аэрозоля содержится твердый аэрозоль солей щелочных и щелочно-земельных металлов и металлов переходной группы, образующихся при сгорании конденсированных зарядов. При этом аэрозоль способна находиться во взвешенном состоянии в зоне пожара в течение 20-50 минут и ингибировать химические реакции в пламени пожара, вследствие гибели радикалов на поверхности твердых частиц аэрозоля» [13].

«Устройство для подачи на горящую поверхность жидкости огнетушащего вещества, содержащее установленный на резервуаре с горючей жидкостью корпус в виде герметичного контейнера с огнетушащим веществом и автоматическим затвором, отличающееся тем, что герметичный контейнер установлен на люке резервуара, его днище жестко скреплено с корпусом контейнера посредством легкоплавких замков, а в его верхней части выполнена герметичная крышка, причем стенки контейнера теплоизолированы» [13].

## 4 Охрана труда

Инструкция по охране труда оператора ДПУ 6 разряда производства циклогексанона цеха № 35 производства капролактама.

К работе оператора ДПУ допускаются лица, достигшие 18-летнего возраста, имеющие образование не ниже среднего; прошедшие медицинское освидетельствование; теоретическое обучение (со сдачей экзамена в центре подготовки персонала предприятия) и получившие допуск на обслуживание сосудов, работающих под давлением, и эксплуатацию трубопроводов пара и горячей воды; прошедшие курс индивидуальной теоретической и практической подготовки по рабочему месту в цехе со сдачей экзамена в цеховой квалификационной комиссии.

В оперативном и техническом отношении оператор ДПУ подчиняется начальнику смены, в административном – начальнику цеха, заместителю начальника цеха.

Оператору ДПУ подчиняются стажеры, обучающиеся на данном рабочем месте.

В процессе работы оператор ДПУ обязан вести следующую технологическую документацию, которая должна находиться на рабочем месте:

- рапорт по рабочему месту;
- журнал анализов;
- ведомость пробега основного и вспомогательного оборудования.

Оператору ДПУ запрещается:

- оставлять рабочее место без разрешения начальника смены;
- работать на неисправном оборудовании, с неисправными или отсутствующими КИПиА, отключенными системами ПАЗ без письменного разрешения руководства цеха;

- изменять режим работы, производить остановку агрегата и отдельных машин и аппаратов без разрешения начальника смены, кроме аварийных случаев;

- производить подготовку к ремонту и ремонт оборудования без разрешения начальника смены;

- находиться на рабочем месте без средств индивидуальной защиты;
- допускать присутствие посторонних лиц на рабочем месте или давать кому-либо объяснения по работе без разрешения начальника смены, начальника цеха или лиц, их замещающих;
- распивать спиртные напитки, употреблять наркотические и психотропные вещества;
- играть в любые виды игр, включая игры на электронных устройствах, заниматься рукоделием;
- просматривать телевизионные программы, читать литературу, периодические издания, не относящиеся к исполнению служебных обязанностей, за исключением корпоративной газеты "Призыв";
- спать.

Оператор ДПУ имеет право:

- временно отказаться от приема смены в случае нарушения технологического режима, неисправности работающего или резервного оборудования, отсутствия порядка на рабочем месте;
- отказаться от работы на неисправном оборудовании и требовать его ремонта;
- в аварийных случаях самостоятельно производить остановку оборудования, приостанавливать ремонтные, огневые и газоопасные работы и удалять с рабочего места персонал с последующим уведомлением начальника смены;
- самостоятельно прекратить работу в случае возникновения угрозы личной или экологической безопасности, уведомив при этом начальника смены;
- вносить руководству цеха предложения по улучшению технологического процесса, рациональному использованию сырья, материалов и энергоресурсов;
- требовать от руководства цеха создания безопасных условий труда, обеспечения специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты в соответствии с утвержденными нормами,

внеплановой замены специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты, пришедших в негодность раньше времени в результате выполнения производственных заданий;

- обжаловать в установленном порядке неправомерные действия, указания или необоснованные решения начальника смены.

Работа защитных устройств от травмирования работающих представлена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Защитные устройства от травмирования работающих

Наименование оборудования, стадий технологического процесса	Категория взрывоопасности технологического блока	Контролируемый параметр или наименование защищаемого участка (места) оборудования	Допустимый предел контролируемого или опасность защищаемого участка (места) оборудования	Предусмотренная защита оборудования, стадии технологического процесса
1	2	3	4	5
Блок предварительной обработки циклогексана	I	Сочетание аварийно низкого давления в линии верхних продуктов скруббера и утечки углеводородов (разгерметизация).	Концентрация взрывоопасного продукта в воздухе 20% от НКПВ	Активация «Общей защитной группы 2 воздух» не выполняется. Аварийное освобождение блока.
Блок окисления циклогексана	I	1. Сочетание аварийно низкого давления в отходящих газах от реакторов и утечки углеводородов вокруг реакторов	Концентрация взрывоопасного продукта в воздухе 20% от НКПВ	Активация «Общей защитной группы 2 воздух» не выполняется. Аварийное освобождение блока.
Блок нейтрализации	I	Сочетание аварийно низкого давления в бачке насоса окисления и утечки углеводородов (разгерметизация) вокруг теплообменника.	Концентрация взрывоопасного продукта в воздухе 20% от НКПВ	Активируется «Общая защитная группа 2 воздух». Аварийное освобождение блока.

## 5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

### 5.1 Оценка антропогенного воздействия объекта на окружающую среду

«Потребление сырья и ресурсов: Норма потребления основного сырья и электроэнергии на «КуйбышевАзот» составляют: Вода (20800 тыс. тонн/год), бензол (132600 тонн/год), природный газ (1 0243 72 тыс. м<sup>3</sup>/год), и электричество (1095ГВтч/год). Вода предоставляется местным муниципалитетом» [14].

«ПАО «КуйбышевАзот» имеет два вида стоков:

- слабозагрязненные, состоящие из дождевой и талой воды, а также слив с водооборотных циклов в количестве 24000 тн/сутки, которые без очистки сбрасываются в водоем через систему водоотведения» [14];

- «хим.грязные стоки от технологических процессов в количестве 1200 тн/сутки, которые проходят локальные очистные сооружения на предприятии и отправляются на городские биологические очистные сооружения» [14].

«Оба сточных потока соответствуют требованиям МБ/МФК, за исключением показателя рН в слабозагрязненных сточных водах, который превышает установленные нормы МБ/МФК» [14].

«Условия внешнего шума и качества воздуха, включая аммиак, соответствуют как местным требуемым нормам, так и нормам МБ/МФК. Параметры мониторинга выбросов в воздух на КуйбышевАзот также соответствуют всем вышеуказанным нормам, за исключением аммиачной и содовой пыли от нескольких процессов, которые превышают допустимые нормы МБ/МФК» [14].

«Твердые и опасные отходы: «КуйбышевАзот» генерирует различные промышленные твердые и опасные отходы от производства и демонтажа, включая использованные катализаторы, отходные синтетические/минеральные масла, отходы при строительстве, металлолом и т.д. На предприятии имеется детальный план переработки данных твердых и опасных отходов. Все отходы хранятся надлежащим образом за пределами территории. Использованные катализаторы направляются назад к производителям для восстановления; отходные синтетические/минеральные масла и прочие опасные отходы»

[14]«направляются в одобренные государством отхо-до-перерабатывающие компании для повторного использования, обработки и уничтожения; металлолом и прочее сырье используется вторично; отходы от строительства и прочие твердые отходы направляются на вторичное использование или на одобренные государством полигоны для уничтожения» [14].

«Опасные материалы, операционные риски и реагирование в чрезвычайных ситуациях: Сырье, полуфабрикаты и большинство из конечных продуктов «КуйбышевАзот» содержат значительное количество вредных веществ. Производство, хранение, обработка и транспортировка этих материалов предоставляет серьезную опасность для работников» [14].

«Парниковые газы (GHG): «КуйбышевАзот» генерирует приблизительно 2,206,969 тонн GHG эквивалента углекислого газа (CO<sub>2</sub>) в год от непосредственного сжигания в котельных/для обогрева, от выделения CO<sub>2</sub> на свечу вследствие реакции превращения природного газа в синтез-газ и косвенно от покупки электроэнергии» [14].

«На предприятии принята постоянно действующая программа по снижению выбросов парниковых газов. На данный момент Компания использует приблизительно 40% выделяемого в процессе получения синтез-газа CO<sub>2</sub> для производства карбамида. На «КуйбышевАзот» существует план по увеличению использование CO<sub>2</sub> в производстве карбамида и других продуктов. Осуществлен запуск производства пищевой углекислоты (в режиме СП)» [14].

Таблица 5.1 - Виды отходов образующихся при производстве циклогексаноацета № 35 производства капролактама

Наименование отхода	Код по ФККО	Класс опасности для ОПС	Опасные свойства отхода	Размещение отхода
1	2	3	4	5
Цеолит отработанный при осушке воздуха и газов	3147030101995	5	отсутствуют	Полигон захоронения
Отходы активированного угля, незагрязненного опасными	3140170001995	5	отсутствуют	Полигон захоронения

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5
Веществами				
Ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак	3533010013011	1	токсичность	временное место хранения на промплощадке, передача на демеркуризацию
Мусор от бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)	9120040001004	4	Не установлены	Полигон захоронения
Лом черных металлов несортированный	3513000101995	5	отсутствуют	Передача на специализированные предприятия Втормета
Лом медных сплавов несортированный	3541010101995	5	отсутствуют	
Шлам очистки трубопроводов и емкостей (бочек, контейнеров, цистерн, гидронаторов) от нефти и нефтепродуктов	5460150104033	3	токсичность	Полигон захоронения

5.2 Предлагаемые или рекомендуемые принципы, методы и средства снижения антропогенного воздействия на окружающую среду

«В соответствии с дополнительным Планом Действий в области Экологии и Социальной ответственности, ПАО «КуйбышевАзот» проводит программу, нацеленную на снижение потребления чистой воды» [14].

«ПАО «КуйбышевАзот» имеет энергосберегающую программу на уровне всего предприятия, включающую в себя снижение расходных норм до устанавливаемых на каждый год целевых показателей. Исполнение программы строго контролируется руководством» [14].

«ПАО «КуйбышевАзот» определил в качестве источника повышенного рН зону хранения аммиака и намерен изолировать этот поток сточных вод, чтобы обеспечить соответствие норм рН в сточных водах стандартам МБ/МФК» [14].

### 5.3 Разработка документированных процедур согласно ИСО 14000

«В соответствии с дополнительным Планом Действий в области Экологии и Социальной ответственности, КуйбышевАзот разработает практический план для снижения аммиачных и содовых пылевых выбросов» [14].

«На предприятии постоянно действуют программы по повышению безопасности различных процессов, мероприятия по реагированию в чрезвычайных ситуациях, аварийные планы и планы-обоснования безопасности производства завода и сопутствующих операций. Реализация указанных программ обеспечит соответствие лучшим международным нормам» [14].

Таблица 5.2 – мероприятия по повышению и экологической безопасности производства и снижению выбросов

Наименование мероприятия	Экологический эффект внедрения	Год начала и окончания выполнения мероприятия
1	2	3
Модернизация 2-х агрегатов слабой азотной кислоты	Повышение промышленной и экологической безопасности производства слабой азотной кислоты, сокращение выбросов оксидов азота на 6,1 т/год	2018-2020
Модернизация эл. фильтров агр. сжигания №№6,7 с заменой электродов, скрубберов, сепаратора цеха № 35	Снижение выбросов: оксидов азота на 4,2 т/год, пыли соды на 2,0 т/год, оксида углерода на 2,0 т/год	2018
Модернизация доупаркилактамных стоков цеха № 35	Снижение выбросов: оксидов азота на 0,15 т/год, пыли соды – 1,2 т/год, оксида углерода – 0,5 т/год	2018
Внедрение схемы 2-хступенчатой перегруппировки в цехе № 35 производства капролактама	Снижение выбросов серной кислоты на 4,415 т/год	2018
Расширение мониторинга загрязнения выбросов в атмосферу после печей сжигания жидких отходов производства капролактама	Контроль качества выбросов в атмосферу на содержание хлорорганических веществ после печей сжигания жидких отходов производства капролактама	2018
ИТОГО	Снижение выбросов на: циклогексана - 0,66 т/год, оксидов азота - 15,99 т/год, оксида углерода - 8,83 т/год, серной кислоты - 4,415 т/год	



## 6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

### 6.1 Разработка плана мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности в организации

«На «КуйбышевАзот» принят план реагирования на чрезвычайные ситуации, проводятся регулярные учебные тренировки по тушению пожаров и ликвидации последствий потенциальных химических взрывов/выбросов. Как говорится в Дополнительном Плане Действий в области экологии и социальной ответственности, «КуйбышевАзот» предоставит местным службам пожарной охраны и больницам таблицу данных по материальной безопасности (MSDS) в отношении основных видов сырья и продуктов, а также будет проводить операции по тушению пожаров и учебные тренировки на случай ЧП совместно с пожарной службой и медицинскими работниками» [14].

В таблице 6.1 разработаны мероприятия для выполнения оператором цеха №35 в режиме рабочего времени, выполняемых в качестве обеспечения пожарной безопасности процесса производства циклогексанона

Таблица 6.1 –Рекомендуемые мероприятия для оператора цеха №35 для обеспечения пожарной безопасности процесса производства циклогексанона

Операция	Содержание и способ осуществления операции	Периодичность
1	2	3
Заполнение рапорта	Показания средств контроля записать в соответствующие графы рапорта, при выявлении несоответствия НТР идентифицировать (округлить), указать выявленные причины несоответствия и о проведенной коррекции технологического процесса	Визуально, Рукописью
Ведение технологического режима	Контроль за уровнем жидкости во всех аппаратах, согласно нормам технологического режима(НТР)	По показаниям контрольно-измерительных приборов
	Контроль за нагрузкой по сырью и полупродуктам, согласно НТР	
	Контроль за давлением в аппаратах, трубопроводах, согласно НТР	
	Контроль за работой аппаратов и трубопроводов, фланцевых соединений	
	Контроль за выполнением графика аналитического контроля и вести режим в	

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3
	соответствии с результатами анализов и НТР	
	Контроль за содержанием паров вредных веществ в воздухе производственных помещений	
	Контроль за постоянным включением ПАЗ и правильностью срабатывания	
	В случае срабатывания ПАЗ, выяснить причину срабатывания и вывести агрегат на нормальный технологический режим	
	Контроль за работой спутникового обогрева и коммуникаций	внешний осмотр 2 раза в смену
	Контроль за наличием и постоянством давления азота	по показанию приборов 1 раз в час
	Контроль за уровнем в гидрозатворах	визуально –по сливу через смотровые фонари 1 раз в смену
	Контроль за состоянием работ электродвигателей насосов	по лампочной сигнализации
	Контроль за состоянием резервных насосов	2 раза в смену
Контроль за состоянием установки автоматического пожаротушения	Внешний осмотр и по показаниям приборов на ЦПУ	Ежесменно
Проверка работоспособности приточно-вытяжной вентиляции	Внешний осмотр и по показаниям приборов на ЦПУ	Ежесменно
Другие работы	Четкое выполнение порученной работы, согласно заданию ответственного за выполнение работ ИТР и полученного инструктажа	Согласно полученного инструктажа

6.2 Расчет математического ожидания потерь при возникновении пожара в организации

Исходные данные для расчета математического ожидания потерь при возникновении пожара в организации были сведены в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 - Исходные данные для расчета математического ожидания потерь при возникновении пожара в организации

Наименование параметра	Ед./изм.	Усл./обозн.	Существующий вариант	Предлагаемый вариант
1	2	3	4	5

Продолжение таблицы 6.3

1	2	3	4	5
Площадь объекта	м <sup>2</sup>	F	3450	
Вероятность загорания	1/м <sup>2</sup> в год	J	2,65 × 10 <sup>-5</sup>	
Площадь загорания при срабатывании систем автоматического тушения	м <sup>2</sup>	F* <sub>пож</sub>	-	4

В результате свободного времени развития площадь пожара составит:

$$S_{п} = a \times b = 12\text{м} \times 54\text{м} = 648 \text{ м}^2, \quad (6.1)$$

Рассчитаем ожидаемые потери для предприятия от пожаров за год.

При 1-ом развитии пожара:

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2), \quad (6.2)$$

где  $M(\Pi_1)$  и  $M(\Pi_2)$  - ожидаемые потери для предприятия от пожаров за год:

$$M(\Pi_1) = JFC_m F_{\text{пож}} (1 + k) p_1; \quad (6.3)$$

$$M(\Pi_2) = JFC_m F'_{\text{пож}} + C_k \cdot 0,52 (1 + k) (1 - p_1) p_2; \quad (6.4)$$

$$M(\Pi_1) = 2,65 \times 10^{-5} \times 3450 \times 200000 \times 4 \times (1 + 1,63) \times 0,79 = 151963 \text{руб/год};$$

$$M(\Pi_2) = 2,65 \times 10^{-5} \times 3450 \times (200000 \times 648 + 50000) \times 0,52 \times (1 + 1,63) \times (1 -$$

$$0,79) \times 0,95 = 3404206 \text{руб/год}.$$

При 2-ом развитии пожара:

$$M(\Pi_1) = 2,65 \times 10^{-5} \times 3450 \times 200000 \times 3,9 \times (1 + 1,63) \times 0,79 = 148163 \text{руб/год};$$

$$M(\Pi_2) = 2,65 \times 10^{-5} \times 3450 \times (200000 \times 4 + 50000) \times 0,52 \times (1 + 1,63) \times (1 - 0,79) = 22318 \text{руб/год};$$

Общие ожидаемые экономические потери за календарный год составят:

$$M(\Pi)1 = 151963 + 3404206 = 3556169 \text{руб/год};$$

$$M(\Pi)2 = 148163 + 22318 = 170481 \text{руб/год}.$$

### 6.3 Определение интегрального эффекта от противопожарных мероприятий

В целях оборудования цеха №35 автоматическими установками объёмного аэрозольного пожаротушения была рассчитана примерная стоимость монтажа указанных систем пожаротушения (таблица 6.2).

Таблица 6.2–Примерная стоимость монтажа автоматическими установками объёмного аэрозольного пожаротушения

Наименование затрат	Сумма, руб.
Монтажные работы	1000000
Стоимость оборудования	4000000
Материалы и комплектующие	1000000
Итого:	6000000

Рассчитаем интегральный экономический эффект  $I$  при норме дисконта 10%.

$$I = \sum_{t=0}^T (M_{t1} - M_{t2}) \cdot \frac{1}{(1 + HD)^t} - (K_2 - K_1), \quad (6.5)$$

В качестве расчетного периода  $T$  принимаем пять лет.

Денежные потоки рассчитаны на ближайшие 5 лет, а результаты сведены в таблицу 6.4.

Таблица 6.4 - Расчёт денежных потоков

Год после внедрения проектных решений	$M(\Pi)1 - M(\Pi)2$	$D$	$[M(\Pi)1 - M(\Pi)2]D$	$K_2 - K_1$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта
1	3385688	0,91	3080976	6000000	-2919024
2	3385688	0,83	2951620	-	32596
3	3385688	0,75	2667126	-	2699722
4	3385688	0,68	2418194	-	5117916
5	3385688	0,62	2204824	-	7322740

Экономический эффект от оборудования цеха №35 автоматическими установками объёмного аэрозольного пожаротушения через 5 лет составит 7322740 руб. Установка данных систем экономически целесообразна.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Согласно расписания привлечения пожарных подразделений города Тольятти для тушения пожаров на объекте ПАО "КуйбышевАзот" необходимо автоматически высылать все пожарные подразделения по повышенному вызову № 3.

2. В результате разгерметизации и последующего возгорания реактора с циклогексаном некоторые системы пожаротушения могут не сработать, по причине повреждения трубопроводов, соответственно в качестве устранения данных ситуаций предлагается в места наибольшего скопления циклогексаном установить автономные установка аэрозольного пожаротушения.

3. В качестве повышения пожарной безопасности на производственной площадке цеха №35 ПАО «КуйбышевАзот» предлагается для использования в качестве создания среды, не поддерживающей горения, использовать азот, который применяется при продувке производственных систем путём вытеснения кислорода из наиболее возможных мест возникновения пожаров.

4. При проведении оценки экономического эффекта от оборудования цеха №35 автоматическими установками объёмного аэрозольного пожаротушения через 5 лет составит 7322740 руб. Установка данных систем экономически целесообразна.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Справочник химика 21. Химия и химическая технология. [Электронный ресурс] —URL: <http://chem21.info/info/1470023/>(дата обращения: 10.03.2018)
- 2 Годовой отчёт ПАО "КуйбышевАзот" [Электронный ресурс] —URL: <http://docplayer.ru/59354935-Godovoy-otchet-2016-god.html>(дата обращения: 10.03.2018)
- 3 Химия и химическая технология [Электронный ресурс] —URL: <http://chem21.info/info/604435/>(дата обращения: 12.03.2018)
- 4 Пожарно-профилактическая подготовка [Электронный ресурс] —URL: <https://studfiles.net/preview/6469623/>(дата обращения: 13.03.2018)
- 5 Информация о пожаре, произошедшем на ПАО «Куйбышевазот» [Электронный ресурс] —URL: <http://samara.bezformata.ru/listnews/pozhare-proizoshedshem-na-pao-kujbishevazot/55598679/>(дата обращения: 20.03.2018)
- 6 Пожарная безопасность технологических процессов [Электронный ресурс] —URL: <http://texttotext.ru/lekcii/pojarnaya-bezopasnost-texnologicheskix-processov-2-chast.html>(дата обращения: 22.03.2018)
- 7 Пожаротушение азотное [Электронный ресурс] —URL: <http://azotnaya.ru/pozharotushenie-azotnoe>(дата обращения: 24.03.2018)
- 8 Аварийный запас средств защиты и защитных костюмов [Электронный ресурс] —URL: <https://megalektsii.ru/s47833t7.html>(дата обращения: 01.04.2018)
- 9 Проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ в зонах ЧС [Электронный ресурс] —URL: [http://studbooks.net/1452481/bzhd/provedenie\\_avariyno\\_spasatelnyh\\_drugih\\_neotlozhnyh\\_rabot\\_zonah](http://studbooks.net/1452481/bzhd/provedenie_avariyno_spasatelnyh_drugih_neotlozhnyh_rabot_zonah)(дата обращения: 22.04.2018)
- 10 Эвакуация людей из зданий [Электронный ресурс]—URL: <https://scicenter.online/voprosyi-pojarnoy-obschie-scicenter/evakuatsiya-lyudey-zdaniy-38061.html>(дата обращения: 24.04.2018)
- 11 Общие требования к функциональным процессам, путям эвакуации, противопожарным мероприятиям, доступности для маломобильных групп

населения [Электронный ресурс]—URL: <http://arh.bobrodobro.ru/1068>(дата обращения: 25.04.2018)

12 Пожаротушение аэрозолеобразующими составами [Электронный ресурс] —URL: <https://lektsii.org/9-70552.html>(дата обращения: 27.04.2018)

13 Патент № 2129031 Российская Федерация; МПК<sup>7</sup> А62С3/06.Способ тушения пожара на поверхности горючей жидкости и устройство для его осуществления [Электронный ресурс] / Демин В.П., Ребров Е.Н., Смирнов П.М.; заявители и патентообладатели: Демин В.П., Ребров Е.Н., Смирнов П.М.— № 2002134031/06 ;заявл. 17.12.2014 / —URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2129031>(дата обращения: 28.04.2018)

14 Обзор экологической и социальной информации [Электронный ресурс] —URL: <http://www.kuazot.ru/rus/ecology/obzorekologicheskojisocialnojinformacii>. (дата обращения: 30.04.2018)

15 Борщев, В.Я. Основы безопасной эксплуатации технологического оборудования[Текст] / Учебное пособие. — Тамбов: ТГТУ, 2012. — 96 с.

16 Борщев, В.Я., Кормильцин Г.С. и др. Основы безопасной эксплуатации технологического оборудования химических производств[Текст] / Учебное пособие. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2015. – 188 с.

17 Захаров, Л.Н. Техника безопасности в химических лабораториях[Текст] / 2-е изд., перераб. и доп. — Л. : Химия, 2011. — 336 с.

18 Исламкузин, Д.Я. Образование и распространение паровоздушных облаков сжиженных углеводородных газов при техногенных авариях[Текст] /Дис. канд. техн. наук : ОБ. 05.26.03, 05.17.03 .- М. : РГБ, 2003

19 Кукин, П.П., Лапин, В.Л., Пономарев, Н.Л. и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда) [Текст] / Учебное пособие для вузов. - 4-е изд., перераб. М.: Высш. шк., 2013. - 335с.

20 Маршалл, В. Основные опасности химических производств[Текст] / - М. : Мир, 2009. - 672 с.

21 Постановление ФСС РФ от от 31.05.2016 №61 «Об утверждении значений основных показателей по видам экономической деятельности на 2017

год» [Электронный ресурс] —URL:  
<http://docs.cntd.ru/document/420360575>. (датаобращения: 05.05.2018)

22 Flynn A., Theodore L. Health, Safety, and Accident Management in the Chemical Process Industries [Техт] CRC Press, 2002. — 680 p.

23 Harry J. Toups. Presentation Pressure Relief. [Техт] LSU Department of Chemical Engineering, 2006 г.,с. 51.

24 O'Connor Ch., Lirtzman S. Handbook of Chemical Industry Labeling. [Техт] William Andrew, 2004. — 508 p..

25 Sanders R. Chemical Process Safety: Learning from Case Histories. [Техт] Butterworth-Heinemann, 2009. — 304 p.

26 Safety standards Safe working in a confined space . [Техт] STANDARDS ASSOCIATION OF AUSTRALIA, ISBN 072629473X, pagination 45 p.