

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

Институт машиностроения

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

Направление подготовки 280700.62 (20.03.01) «Техносферная безопасность»

Профиль «Безопасность технологических процессов и производств»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему "Обеспечение технологической безопасности при производстве катализатора на основе ЭАСХ в ООО Тольяттикаучук"

Студент(ка)

Т. М. Ежова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

К.Ш. Нуров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Нормоконтроль

В.В. Петрова

(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)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «УПиЭБ»

_____ Л.Н. Горина _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« _____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Ежова Татьяна Михайловна

1. Тема Обеспечение технологической безопасности при производстве катализатора на основе ЭАСХ в ООО «Тольяттикаучук»

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 03.06.2016

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе технологические карты, перечень оборудования, планировка рабочих мест, планы ликвидации аварийных ситуаций, план мероприятия по улучшению условий и охраны труда, проект образования и размещения отходов, результаты аналитического контроля за состоянием окружающей среды, планировка зданий, план эвакуации и т.д.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Аннотация,

Введение,

1. Характеристика производства,

2. Технологический раздел,

3. Мероприятия по снижению воздействия опасных и вредных производственных факторов, обеспечения безопасных условий труда

4. Научно-исследовательский раздел,

5. Раздел «Охрана труда»,

6. Раздел «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность»,

7. Раздел «Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях»,

8. Раздел «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности»,

Заключение

Список использованной литературы

Приложения

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

1. Эскиз объекта (участок, рабочее место) . Спецификация оборудования
2. Технологическая схема.
3. Таблица идентифицированных ОВПФ с привязкой к оборудованию и количественной характеристикой в сравнении с нормируемой.
4. Диаграммы с анализом травматизма.
5. Схема предлагаемых изменений (конструктивных, технических, технологических, планировочных, перестановка оборудования, средства защиты и т.д.)
6. Лист по разделу «Охрана труда».
7. Лист по разделу Охрана окружающей среды и экологическая безопасность
8. Лист по разделу «Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях».
9. Лист по разделу «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению технологической безопасности».

6. Консультанты по разделам: нормоконтроль – В.В. Петрова.

7. Дата выдачи задания « 17 » марта 2016 г.

Руководитель бакалаврской работы

Задание принял к исполнению

_____	_____
(подпись)	К. Ш. Нуров (И.О. Фамилия)
_____	_____
(подпись)	Т. М. Ежова (И.О. Фамилия)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой «УПиЭБ» _____

Л.Н. Горина

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« _____ » _____ 20__ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Студента Ежовой Татьяны Михайловны
по теме Обеспечение технологической безопасности при производстве катализатора на
основе ЭАСХ в ООО «Тольяттикаучук»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Аннотация	17.03.16- 18.03.16	18.03.16	Выполнено	
Введение	19.03.16- 20.03.16	20.03.16	Выполнено	
1. Характеристика производства	21.03.16- 31.03.16	31.03.16	Выполнено	
2. Технологический раздел	01.04.16- 15.04.16	15.04.16	Выполнено	
3. Мероприятия по снижению воздействия опасных и вредных производственных факторов, обеспечения безопасных условий труда	16.04.16- 20.04.16	20.04.16	Выполнено	
4. Научно-исследовательский раздел	21.04.16- 21.05.16	21.05.16	Выполнено	

5. Раздел «Охрана труда»	22.05.16- 24.05.16	24.05.16	Выполнено	
6. Раздел «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность»	24.05.16- 25.05.16	25.05.16	Выполнено	
7. Раздел «Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях»	25.05.16- 25.05.16	25.05.16	Выполнено	
8. Раздел «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техноферной безопасности»	26.05.16- 27.05.16	27.05.16	Выполнено	
Заключение	28.05.16- 29.05.16	29.05.16	Выполнено	
Список использованной литературы	30.05.16- 31.05.16	31.05.16	Выполнено	
Приложения	31.05.16- 02.06.16	02.06.16	Выполнено	

Руководитель бакалаврской работы

Задание принял к исполнению

(подпись)	К. Ш. Нуров (И.О. Фамилия)
(подпись)	Т. М. Ежова (И.О. Фамилия)

Аннотация

Тема бакалаврской работы: Обеспечение технологической безопасности при производстве катализатора на основе ЭАСХ в ООО «Тольяттикаучук».

ООО «Тольяттикаучук» относится к предприятиям нефтехимической промышленности. Основная деятельность – производство синтетических каучуков различных марок.

В данной работе рассматривается процесс получения протонированного комплекса этилаллюминийсесквихлорида (ПК ЭАСХ), который используется в качестве катализатора при производстве бутилкаучука. Производственный цикл получения ПК ЭАСХ состоит из 5 основных стадий.

Технологический процесс ведется в корпусе БК-5а установки ТИБА ООО «Тольяттикаучук». Ведение процесса осуществляет обслуживающий персонал, который находится в отделении в течение всей смены (графиком определены дневная и ночная смены). В рабочем помещении находится емкостное оборудование с ЛВЖ (легковоспламеняющиеся жидкости), оборудование с перемешивающими устройствами, насосное оборудование.

Данное предприятие относится к опасным производственным объектам, которые постоянно анализируются на степень безопасности.

Задача и цель этой работы – проанализировать уровень технологической безопасности в отделении синтеза ПК ЭАСХ, а именно определить степень влияния опасных и вредных производственных факторов на аппаратчиков. На основании полученных результатов предложены мероприятия по снижению воздействия вредных факторов и улучшению условий труда.

Внедрение на производстве мероприятий по улучшению условий труда приведет не только к сохранению здоровья и жизни персонала предприятия, но и повлечет за собой существенную экономическую выгоду за счет снижения класса вредности условий труда аппаратчиков синтеза ПК ЭАСХ.

В состав бакалаврской работы входит: пояснительная записка и графическая часть.

Пояснительная записка содержит:

- общее количество страниц – 99;
- иллюстраций – 3;
- таблиц – 25;
- библиографический список – 35 источников.

Графическая часть содержит:

- 9 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА.....	8
1.1 Общие сведения о предприятии	8
1.2 Характеристика готовой продукции ПК ЭАСХ	9
1.3 Основные технологические стадии производства ПК ЭАСХ	10
1.4 Технологическое оборудование	11
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	16
2.1 Размещение основного технологического оборудования	16
2.2 Описание технологического процесса	17
2.3 Анализ производственной безопасности технологического процесса путем идентификации опасных и вредных производственных факторов....	21
2.4 Анализ средств защиты работающих	25
2.5 Анализ травматизма на производственном объекте	27
3 МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА	28
4 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ	30
4.1 Выбор объектов исследования, обоснование	30
4.2 Способы снижения общего уровня шума в помещении	33
4.2.1 Существующие способы снижения уровня шума	33
4.2.2 Предлагаемое для реализации мероприятие	35
4.3 Способы снижения химического воздействия при отборе проб	36
4.4 Способы по улучшению освещенности на рабочем месте до соответствия требуемых параметров нормативных стандартов.....	38

4.5 Предлагаемые мероприятия по внедрению системы противоаварийной автоматической защиты, на основании анализа действующей нормативно-технической документации.....	41
4.5.1 Основные нормативные документы	41
4.5.2 Анализ соответствия технологического процесса требованиям ПБ 09-540-03.....	43
4.5.3 Мероприятия по приведению технологического процесса в соответствие с требованиями Федеральных норм и правил по обеспечению промышленной безопасности.....	45
4.6 Результаты внедрения мероприятий по защите от опасных и вредных производственных факторов	46
5 ОХРАНА ТРУДА	49
6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАССМАТРИВАЕМОГО ОБЪЕКТА.....	52
6.1 Технологическая характеристика объекта, идентификация профессиональных рисков	52
6.2 Методы и средства снижения профессиональных рисков	55
6.3 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	56
6.3.1 Идентификация опасных факторов пожара	56
6.3.2 Разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности.....	57
6.3.3 Мероприятия по предотвращению пожара	58
6.4 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	59
6.4.1 Идентификация экологических факторов	59
6.4.2 Мероприятия по снижению антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду	61
6.5 Заключение по разделу	63

7 ЗАЩИТА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	64
7.1 Анализ возможных аварийных ситуаций или отказов на данном объекте, план действий персонала	64
7.2 Планирование действий по предупреждению и ликвидации ЧС	67
7.3 Мероприятия при угрозе и возникновении ЧС	69
8 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	70
8.1 Исходные данные для выполнения раздела	70
8.2 Социальная эффективность мероприятий по улучшению условий и охраны труда	71
8.3 Экономическая эффективность мероприятий по улучшению условий и охраны труда	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	80
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	84

ВВЕДЕНИЕ

Объектами профессиональной деятельности в области техносферной безопасности являются: опасности, связанные с человеческой деятельностью; потенциально опасные технологические процессы и производства; методы и средства оценки опасностей; правила нормирования опасностей и антропогенного воздействия на человека и окружающую природную среду; методы и средства защиты человека и объектов экономики от опасностей и вредного воздействия.

Способы обеспечения техносферной безопасности на производстве строго регламентированы законодательными и нормативно-правовыми актами РФ. В Федеральном законе от 21.07.1997 N 116-ФЗ ("О промышленной безопасности опасных производственных объектов") определены производственные объекты, относящиеся к опасным и особо опасным, а также основные способы обеспечения техносферной и промышленной безопасности при их эксплуатации. Степень безопасности подобного рода объектов постоянно анализируется, на основании статистических данных, происходящих аварийных ситуаций и отказов технологического оборудования, на основании проведенных анализов нормативно-правовая база в данной отрасли дополняется и совершенствуется. Но выясняется, что не все руководители опасных производственных объектов выполняют требования нормативной документации.

Цель данной работы проанализировать уровень техносферной безопасности на предприятии ООО «Тольяттикаучук» на примере отделения синтеза протонированного комплекса этилалюминийсесквихлорида, входящего в состав производства бутилкаучука, которое в соответствии с N 116-ФЗ относится к опасным производственным объектам. На основании проведенного анализа необходимо разработать дополнительные мероприятия по обеспечению техносферной безопасности на производстве.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА

1.1 Общие сведения о предприятии

ООО «Тольяттикаучук» — дочернее общество СИБУРа и одно из крупнейших предприятий нефтехимического комплекса России, расположено в г. Тольятти Самарской области.

Основная деятельность предприятия — производство синтетических каучуков различных марок. На предприятии действуют шесть производств:

- производство сополимерных каучуков мощностью 60 тыс. тонн в год;
- производство бутилкаучука мощностью 53 тыс. тонн в год;
- производство бутадиена мощностью 80 тыс. тонн в год и высокооктановой добавки к бензину мощностью 35 тыс. тонн в год;
- производство изопрена мощностью 90 тыс. тонн в год;
- производство изопреновых каучуков мощностью 82 тыс. тонн в год;
- производство изобутилен-изобутановой фракции мощностью 105 тыс. тонн в год и изобутилена мощностью 40 тыс. тонн в год.

Далее в данной выпускной квалификационной работе (ВКР) будет рассматриваться получение протонированного комплекса этилалюминийсесквихлорида (ПК ЭАСХ), который используется в качестве катализатора при производстве бутилкаучука.

Получение протонированного комплекса этилалюминийсесквихлорида производится в отделении БК-5а установки ТИБА (триизобутилаллюминия). Мощность производства катализатора составляет 85 т/год. Достигнутая мощность – 19,727 т/год. Технологический процесс получения этилалюминийсесквихлорида разработан ГНИИХТЭОС (г. Москва). Проект производства протонированного комплекса этилалюминийсесквихлорида разработан ГИПРОКАУЧУК (г. Москва). Технологический процесс получения протонированного комплекса этилалюминийсесквихлорида разработан НИИМСК (г. Ярославль).

1.2 Характеристика готовой продукции ПК ЭАСХ

Катализатор для синтеза бутилкаучука получается направленным взаимодействием этилалюминийсесквихлорида с водой.

Первой стадией рассматриваемого процесса является получение промежуточного ЭАСХ – этилалюминийсесквихлорида, который должен соответствовать следующим требованиям:

1. Массовое отношение содержания хлор (Cl)/алюминий (Al): $1,9 \div 2,2$.

2. Массовая доля:

- этилалюминийсесквихлорида: не менее 40,0 %;
- механических примесей: не более 0,3%

Полученный на первой стадии этилалюминийсесквихлорид подвергается направленному взаимодействию с водой с получением протонированного комплекса этилалюминийсесквихлорида, соответствующего следующим требованиям:

1. Массовая доля:

- алюминийорганических соединений (АОС) в пересчете комплекса на ЭАСХ: $1 \div 3$ %;
- протонированного комплекса в АОС: $0 \div 50$ %.

2. Массовое соотношение Cl/Al в АОС: $1,9 \div 2,2$ [18].

1.3 Основные технологические стадии производства

Производство этилалюминийсесквихлорида и протонированного комплекса периодическое. Производственный цикл состоит из следующих основных технологических стадий:

1. приготовление суспензии из алюминиевого порошка;
2. синтез этилалюминийсесквихлорида (ЭАСХ);
3. очистка этилалюминийсесквихлорида от механических примесей;
4. синтез протонированного комплекса;
5. очистка протонированного комплекса от механических примесей.

К вспомогательным стадиям производства относятся:

- прием исходного сырья и растворителя;
- нагрев и охлаждение трансформаторного масла;
- охлаждение экранированных электродвигателей;
- сжигание отходов производства;
- охлаждение торцевых уплотнений насосов;
- промывка технологического оборудования [18].

В данной работе рассматривается заключительная стадия производства процесс синтеза протонированного комплекса.

Стадия синтеза протонированного комплекса является автономной и с точки зрения управления (из собственного щитового помещения), и точки зрения обслуживания (аппаратчики синтеза отделения ПК ЭАСХ работают в пределах одного помещения), что дает возможность детально разобрать и оценить воздействующие на них опасные и вредные факторы.

1.4 Технологическое оборудование

Перечень основного технологического оборудования, применяемого для синтеза и очистки протонированного комплекса, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Основное технологическое оборудование

По- зиция	Наименование	Кол.	Технические характеристики	
Р-92	Реактор для приготовления раствора ЭАСХ в изопентане и синтеза протонированного комплекса. (Вертикальный аппарат с рубашкой)	2	08 сп. Вст. 3 сп 5 Внутренняя поверхность кислотощелочестойкая стеклоэмаль	Материал
			Объем	25 м ³
			Диаметр	2800 мм
			Высота цилиндрической части	2990 мм
			Поверхность теплообмена рубашки	34 м ²
			Расчетное давление	
			в рубашке	4,0 кгс/см ²
			в аппарате	5,0 кгс/см ²
			Расчетная температура	
			в рубашке	(-20)÷ 200 °С
			в аппарате в кислой среде	(-20)÷ 200 °С
			в нейтральной среде	(-20)÷ 150 °С
			в щелочной среде	
			при PH≤12	до 115 °С
			при PH≤14	до 85 °С
Н-93	Насос для циркуляции раствора ЭАСХ	2	10X18H9TM	Материал
			АХ 280/42	Марка
			280 м ³ /час	Производительность
			42 м вод. ст.	Напор
			75 кВт	Мощность
			1460 об/мин	Число оборотов
			2ExdIIAT2	Исполнение

Продолжение таблицы 1

По- зиция	Наименование	Кол.	Технические характеристики	
т/о 94	Теплообменник для за- холаживания циркули- рующего раствора ЭАСХ в изопентане охлаждённым транс- форматорным маслом. (Горизонтальный, ко- жухотрубчатый, двух- ходовой)	1	Материал	10X17H13M2T
			Поверхность теплооб- мена	15 м ²
			Диаметр корпуса	400 мм
			Длина цилиндрической части	1934 мм
			Трубки диаметром	25x2 мм
			Количество трубок	100 шт.
			Расчетное давление:	
			в трубном пространстве	16,0 кгс/см ²
			в межтрубном про- странстве	16,0 кгс/см ²
			Расчетная температура	от (-20 °С)
			в трубном пространстве	до 200 °С
			в межтрубном про- странстве	от (-20 °С)
				до 200 °С
ПН- 95	Струйный смеситель для смешения раствора ЭАСХ в изопентане с увлажненной газовой фазой, циркулирующей за счет эжекции (гори- зонтальный цилиндри- ческий)	1	Материал	08X21H6M2T
			Объем	0,046 м ³
			Диаметр	309/123 мм
			Длина общая	1835 мм
			Расчетное давление	10,0 кгс/см ²
			Расчетная температура	100 °С
Е-96	Увлажнитель для насыщения парами во- ды циркулирующей азотоизопентановой газовой смеси (верти- кальный, цилиндриче- ский)	1	Материал	08X21H6M2T 10X17H13M3T
			Объем	0,41 м ³
			Диаметр	317/600 мм
			Высота	2375 мм
			Расчетное давление	6,0 кгс/см ²
			Расчетная температура	15 °С

Продолжение таблицы 1

По- зиция	Наименование	Кол.	Технические характеристики
Е-100	Сборник для приема и отстоя протонированного комплекса ЭАСХ (вертикальный, цилиндрический)	1	<p>08СП</p> <p>Внутренняя поверхность покрыта кислотощелочестойкой стеклоэмалью</p> <p>Объем 25 м³</p> <p>Диаметр 2800 мм</p> <p>Высота цилиндрической части 3000 мм</p> <p>Расчетное давление 6,0 кгс/см²</p> <p>Расчетная температура в кислой среде от (-20) до 240 °С</p> <p>в нейтральной среде от (-20) до 150 °С</p> <p>в щелочной среде до 115 °С</p>
Н-101	Насос для откачки протонированного комплекса ЭАСХ в установку БК-5	2	<p>Материал 12Х18Н9ТЛ</p> <p>Марка Х 20/53 Н</p> <p>Производительность 20 м³/час</p> <p>Напор 53 м вод. ст.</p> <p>Мощность электродвигателя 13 кВт</p> <p>Число оборотов 2900 об/мин</p> <p>Исполнение 2ExdIIAT2</p>
Л-102	Аппарат для сбора циркулирующей затворной жидкости в торцевые уплотнения насосов поз. 93. (Вертикальная емкость, с рубашкой и мешалкой).	1	<p>08 сп. Вст. 3 сп 5</p> <p>Внутренняя поверхность - кислотощелочестойкая стеклоэмаль</p> <p>Объем 1,25 м³</p> <p>Диаметр 1200 мм</p> <p>Высота цилиндрической части 860 мм</p> <p>Объем рубашки 0,235 м³</p> <p>Расчетное давление:</p> <p>в корпусе 3,0 кгс/см²</p> <p>в рубашке 6,0 кгс/см²</p> <p>Расчетная температура</p> <p>в аппарате от (-20) до 200 °С</p> <p>в рубашке от (-20) до 200 °С</p>

Продолжение таблицы 1

По- зиция	Наименование	Кол.	Технические характеристики	
			Электродвигатель Мощность Число оборотов двигателя Число оборотов мешалки Исполнение	B100S492-5 3,0 кВт 1420 об/мин 48 об/мин 2ExdIIAT2
Е-103а	Мерник для подачи конденсата в увлажнитель поз. 96 (вертикальный, цилиндрический)	1	Материал Объем Диаметр Высота цилиндрической части Расчетное давление Расчетная температура	12X18Н10Т 0,015 м ³ 159 мм 900 мм 6,0 кг/см ² 50 °С
Н-105	Насос для подачи затворной жидкости в торцевые уплотнения насосов поз. 93	2	Материал Марка Производительность Напор Мощность Число оборотов Исполнение	10X18Н12МЗТЛ ХЗ/40Е 10 м ³ /час 40 м вод. ст. 4 кВт 2900 об/мин 2ExdIIAT2
ПН-106	Гидрозатвор для продуктов стравливания из реакторов поз. 92/І,ІІ; сборника поз. 100; увлажнителя поз. 96 (вертикальный, цилиндрический)	1	Материал Объем Диаметр Высота цилиндрической части Расчетное давление Расчетная температура	ст. 20 Вст 3 сп 5 0,1 м ³ 410 мм 790 мм 0,25 кгс/см ² 100 °С
0-110	Емкость для воздушных выбросов от ППК из реакторов поз. 92/І,ІІ; сборника поз. 100; аппарата поз. Л-102 (горизонтальная, цилиндрическая)	1	Материал Объем Диаметр Длина цилиндрической части Расчетное давление Расчетная температура	12X18Н10Т 6,3 м ³ 1600 мм 2500 мм 10,0 кгс/см ² 100 °С

Продолжение таблицы 1

По- зиция	Наименование	Кол.	Технические характеристики	
Н-111	Насос для откачки про- дукта из емкости поз. О-110 в аппараты поз. Л-1, Л-58	1	Материал	5Х20Н25МЗД2ТЛ
			Марка	Х20/53 и СД
			Производительность	20 м ³ /час
			Напор	53 м вод. ст.
			Мощность электродви- гателя	11 кВт
			Число оборотов	2920 об/мин
			Исполнение	2ExdIIAT2
ПН- 112	Гидрозатвор для воз- душных выбросов из емкости поз. 0-110 (вертикальный, цилин- дрический)	1	Материал	Ст. 18ГПС
			Объем	0,25 м ³
			Диаметр	500 мм
			Высота цилиндриче- ской части	968 мм
			Расчетное давление	10,0 кгс/см ²
			Расчетная температура	10 °С ÷ 50 °С

Как видно из таблицы 1, все применяемое в технологическом процессе емкостное оборудования выполнено из углеродистой стали, внутренняя поверхность – кислото-щелочестойкая стеклоэмаль, что говорит о высокой коррозионной активности технологических сред. При этом все электрооборудование имеет взрывозащиту класса 2ExdIIAT2, так как вещества, обращающиеся в технологическом процессе, являются легковоспламеняющимися жидкостями.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Размещение основного технологического оборудования

Технологическое оборудование узла синтеза и очистки протонированного комплекса этилалюминийсесквихлорида (ЭАСХ) размещается в соответствующем технологическом отделении корпуса установки БК-5а в осях 19-22, А-В. План размещения технологического оборудования представлен в графической части проекта (Лист 16.Б .УПиЭБ.422.50.000). Размещение оборудования предусмотрено в пределах трех технологических отметок: 0,00; + 5,40 и +6,40. Перекрытия выполнены из листовой стали.

Реакторы Р-92 и сборник Е-100 установлены «на провис» на отм. +5,40. Помимо этого на отм. + 5,40 расположено следующее технологическое оборудование: увлажнитель Е-96, мерник для подачи конденсата Е-103а, емкость для воздушных выбросов О-110, гидрозатворы ПН-106 и ПН-112.В свою очередь, на отметке 0,0 размещается насосное оборудование (Н- 93, Н- 101, Н-105) и аппарат для сбора циркулирующей затворной жидкости Л-102, а также нижняя часть реакторов Р-92 и сборника Е-100. На отметке + 6,40 расположен гидрозатвор ПН-95 и теплообменник 94.

Категория помещения отделения синтеза и очистки протонированного комплекса этилалюминийсесквихлорида в соответствии с СП12.13130.2009: «А». Расчет категории помещения представлен в приложении А. Класс зоны в соответствии с ФЗ №123: 2, что соответствует классу взрывоопасности по ПУЭ «В-1а». Категория взрывоопасности отделения согласно ПБ 09-540-03 (в редакции 2015 года): «Ш». Расчет категории взрывоопасности представлен в приложении Б. В соответствии с СП 56.13330.2011 в отделении предусмотрены легко сбрасываемые конструкции – витражи и кровля, составляющие не менее 0,05 м² на 1 м³ объема помещения.

Отделение обслуживает 2 человека, предусматривается посменная работа, как в дневное, так и в ночное время. Группа производственных процессов по санитарной характеристике (СП44.13330.2011): 16

2.2 Описание технологического процесса

Технологическая схема синтеза и очистки протонированного комплекса этилалюминийсесквихлорида (ЭАСХ) представлена в графической части работы (Лист 16.БР.УПиЭБ.422.80.000).

Для приготовления раствора ЭАСХ, в реактор Р-92/II принимается изопентан из отделения ИП-4 установки ИП-3-4 или установки БК-5 в количестве $15,0 \div 16,0 \text{ м}^3$, который затем в заданном количестве передавливается азотом в реактор Р- 92/I для приготовления раствора ЭАСХ. Для защиты аппаратов от перелива реализованы следующие мероприятия: при повышении уровня в аппаратах Р- 92 более чем на 80 % предусмотрена световая и звуковая сигнализация (контроль осуществляется датчиками уровня поз. 5371/1,2).

В аппарат Л-102 принимается нефрас из емкости Е-55 (отделение приема исходного сырья) в количестве 40÷60 % по шкале датчика уровня поз. 5061 и налаживается циркуляция затворной жидкости для подачи в торцевые уплотнения насосов Н-93 по контуру:

Л-102 → насос Н-105/I (105/II) → насос Н-93/I (93/II) → Л-102

Для защиты аппарата от перелива реализованы следующие мероприятия: при повышении уровня в аппарате Л-102 более чем на 80 % предусмотрена световая и звуковая сигнализация (контроль осуществляется датчиком уровня поз. 5072/2). Кроме того, технологической схемой предусмотрена защита насосов Н-105 от «сухого хода»: при понижении уровня в аппарате менее 20 % включается световая и звуковая сигнализация (контроль осуществляется датчиком уровня поз. 5072/2).

При снижении расхода затворной жидкости в торцевые уплотнения насосов Н-93/I,II менее 230 л/час предусмотрен их автоматический останов (контроль осуществляется датчиком расхода поз. 8320).

Далее (после установления устойчивой циркуляции затворной жидкости) налаживается циркуляция жидкой фазы реактора Р-92/І по схеме:

реактор Р-92/І → насос - 93/І (93/ІІ) → теплообменник т/о-94 → струйный смеситель ПН-95 → реактор Р-92/І.

При циркуляции в реактор Р-92/І в течение 5÷10 минут подается расчетное количество ЭАСХ из аппаратов: Л-24/І,ІІ; Л-26 или при необходимости из Л-19/І,ІІ (отделение очистки этилалюминийсесквихлорида от механических примесей), после чего циркуляция продолжается не менее часа. По окончании циркуляции раствора отбирается проба на содержание ЭАСХ в изопентане, соотношение СІ/АІ и сумму ПК.

Полученный разбавленный раствор ЭАСХ подвергается активации водой (протонированию). Для обеспечения тонкого распределения влаги в разбавленном растворе ЭАСХ используется струйный смеситель ПН-95, куда насосом - 93 подается раствор ЭАСХ из реактора Р-92/І и эжектируется увлажненный газ, содержащий изопентан и азот.

Циркуляция газа осуществляется за счет эжекции в струйном смесителе ПН-95 по контуру:

реактор Р-92/І → увлажнитель Е-96 → струйный смеситель ПН-95 → реактор Р-92/І.

Для насыщения газа влагой используется охлажденный паровой конденсат, который вручную заливается через воронку в мерник Е-103а.

Подача конденсата из мерника Е-103а в увлажнитель Е- 96 производится непрерывно через ротаметр, капельницу и испаритель, обогреваемый паром, со скоростью не более 20 % в час от общего количества конденсата.

В смесителе ПН-95 происходит смешение раствора ЭАСХ в изопентане с увлажненной газовой фазой, при этом ЭАСХ взаимодействует с влагой с получением протонированного комплекса.

Температура в системе приготовления протонированного комплекса выдерживается 3÷25 °С (датчик температуры поз. 7042) подачей трансформа-

торного масла с температурой 10 °С в рубашку реактора Р-92/1 и в теплообменник т/о-94 на линии циркуляции жидкой фазы.

Давление в реакторе при синтезе протонированного комплекса Р-92/1 с помощью датчика давления поз. 8325/1 выдерживается в пределах $0,3 \div 1,3$ кгс/см² азотом, который подается в реактор после приема изопентана и ЭАСХ. После полного испарения расчетного количества воды из увлажнителя Е-96, циркуляция по схеме продолжается не менее часа, после прекращения циркуляции отбирается проба на анализ. Если процент протонирования недостаточный, производится дополнительно синтез протонированного комплекса по вышеописанной схеме.

Готовый протонированный комплекс ЭАСХ (ПК ЭАСХ) при циркуляции жидкой фазы азотом передавливается в сборник Е-100 на отстой ПК ЭАСХ от механических примесей, образующихся в результате побочных реакций гидролиза и окисления, время отстаивания партии ПК ЭАСХ не менее 6 часов. Для защиты аппарата от перелива реализованы следующие мероприятия: при повышении уровня в аппарате более чем на 80 % предусмотрена световая и звуковая сигнализация (контроль осуществляется датчиком уровня 5072/1).

Осветленная часть после удовлетворительного анализа по сифону насосом Н-101 подается на установку БК-5. При откачке через пробоотборник насоса Н-101 визуально контролируется наличие осадка в ПК ЭАСХ. При наличии осадка откачка катализатора прекращается. По окончании подачи протонированного комплекса линия продувается азотом через короткий сифон сборника Е-100 в аппарат Л-27 установки БК-5.

Накопившиеся продукты разложения алюминийорганических соединений (АОС) после отстоя 5÷8 партий ПК ЭАСХ, выдавливаются азотом после барботажа по длинному сифону в емкость Л-58 или Л-1 (узел сжигания отходов производства), где перемешиваются и подаются на сжигание в печь П-1.

Для защиты от превышения давления на емкостном оборудовании установлены предохранительные пневматические клапана (ППК).

Воздушные выбросы от предохранительных клапанов (ППК), установленных на аппаратах Р- 92/І,ІІ, Е-100, Л-102 через емкость О-110 и масляный гидрозатвор ПН-112 стравливаются в атмосферу. При повышении уровня в аппарате О-110 более чем на 20 % предусмотрена световая и звуковая сигнализация (контроль осуществляется датчиком уровня поз. 5073).

Ручное стравливание давления из аппаратов Р-92/І,ІІ, Е-100, Е-96 производится через масляный гидрозатвор ПН-106 в атмосферу. На линии стравливания у гидрозатвора ПН-106 установлена шайба для плавного стравливания давления из аппаратов и предотвращения выброса масла из гидрозатвора.

Давление в реакторах Р-92/І,ІІ, отстойнике Е-100 контролируется с помощью датчиков давления поз. 8325/1,2 и поз. 6088 соответственно и при передавливании должно быть не более 2,5 кгс/см².

Измерение температуры на выходе продукта из теплообменника т/о-94 производится термометром сопротивления поз. 7042. Уровень в аппарате Е-103а измеряется датчиком уровня поз. 5080.

Давление в гидрозатворах ПН-106, ПН-112 выдерживается регулятором давления поз. 8324, клапан которого установлен на линии подачи азота в гидрозатворы.

Помимо вышеупомянутых мероприятий для безопасного ведения технологического процесса предусмотрена блокировка по удалению углеводородов вентилятором ВС-14 от торцевых уплотнений насосов: 93/І,ІІ, 105/І,ІІ, 101/І,ІІ, 111. В случае нарушений в работе системы вытяжной вентиляции предусмотрен останов всех насосов в рассматриваемом отделении [18].

2.3 Анализ производственной безопасности технологического процесса путем идентификации опасных и вредных производственных факторов

Как уже говорилось выше, технологическую линию синтеза и очистки протонированного комплекса этилалюминийсесквихлорида обслуживают 2 человека – аппаратчики синтеза.

Основное рабочее место аппаратчиков - помещение операторной, расположенное на отм. 0,00 рассматриваемого отделения.

Помимо этого аппаратчики осуществляют организацию технологического процесса по месту, то есть непосредственно в отделении – это управление запорной арматурой, отбор проб, визуальный контроль качества ПК ЭАСХ, ручная загрузка охлажденного конденсата в мерник 103а, общий контроль за ходом технологического процесса.

Проанализировав технологическую схему процесса в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 можно выделить следующие опасные и вредные производственные факторы, воздействующие на аппаратчиков данного отделения:

- физические (подвижные части производственного оборудования; повышенный уровень шума; повышенный уровень вибрации; недостаточная освещенность рабочей зоны; пониженная контрастность, повышенная загазованность);
- химически опасные и вредные производственные факторы (токсикологические свойства применяемых в технологическом процессе веществ представлены в таблице 2);
- психофизиологические опасные и вредные производственные факторы (перенапряжение анализаторов).

Уровень воздействия вышеперечисленных факторов в зависимости от рабочего места, представлен в таблице 3. Таблица опасных и вредных факторов с привязкой к оборудованию и количественной характеристикой представлена в графической части работы (Лист 16.БР.УПиЭБ.422.81.000).

Таблица 2 - Токсикологические свойства сырья, полупродуктов, готовой продукции и отходов производства

Наименование	Воздух рабочей зоны и населенных мест				Первая доврачебная помощь
	Характеристика	Класс опасности	ПДК, мг/м ³		
			Рабочая зона	Воздушный бассейн	
Этилалюминий сесквихлорид (ЭАСХ) ТУ 2436-053-48158319-2008	Бесцветная жидкость, относится к группе углеводородов алифатических предельных С ₁ -С ₁₀ , которые обладают наркотическим действием, раздражающим действием на кожу и слизистые оболочки глаз, кожно-резорбтивным действием, слабой способностью к кумуляции.	2	0.7	0.04	1. Вывести на свежий воздух, снять грязную одежду, создать покой и тепло. 2. При остановке дыхания – зажать нос, захватить подбородок, запрокинуть голову пострадавшего и сделать ему максимальный выдох в рот (через марлю, салфетку). 3. При попадании на кожу или в глаза промыть обильной струей воды, снять грязную одежду и обувь.
Изопентан – растворитель. Технологический регламент	Бесцветная жидкость. При высоких концентрациях в воздухе действует как наркотик, при низких концентрациях действует раздражающе на слизистые оболочки верхних дыхательных путей	4	300	25	
Гексановый растворитель Нефрас П. ТУ 38.1011228-90	Бесцветная жидкость. Действует на организм наркотически. При попадании на кожу вызывает сухость и может приводить к дерматитам и экземам. Слизистые оболочки раздражают слабо.	4	300	1,5	

Таблица 3 - Опасные и вредные факторы технологического процесса

Наименование рабочего места	Наименование технологического процесса	Идентифицированные опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ)	Группа ОВПФ	Существующие мероприятия по снижению воздействия ОВПФ	Достаточность существующих мероприятий
Помещение операторной	Пульты управления, приборы КИПиА	Перенапряжение зрительных анализаторов	Психофизиологический	1. Организация трудового процесса - поочередность работы аппаратчиков в помещении операторной. 2. Наличие мест организованного отдыха.	Достаточно
	Сигнализирующие устройства	Перенапряжение зрительных и слуховых анализаторов			
Технологическое отделение	Общее наблюдение за ходом технологического процесса	Химически опасные и вредные производственные факторы (этилалюминийсесквихлорид, изопентан, нефрас)	Химический	1. Система общеобменной приточно-вытяжной вентиляции. 2. Использование средств сигнализации о нарушении нормального функционирования производственного оборудования. Дистанционное и автоматическое управление технологическим процессом. 3. Применение герметичного емкостного оборудования. 4. Использование системы автоматического газового анализа, управляющей работой аварийной вентиляционной системы.	Недостаточно, так как противоаварийные мероприятия реализованы не в полном объеме
		Подвижные части производственного оборудования - насосы, перемешивающие устройства	Физический	1. Ограждения элементов производственного оборудования от воздействия движущихся частей. 2. Нанесение на производственное оборудование, сигнальных цветов и знаков безопасности.	Достаточно
Технологическое отделение	Общее наблюдение за ходом технологического процесса	Повышенный уровень шума от насосного оборудования и аппаратов с перемешивающими устройствами	Физический	Мероприятия отсутствуют	Недостаточно, уровень шума превышает ПДУ

Продолжение таблицы 3

Наименование рабочего места	Наименование технологического процесса	Идентифицированные опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ)	Группа ОВПФ	Существующие мероприятия по снижению воздействия ОВПФ	Достаточность существующих мероприятий
		Повышенный уровень вибрации от насосного оборудования и аппаратов с перемешивающими устройствами	Физический	1. Применение резиновых виброизоляторов (пластин) при монтаже насосного оборудования. 2. Применение резиновых виброизоляторов и виброизоляторов из твердых материалов при монтаже емкостного оборудования с перемешивающими устройствами.	Достаточно, уровень вибрации не превышает ПДУ
	Отбор проб из реакторов Р-92 и сборника Е-100	Повышенный уровень загазованности	Физический	1. Система местной вытяжной вентиляции; 2. Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ).	Недостаточно
		Химически опасные факторы (этилалюминийсесквихлорид, изопентан, нефрас)	Химический		
Визуальный контроль наличия осадка при отборе проб из Е-100	Недостаточная освещенность рабочей зоны; пониженная контрастность	Физический	1. Система общего освещения производственного помещения	Недостаточно	

2.4 Анализ средств защиты работающих

К числу средств коллективной защиты работающих в отделении от воздействия опасных и вредных факторов относятся:

- автоматизация и дистанционное управление технологическим процессом;
- системы сигнализации и блокировок параметров технологического режима, обеспечивающих безопасное ведение технологического процесса;
- применение электрооборудования во взрывозащищенном исполнении;
- применение герметичного оборудования;
- использование предохранительных пневматических клапанов для защиты аппаратов от превышения давления;
- система подачи инертного газа (азота) в емкостное оборудование;
- общеобменная приточно-вытяжная и аварийная вентиляции;
- сигнализация работы вентиляционных систем;
- система автоматического газового анализа, управляющая работой аварийной вентиляции;
- наличие первичных средств пожаротушения – углекислотных огнетушителей, и противопожарного инвентаря - пожарных ящиков с сухим песком, асбестовых одеял;
- система автоматического пожаротушения;
- телефонная связь, для своевременного извещения об аварийной ситуации;
- защитное заземление и зануление электрооборудования, а также заземление оборудования, на котором возможно скопление зарядов статического электричества.

Перечень индивидуальных средств защиты аппаратчиков синтеза протонированного комплекса ЭАСХ представлен в таблице 4.

Таблица 4 - Средства индивидуальной защиты

Наименование профессии	Наименование нормативного документа	Средства индивидуальной защиты (СИЗ), выдаваемые работнику	Оценка выполнения требований к СИЗ
Аппаратчик синтеза протонированного комплекса ЭАСХ	Межотраслевые правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты, утвержденные Приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 1 июня 2009г. № 290н Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» в редакции № 385-ФЗ от 30.12.2009г.	1. Костюм для защиты от производственных загрязнений и механических воздействий облегченный	Выполняются
		2. Костюм для защиты от пониженных температур + жилет утепленный	
		3. Перчатки трикотажные с полимерным покрытием	
		4. Перчатки кожаные, перчатки резиновые	
		5. Перчатки защитные с полимерным покрытием, морозостойкие	
		6. Футболка, нательное белье	
		7. Ботинки кожаные, ботинки утепленные (натуральный мех)	
		8. Каска оранжевая защитная (с ремешком)	
		9. Подшлемник под каску летний, подшлемник-шапка под каску зимний	
		10. Очки защитные закрытые (линзы прозрачные)	
		11. Наушники противозумные (с креплением под каску)	
		12. Промышленный противогаз с фильтром (коробка ДОТ-600), сумка для противогаза	
		13. Респиратор противоаэрозольный с клапаном выдоха (доп. Защита от кислых газов и паров)	

2.5 Анализ травматизма на производственном объекте

На диаграмме рисунка 1 представлена статистика несчастных случаев в целом по производствам г. Тольятти за 2010 – 2015 годы [30].



Рисунок 1 - Статистика несчастных случаев по отраслям производства

Рассматриваемое в данной работе производство ООО «Тольяттикаучук» относится к обрабатывающим производствам, а конкретно к химической отрасли, которая характеризуется наивысшими показателями по количеству несчастных случаев в данном регионе.

В графической части работы (Лист 16.БР.УПиЭБ.000.82.000) представлены более углубленные статистические данные по травматизму как в рассматриваемой отрасли, в общем, так и конкретно по предприятию ООО «Тольяттикаучук» за последние годы, а именно:

- статистические данные по причинам несчастных случаев;
- статистические данные по видам происшествий;
- статистические данные по тяжести несчастных случаев;
- статистические данные по месяцам и т.п.

3 МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА

В п. 2.3 данной работы были выделены следующие опасные и вредные производственные факторы, воздействующей на аппаратчика синтеза ПК ЭАСХ в течение рабочего времени:

- химический (этилалюминийсесквихлорид, изопентан, нефрас);
- повышенный уровень шума в производственном помещении;
- повышенный уровень загазованности при выполнении отдельных технологических операций;
- недостаточная освещенность рабочей зоны; пониженная контрастность.

Рекомендуемые мероприятия по снижению воздействия данных факторов представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Мероприятия по улучшению условий труда

Наименование технологического процесса, вида услуг, вида работ:			
Синтез и очистка протонированного комплекса этилалюминийсесквихлорида			
Наименование рабочего места	Наименование технологического процесса	Идентифицированные опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ)	Мероприятия по снижению воздействия фактора и улучшению условий труда
Технологическое отделение	Общее наблюдение за ходом технологического процесса	Химически опасные и вредные производственные факторы (этилалюминийсесквихлорид, изопентан, нефрас)	1. Внедрение систем автоматического контроля и регулирования уровней опасных веществ в емкостном оборудовании; 2. Создание системы аварийного слива опасных веществ в случае угрозы возникновения аварийной ситуации; 3. Введение системы автоматического безопасного останова технологического процесса в случае угрозы возникновения аварийной ситуации.

Продолжение таблицы 5

Наименование технологического процесса, вида услуг, вида работ:			
Синтез и очистка протонированного комплекса этилалюминийсесквихлорида			
Наименование рабочего места	Наименование технологического процесса	Идентифицированные опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ)	Мероприятия по снижению воздействия фактора и улучшению условий труда
Технологическое отделение	Общее наблюдение за ходом технологического процесса	Повышенный уровень шума от насосного оборудования и аппаратов с перемещающимися устройствами	1. Шумопоглощающая отделка строительных конструкций производственного помещения.
Технологическое отделение	Отбор проб из реакторов Р-92 и сборника Е-100	Повышенный уровень загазованности. Химически опасные факторы (этилалюминийсесквихлорид, изопентан, нефрас)	1. Замена пробоотборного оборудования с целью снижения до допустимых уровней содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны
Технологическое отделение	Визуальный контроль наличия осадка при отборе проб из Е-100	Недостаточная освещенность рабочей зоны; пониженная контрастность	1. Приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах в соответствии с действующими нормами; 2. Организация дополнительного рабочего места с целью обеспечения достаточной освещенности для высокого уровня зрительных работ.

Помимо перечисленных в таблице 5 мероприятий, можно рекомендовать проведение следующих общих организационных мероприятий по улучшению условий труда, не реализованных на данном объекте:

- приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда.

4 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ

4.1 Выбор объектов исследования, обоснование

В предыдущих разделах работы были определены основные опасные и вредные факторы, действующие на аппаратчиков синтеза в рассматриваемом технологическом отделении. И являющиеся причиной классификации их условий труда как вредные в соответствии с Р 2.2.2006-05.

Эквивалентный уровень шума в помещении $L_{\text{экв}} = 79$ дБ (расчет представлен в приложении В пояснительной записки данной работы) сравниваем с ПДУ по СН 2.2.4/2.1.8.562-96 равным уровню 65 дБ и определяем $\Delta L_A = L_{\text{экв}} - \text{ПДУ} = 79 - 65 = 14$ дБ, поэтому класс условий труда по таблице 4 Р 2.2.2006-05 составляет–3.2 (вредный, степени 2).

Степень вредности условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ химической природы устанавливается по максимальным концентрациям вредных веществ, которые наблюдаются при отборе проб из реакторов Р- 92 и сборника Е-100. И в первом и во втором случае наиболее летучим компонентом отбираемой смеси является изопентан, по которому и определяется класс условий труда.

Оценка условий труда по изопентану: фактическая концентрация $C_{\text{изопентан}} = 500$ мг/м³; ПДК_{р.з.} = 300 мг/м³, тогда $C_{\text{изопентан}} / \text{ПДК}_{\text{р.з.}} = 500/300 = 1,6$; поэтому класс условий труда по таблице 1 Р 2.2.2006-05 составляет–3.1 (вредный, степени 1).

Уровень зрительной работы при визуальном контроле наличия осадка при отборе проб из Е-100 в соответствии с СП 52.13330.2011: IIIг (высокой точности, при среднем контрасте объекта с фоном). Общая освещенность производственного помещения соответствует уровню зрительных работ VIIIб (периодическое наблюдение за ходом технологического процесса при периодическом пребывании людей в помещении) и составляет 50 лк. Требуемая для данной работы освещенность $E_n = 200$ лк. Класс условий труда по таблицам 12 и 14 Р 2.2.2006-05 составляет–3.2 (вредный, степени 2).

Так как технологический процесс получения ПК ЭАСХ характеризуется повышенной взрывопожароопасностью (применяемые вещества, такие как изопентан и нефрас, относятся к легковоспламеняющимся жидкостям) необходимо классифицировать условия труда аппаратчиков по показателям напряженности трудового процесса, среди которых можно выделить:

1. Интеллектуальные нагрузки: восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических значений параметров с их номинальными значениями. Заключительная оценка фактических значений параметров – класс условий труда по таблице 18 Р 2.2.2006-05: «3.1».
2. Эмоциональные нагрузки: несет ответственность за функциональное качество работы. Нарушение влечет за собой повреждение оборудования, остановку технологического процесса и может возникнуть опасность для жизни - класс условий труда по таблице 18 Р 2.2.2006-05: «3.2».

Вышеперечисленные нагрузки в ходе трудовой деятельности вызваны тем, что при организации технологического процесса производства ПК ЭАСХ не применяется система противоаварийной автоматической защиты, а предусмотрена лишь сигнализация критических параметров, что полностью перекладывает ответственность за безопасность в случае угрозы возникновения аварийной ситуации на аппаратчиков. Окончательный класс условий труда в зависимости от напряженности трудового процесса – «3.2».

Итоговая оценка условий труда аппаратчиков синтеза по степени вредности и опасности представлена в таблице 6.

Таблица 6 - Итоговая оценка условий труда аппаратчиков синтеза

Факторы	Класс условий труда						
	оптимальный	допустимый	вредный				опасный
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Химический			+				
Шум				+			
Вибрация общая		+					
Вибрация локальная		+					
Микроклимат	+						
Освещение				+			
Тяжесть труда	+						
Напряженность труда				+			
Общая оценка условий труда					+		

В соответствии с Р 2.2.2006-05 при сочетании 2 и более факторов классов 3.2 - условия труда оцениваются соответственно на одну степень выше. Таким образом, окончательная степень вредности аппаратчиков синтеза устанавливается 3.3 (вредный, степени 3) - условия труда, характеризующиеся такими уровнями факторов рабочей среды, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных болезней легкой и средней степеней тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронической (профессионально обусловленной) патологии.

На основании всего вышесказанного можно выделить основные актуальные объекты исследования в данном разделе:

- способы снижения общего уровня шума;
- способы снижения химического воздействия при отборе проб из аппаратов;
- средства по доведению освещенности на рабочем месте до требуемых параметров;
- мероприятия по внедрению системы противоаварийной автоматической защиты.

4.2 Способы снижения общего уровня шума в помещении

4.2.1 Существующие способы снижения уровня шума

Существует множество звукоизоляционных решений, а также материалов, обладающих звукопоглощающими свойствами. По сфере применения их можно подразделить на следующие категории. Это звукопоглощающие материалы, применяемые в качестве внутренней облицовки помещений для обеспечения требуемой акустики внутри помещения. Во вторую группу включают материалы для изоляции от структурного, в том числе, ударного шума. В их число входит изоляция из каменной ваты, техническая пробка, кремнезёмное волокно. И, наконец, третья категория – материалы на волокнистой основе для защиты от воздушного шума, к примеру, изоляция из каменной ваты или войлок.

Библиографический перечень отобранной в процессе патентного поиска информации, непосредственно относящейся к исследуемой проблеме, представлен в таблице 7.

Таблица 7 - Анализ патентных разработок в области шумопоглощения

Страна	Класс, подкласс, группа, подгруппа	Изобретательство	Дата		Название изобретения
			Поддачи заявки	Публикации	
США	B32B27/18	ЙЕНГ Ли К Патентообладатель: ЮЭСДЖИ ИНТЕРИОРС, ИНК.	11.19. 09	27.01. 14	Изобретение относится к строительным материалам, снижающим уровень шума, и касается системы акустической штукатурки. Включает смесь базового слоя и смесь отделочного слоя. Смесь базового слоя содержит первое вяжущее вещество, первый сгуститель и множество первых частиц, Смесь отделочного слоя включает порошкообразное латексное вяжущее вещество, второй сгуститель и множество вторых частиц [19].

Продолжение таблицы 7

Страна	Класс, подкласс, группа, подгруппа	Изобретательство	Дата		Название изобретения
			Поддачи заявки	Публикации	
РФ	Е04В1/84 звукопоглощающие элементы	Кочетов Олег Савельевич, Стареева Мария Олеговна	08.20.10	20.10.11	Акустическая конструкция производственных помещений содержит каркас цеха, несущие стены с ограждениями в виде пола и потолка, которые облицованы звукопоглощающими конструкциями, оконные и дверные проемы, а также штучные звукопоглотители, содержащие каркас, в котором расположен звукопоглощающий материал. Штучные звукопоглотители установлены над шумным оборудованием. Пол выполнен на упругом основании и содержит установочную плиту, выполненную из армированного вибродемпфирующим материалом бетона [20].
РФ	Е04В1/84 звукопоглощающие элементы	Кочетов Олег Савельевич, Стареева Мария Олеговна, Стареева Мария Михайловна	07.22.13	10.08.14	Акустическая стеновая панель содержит гладкую и перфорированную стенки, между которыми расположен слой звукопоглощающего материала сложной формы. Слой звукопоглощающего материала представляет собой чередование сплошных участков и пустотелых участков. Пустотелые участки образованы призматическими поверхностями. Внутренняя поверхность указанных участков имеет зубчатую структуру, причем вершины зубьев обращены внутрь призматических поверхностей, при этом ребра призматических поверхностей закреплены соответственно на гладкой и перфорированной стенках [21].

4.2.2 Предлагаемое для реализации мероприятие

Как видно из проведенного в предыдущем разделе патентного исследования акустическая штукатурка помещения является наиболее оптимальным вариантом для использования в действующем производственном помещении, так как не требует выполнения сложных монтажных работ.

Настоящая система акустической штукатурки содержит в себе как особый элемент смесь базового слоя и смесь отделочного слоя. Смесь базового слоя включает первое вяжущее вещество, первый сгуститель и множество первых частиц, где первые частицы являются пористыми, легковесными частицами с неплотной упаковкой и имеют первый средний диаметр. Смесь отделочного слоя включает латексное вяжущее вещество, второй сгуститель и множество вторых частиц, где вторые частицы являются пористыми, легковесными частицами, имеющими второй диаметр.

Данная система штукатурки имеет несколько преимуществ перед известным уровнем техники. Отсутствует необходимость в приобретении, транспортировке и установке стекловолоконной панели на имеющуюся подложку. При использовании настоящей системы панель вообще не является необходимой. Все компоненты материала являются негорючими.

Базовый слой является звукопоглощающим слоем. Он включает систему связанных между собой пор, которая проходит по всей толщине базового слоя. Звуки частично поглощаются базовым слоем и частично отражаются. Система пор делает более вероятным вхождение звука в пору и его отражение в системе пор вплоть до полного поглощения. Увеличение толщины базового слоя увеличивает звукопоглощение [19]. Так, толщина базового слоя 2,5 см обеспечивает коэффициент звукопоглощения α на среднегеометрических частотах октавных полос при 1000 Гц: 0,95, что позволит довести эквивалентный уровень звука в рассматриваемом отделении до допустимого значения 56 дБА (см. приложение Г).

4.3 Способы снижения химического воздействия при отборе проб

Для отбора проб из аппаратов Р-92 и Е-100 на нагнетательных трубопроводах насосов Н-92 и Н-101 соответственно установлены отводы с вентилем-пробоотборником (ПО). Отбор проб осуществляется при включенной местной вытяжной вентиляции, с применением СИЗ следующим образом:

открытая колба подносится к ПО → вентиль ПО открывается → колба наполняется → вентиль ПО закрывается

В ходе подобных манипуляций происходит интенсивное выделение загрязняющего вещества (изопентан) в воздух рабочей зоны.

Для снижения количества выделяющихся в воздух рабочей зоны вредных веществ во время отбора проб предлагается установить на данных участках трубопроводов герметичные пробоотборники компании Swissfluid (Швейцария). Конструкции пробоотборных устройств, представлены на рисунке 2.



Рисунок 2 - Конструкция пробоотборных устройств компании Swissfluid:
вентили для отбора проб серии SSV, DN 15-150 мм

Вентили для отбора проб серии SSV предназначены для безопасного и наглядного отбора проб агрессивных или токсичных жидкостей из трубопроводов или сосудов, находящихся под давлением, без каких-либо остановок технологического процесса.

Описание:

- Уникальная запатентованная конструкция, отсутствие застойных зон.
- Полный проход, легкая очистка.
- Отсутствие падения давления.
- Легкое и безопасное функционирование.
- Точное дозирование объема отбираемой пробы.

Принцип действия:

- Штурвал поворачивается против часовой стрелки, и отбираемая проба поступает в колбу. В нерабочем состоянии штурвал удерживается возвратной пружиной.

Опции:

- Поддержка емкостей под дно с регулировкой.
- Вертикальный адаптер, герметизирующая пробка, активный угольный фильтр.
- Игольчатый адаптер для колб с мембраной.
- Безопасная металлическая корзина для емкостей, коллектор проб.
- Безопасный шкаф (сталь SS304) со смотровым окном.

Варианты управления:

- рычаг,
- штурвал с возвратной пружиной,
- пневмопривод [27].

Как видно из всего выше представленного использование арматуры для отбора проб компании Swissfluid позволяет сделать данную операцию полностью безопасной для аппаратчика, так как слив жидкости начинается только после того, как отборная колба уже ввинчена в пробоотборное устройство. Контакт с вредным веществом длится лишь несколько секунд в момент закрытия колбы крышкой. С учетом того, что отбираемое вещество (изопентан) относится к 4-му классу опасности, его концентрация в воздухе в этот момент не превышает ПДК_{р.з} (300 мг/м³).

4.4 Способы по улучшению освещенности на рабочем месте до соответствия требуемых параметров нормативных стандартов

Классы зрительных работ в соответствии с СП 52.13330.2011, а также существующий уровень освещенности для всех стадий технологического процесса (при системе общего освещения), выполняемых аппаратчиками синтеза ПК ЭАСХ, представлен в таблице 8.

Таблица 8 - Классы зрительных работ аппаратчиков синтеза ПК ЭАСХ

Наименование рабочего места	Наименование технологического процесса	Класс зрительной работы в соответствии с СП 52.13330.2011	Уровень освещенности на рабочем месте, лк	Требуемый уровень освещенности по СП 52.13330.2011, лк
Помещение операторной	Наблюдение за ходом технологического процесса	IVв (средней точности при среднем контрасте объекта с фоном)	200	200
Технологическое отделение	Общее наблюдение за ходом технологического процесса	VIIIб (периодическое наблюдение за ходом технологического процесса при периодическом пребывании людей в помещении)	50	50
Технологическое отделение	Отбор проб из реакторов Р-92 и сборника Е-100		50	50
Технологическое отделение	Визуальный контроль наличия осадка при отборе проб из Е-100	IIIг (высокой точности, при среднем контрасте объекта с фоном)	50	200

Как видно из таблицы 8 при визуальном контроле наличия осадка в пробе из Е-100 требуется уровень освещенности 200 лк, при этом в технологическом помещении уровень освещенности 50 лк. Требуемый уровень освещенности обеспечен в помещении операторной, но отбираемое вещество (изопентан) является легковоспламеняющейся жидкостью, и вносить его помещения управления запрещено.

Следовательно, для того чтобы обеспечить комфортный уровень освещенности для данного класса зрительной работы, необходимо организовать рабочее место аппаратчика, соответствующее требованиям СП 52.13330.2011

непосредственно в технологическом отделении. Увеличивать уровень общей освещённости во всем технологическом отделении экономически нецелесообразно. Для создания полноценного рабочего места необходимо приобрести мебель (стол + стул) из негорючих материалов и светильник с требуемым уровнем освещенности во взрывозащищённом исполнении. Место размещения и оборудование дополнительного рабочего места показано в графической части работы (Лист 16.БР.УПиЭБ.422.83.000).

Санкт-Петербургская компания «Ламо» выпускает лабораторную мебель серии РМ (разборно-металлическая), которая отличается высокими потребительскими и эксплуатационными характеристиками. Данная мебель успешно используется в лабораториях предприятий нефтегазовой отрасли, металлургического комплекса, а также в отраслях с повышенными требованиями к эксплуатационным характеристикам и пожарной безопасности. Каркас мебели изготавливается из прямоугольного профиля. Нерабочие поверхности изготовлены из металлического листа. Металл покрывается химически стойкой порошковой краской на основе эпоксидных смол производства концерна BASF (Голландия) [28]. Для организации рабочего места предполагается приобрести стол высокий, для работы стоя «900СЛВд-У» (900х600х900). Для обеспечения требуемого уровня освещенности на рабочем месте предлагается использовать взрывозащищенный светильник L-industry Ex 12 (см. рисунок 3).

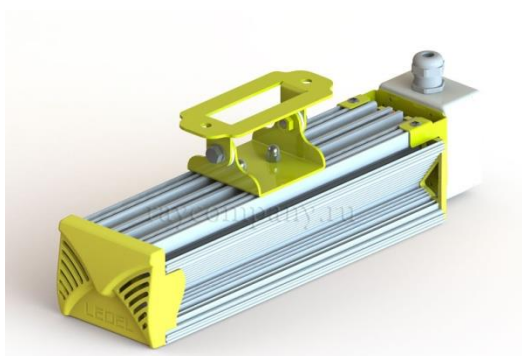


Рисунок 3 - Светодиодный светильник L-industry Ex 12

Светодиодный взрывозащищенный светильник L-industry 12 EX используется для освещения объектов промышленного назначения с повышенным содержанием взрывоопасных газов: производственных и складских помещений, АЗС и АЗК, нефтеналивных станций и платформ и т.д. При использовании светодиодных светильников L-industry Ex, допустима среда 4-го класса опасности согласно ГОСТ 12.1.007, категория взрывоопасности – II по ГОСТ Р 52350.0 (В-IIa согласно ПУЭ).

Класс взрывозащиты: Ex nR nA II T5/T6 X Ex tD A22 IP66 T100°C

- nR – оболочки с ограниченным пропуском газов
- nA – не искрящее электрооборудование
- II – взрывозащищённое оборудование для внутренней и наружной установки (кроме шахт – рудничный метан)
- T5/T6 – максимальная температура поверхности 100°C
- X – специальные условия эксплуатации (светопропускающие элементы протирать только влажной тканью)
- tD – защита от воспламенения пыли
- A22 – зона, в которой маловероятно появление взрывоопасной среды в виде облака горючей пыли при нормальном режиме эксплуатации, но если она появляется, то сохраняется короткое время
- IP66 – Степень защиты от пыли и влаги (6 – непроницаемость для пыли, 6 – сильное действие струи)
- 100°C – максимальная температура поверхности 100°C [28]

Расчет необходимого количества светильников выполнен в приложении 5 данной работы, исходя из которого, следует, что для обеспечения требуемого уровня освещенности 200 лк достаточно одного светильника L-industry Ex 12 установленного непосредственно на перекрытии отм. 5,4 над рабочим местом аппаратчика.

4.5 Предлагаемые мероприятия по внедрению системы противоаварийной автоматической защиты, на основании анализа действующей нормативно-технической документации

4.5.1 Основные нормативные документы

Технологическое отделение синтеза ПК ЭАСХ, (как и вся технологическая линия получения протонированного комплекса ЭАСХ) относится к опасным производственным объектам (ОПО) в соответствии с Федеральным законом от 21.07.97 № 116-ФЗ.

Отнесение технологической линии к опасным производственным объектам связано с тем, что в технологическом процессе обращаются высокотоксичные вещества (ЭАСХ) и воспламеняющиеся жидкости (изопентан, нефрас).

Общее количество ЛВЖ, присутствующее в технологическом процессе составляет около 30 тонн, что соответствует III классу опасности.

Общее количество высокотоксичных веществ, присутствующее в технологическом процессе составляет около 15 тонн, что соответствует III классу опасности.

Таким образом, производству протонированного комплекса ЭАСХ (в том числе и входящему в его состав отделению синтеза ПК ЭАСХ) присвоен III класс опасности.

Помимо этого на данный вид производства распространяются требования Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств" (ранее ПБ 09-540-03) с изменениями на 26 ноября 2015 года. Кроме того, так как рабочее давление азота в емкостном оборудовании равняется $2,5 \text{ кгс/см}^2$, на него распространяются требования ПБ 03-576-03 («Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов работающих под давлением»).

Анализ ПБ 03-576-03 показывает, что при эксплуатации емкостного оборудования, работающего под давлением нарушений нет. Установленное значение давление в аппаратах поддерживается автоматически, с помощью датчиков давления и регулирующих клапанов системы КИПиА, в случае каких-либо нарушений в работе системы автоматического поддержания давления, на воздушных линиях аппаратов установлены пневматические предохранительные клапана, срабатывающие при повышении давления более 4,8 кгс/см².

Наиболее опасным фактором является взрывопожароопасность технологического процесса. Регламентирующим документом по обеспечению безопасности для данных ОПО является ПБ 09-540-03 в редакции 2015 года. В разделе 4.5.2 проведен детальный анализ организации технологического процесса на соответствие требованиям данного документа.

4.5.2 Анализ соответствия технологического процесса требованиям ПБ 09-540-03

Основные взрывоопасные блоки в отделении синтеза ПК ЭАСХ это:

- реакторы Р-92 (смесь ЭАСХ с изопентаном);
- сборник для приема и отстоя ПК ЭАСХ Е-100 (основной компонент - изопентан);
- аппарат для циркулирующей затворной жидкости Л-102 (нефрас).

В соответствии с ПБ 09-540-03, все вышеперечисленные блоки относятся к категории взрывоопасности III, энергетический потенциал $Q \geq 10$ (расчет представлен в приложении Б). Критические параметры, влияющие на взрывобезопасность технологического процесса – это уровни жидкости в вышеперечисленном емкостном оборудовании.

Анализ ПБ 09-540-03 (в редакции 2015 г) проведенный автором в ходе выполнения работы, показал, что при организации технологического процесса синтеза ПК ЭАСХ имеется ряд существенных нарушений, перечень выявленных нарушений представлен в таблице 9.

Таблица 9 - Нарушения в организации технологического процесса

Пункт ПБ	Требования ПБ 09-540-03	Реальное состояние на производстве
3.9	Технологические системы должны оснащаться средствами контроля за параметрами, определяющими взрывоопасность процесса, с регистрацией показаний и предаварийной сигнализацией их значений, а также средствами автоматического регулирования и противоаварийной защиты.	Контроль, регистрация, сигнализация верхних уровней в емкостном оборудовании, предусмотрены в системе автоматического управления технологическим процессом (АУТП). Система ПАЗ отсутствует.
3.10	Для взрывоопасных технологических процессов должны предусматриваться системы ПАЗ, предупреждающие возникновение аварии при отклонении от предусмотренных технологическим регламентом предельно допустимых значений параметров процесса во всех режимах работы и обеспечивающие безопасную остановку или перевод процесса в безопасное состояние по заданной программе. Для взрывоопасных технологических процессов с блоками III категории взрывоопасности при $Q_v \leq 10$, при специальном обосновании в проектной документации, допускается применение системы противоаварийной защиты с ограниченным применением средств автоматики.	Мероприятия по автоматическому останову технологического процесса при возникновении угрозы аварийной ситуации не предусмотрены даже в системе АУТП. Решения принимаются аппаратчиками после срабатывания сигнализации, что допустимо только для технологических блоков при $Q_v \leq 10$

Продолжение таблицы 9

Пункт ПБ	Требования ПБ 09-540-03	Реальное состояние на производстве
3.20.2	<p>Производства, имеющие в своем составе технологические блоки III категории взрывоопасности, оснащаются системами регулирования, средствами контроля параметров, значения которых определяют взрывоопасность процесса, эффективными быстродействующими системами, обеспечивающими приведение технологических параметров к регламентированным значениям или остановке процесса.</p> <p>Для технологических блоков, имеющих $Q_{в} \leq 10$, предусматривается применение ручного регулирования при автоматическом контроле параметров, значения которых определяют взрывоопасность процесса.</p>	<p>Быстродействующие системы, обеспечивающие приведение технологических параметров к регламентированным значениям или остановке процесса отсутствуют. Данные мероприятия осуществляются аппаратчиками в ручном режиме - дистанционно и по месту, что допустимо только для технологических блоков при $Q_{в} \leq 10$</p>
3.20.3	<p>Для максимального снижения выбросов в окружающую среду горючих и взрывопожароопасных веществ при аварийной разгерметизации системы необходимо предусматривать следующие меры:</p> <ul style="list-style-type: none"> - для технологических блоков II и III категорий взрывоопасности - установка запорных и (или) отсекающих устройств с дистанционным управлением и временем срабатывания не более 120 секунд; - для блоков с относительным значением энергетического потенциала $Q_{в} \leq 10$ - установка запорных устройств с ручным приводом. 	<p>При технологической обвязке емкостного оборудования применяются отсекающие устройства с ручным управлением, что допустимо только для технологических блоков при $Q_{в} \leq 10$</p>
4.1.12	<p>Насосы, применяемые для нагнетания сжиженных горючих газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, должны оснащаться:</p> <ul style="list-style-type: none"> - блокировками, исключающими пуск или прекращающими работу насоса при отсутствии перемещаемой жидкости в его корпусе или отклонениях ее уровней в приемной и расходной емкостях от предельно допустимых значений; - средствами предупредительной сигнализации при достижении опасных значений параметров в приемных и расходных емкостях. 	<p>Для насосов Н-105 (аппарат Л-102) предусмотрена предупредительная сигнализация нижнего уровня в аппарате, блокировки отсутствуют.</p> <p>Для насосов Н-93 (реакторы Р-92) и Н-101 (аппарат Е-100) мероприятия отсутствуют.</p>
4.6.2	<p>Технологическая аппаратура реакционных процессов для блоков всех категорий взрывоопасности оснащается средствами автоматического контроля, регулирования и защитными блокировками параметров, определяющих взрывоопасность процесса.</p> <p>В системах управления реакционными процессами в технологических блоках, имеющих $Q_{в} \leq 10$, разрешается использование средств ручного регулирования при условии автоматического контроля опасных параметров и сигнализации, срабатывающей при выходе их за допустимые значения.</p>	<p>Дозирование компонентов в реактор Р-92 осуществляется по датчику уровня, предусмотрена сигнализация верхнего уровня в аппарате, блокировки отсутствуют, что допустимо только для технологических блоков при $Q_{в} \leq 10$</p>
4.6.8	<p>Дозировка компонентов в реакционных процессах должна контролироваться автоматически и осуществляться в последовательности, исключающей возможность образования внутри аппаратуры взрывоопасных смесей или неуправляемого хода реакций.</p>	<p>Последовательность дозирования компонентов определяется аппаратчиком, управление осуществляется в ручном режиме (дистанционно и по месту)</p>
6.3.2	<p>Системы ПАЗ функционируют независимо от системы управления технологическим процессом. Нарушение работы системы управления не должно влиять на работу системы ПАЗ.</p>	<p>Система ПАЗ отсутствует</p>

4.5.3 Мероприятия по приведению технологического процесса в соответствие с требованиями Федеральных норм и правил по обеспечению промышленной безопасности

В пункте 4.5.2 данной работы были выявлены основные нарушения требований ПБ 09-540-03, рассмотрим основные мероприятия, направленные на ликвидацию данных нарушений. Основным мероприятием является, в соответствии с п. 3.9 и п. 6.3.2 ПБ 09-540-03, создание автономной системы автоматической противоаварийной защиты (ПАЗ), которая в настоящее время отсутствует.

Основные критические параметры ПАЗ:

- верхний аварийный уровень в емкостях с ЛВЖ – 90% (при рабочем уровне – 80%);
- нижний аварийный уровень в емкостях с ЛВЖ – 10% (при рабочем уровне 20 %).

Принцип работы системы ПАЗ представлен в графической части (Лист 16.БР.УПиЭБ.422.83.000).

В соответствии с п. 3.10; 3.20.2 и 4.6.2 ПБ 09-540-03 при достижении верхнего уровня в аппарате Р-92/І (ІІ) 90 % автоматически закрывается отсечной клапан поз. 1 (2) на линии подачи ЭАСХ, автоматически закрывается отсечной клапан поз. 3 (4) на линии подачи изопентана. Происходит автоматический останов соответствующих насосов в соседних отделениях, после чего регламентированное количество смеси (80 %) передавливается в свободный реактор (реактора работают поочередно: один – рабочий, второй – резервный), и далее технологический процесс уже ведется из него. При следующем пуске реактора Р-92/І (ІІ) необходимо предусмотреть корректировку при дозировании компонентов, с учетом остатка вещества в одном из реакторов. При передавливании смеси из одного реактора в другой контроль ведется по датчику уровня АУТП, дополнительно на линиях передавливания устанавливаются отсечные клапана поз. 7 и 8 системы ПАЗ.

В соответствии с п. 4.1.12 ПБ 09-540-03 при достижении нижнего уровня в аппарате Р-92/І (ІІ) 10 %, для защиты от «сухого хода» насосов Н-93 предусмотрена их автоматическая остановка.

В соответствии с п. 4.6.8 ПБ 09-540-03 необходимо предусмотреть меры, исключающие дозирование в реактор ЭАСХ до того, как он будет заполнен изопентаном. То есть при уровне в аппарате менее 70 %, клапана на линиях подачи ЭАСХ «автоматически закрыты».

В соответствии с п. 3.10 и 3.20.2 ПБ 09-540-03 при достижении верхнего уровня в аппарате Л-102 90 % автоматически закрывается отсечной клапан поз. 5 на линии подачи нефраса и емкости Е-55. Кроме того, происходит автоматический останов соответствующих насосов в отделении приема сырья, после чего аппаратчики перенаправляют излишки вещества обратно в емкость Е-55 (отделение приема исходного сырья).

В соответствии с п. 4.1.12 ПБ 09-540-03 при достижении нижнего уровня в аппарате Л-102 10 %, для защиты от «сухого хода» насосов Н-105 предусмотрена их автоматическая остановка, данное мероприятие является дублирующим на случай, если произошел сбой в работе АСУТП. Так как при этом прекращается циркуляция затворной жидкости в насосах Н-93, для обеспечения безопасности технологического процесса они тоже останавливаются.

В соответствии с п. 3.10 и 3.20.2 ПБ 09-540-03 при достижении верхнего уровня в аппарате Е-100 90 % автоматически закрывается отсечной клапан поз. 5 на линии подачи ПК ЭАСХ. После чего аппаратчики отправляют излишки вещества в емкость приема загрязненного изопентана на установке БК-6, а остальное вырабатывают в соответствии с регламентом.

В соответствии с п. 4.1.12 ПБ 09-540-03 при достижении нижнего уровня в аппарате Е-100 10 %, для защиты от «сухого хода» насосов Н-101 предусмотрена их автоматическая остановка.

Для своевременного предупреждения аппаратчиков о возможности возникновения аварийной ситуации, и возможном останове технологического процесса необходимо предусмотреть сигнализацию на уровнях 15% и 85% в емкостном оборудовании с ЛВЖ.

В соответствии п. 3.20.3 ПБ 09-540-03 часть арматуры с ручным управлением, установленной на емкостном оборудовании, необходимо заметить на отсечную арматуру с дистанционным управлением, как это показано на схеме в графической части работы (Лист 16.БР.УПиЭБ.422.83.000).

4.6 Результаты внедрения мероприятий по защите от опасных и вредных производственных факторов

Основным результатом после реализации предложенных мероприятий, станет снижение класса условий труда аппаратчиков синтеза ПК ЭАСХ в соответствии с таблицей 10.

Таблица 10 - Оценка условий труда аппаратчиков синтеза после реализации защитных мероприятий

Факторы	Класс условий труда						
	оптимальный	допустимый	вредный				опасный
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Химический			+				
Шум		+					
Вибрация общая		+					
Вибрация локальная		+					
Микроклимат	+						
Освещение	+						
Тяжесть труда	+						
Напряженность труда			+				
Общая оценка условий труда			+				

Примечания к таблице 10:

1. Общая оценка условий труда соответствует классу 3.2 в случае сочетанного действия 3 и более факторов, относящихся к классу 3.1, поэтому окончательный класс условий труда аппаратчика синтеза после реализации предложенных мероприятий составляет 3.1.
2. Класс условий труда по химическому фактору остается 3.1, так как на производстве используются вещества 4-го класса опасности, а исключение аварийной утечки на 100 % не может обеспечить ни одно мероприятие.

5 ОХРАНА ТРУДА

На основании проведенных исследований условий труда аппаратчиков синтеза ПК ЭАСХ, составляем программу улучшения условий и охраны труда, представленную в таблице 11.

Таблица 11 - Программа по улучшению условий труда

Наименование рабочего места	Наименование мероприятия	Назначение мероприятия	Источник финансирования	Ответственный за выполнение мероприятия	Срок выполнения	Службы, привлекаемые для выполнения мероприятия
Аппаратчик отделения синтеза ПК ЭАСХ	Обучение безопасным приемам и методам выполнения работ, с помощью лицензионных обучающих и тестирующих программ.	Повышение уровня знаний работника в области охраны труда и промышленной безопасности	ООО «Тольяттикаучук»	Начальник отдела охраны труда и промышленной безопасности	в течение 1 месяца со дня выхода приказа	Главный инженер предприятия; Отдел охраны труда
	Организация внеочередной проверки знаний требований охраны труда, по результатам проведенного обучения.	Проверка знаний работника в области безопасности труда	ООО «Тольяттикаучук»	Начальник отдела охраны труда и ПБ	в течение 5 рабочих дней после окончания обучения	Главный инженер предприятия; Отдел охраны труда
	Разработка и внедрение мероприятий по доведению общего уровня шума в отделении синтеза ПК ЭАСХ до нормативных значений	Улучшение условий труда	ООО «Тольяттикаучук»	Главный инженер предприятия	50 рабочих дней со дня выхода приказа	Главный инженер предприятия; начальник производства бутилкаучука, проектно-конструкторский отдел (ПКО)
	Разработка и внедрение мероприятий по доведению освещенности в области рабочей зоны до нормативных значений	Улучшение условий труда	ООО «Тольяттикаучук»	Главный инженер предприятия	50 рабочих дней со дня выхода приказа	Главный инженер предприятия; начальник производства бутилкаучука, ПКО
	Разработка и внедрение мероприятий по замене существующих пробоотборных устройств на герметичные	Улучшение условий труда	ООО «Тольяттикаучук»	Главный инженер предприятия	50 рабочих дней со дня выхода приказа	Главный инженер предприятия; начальник производства бутилкаучука, ПКО
	Разработка и внедрение мероприятий по созданию системы противоаварийной автоматической защиты на производстве бутилкаучука	Обеспечение промышленной безопасности	ООО «Тольяттикаучук»	Главный инженер предприятия	8 месяцев со дня выхода приказа	Главный инженер предприятия; начальник производства бутилкаучука, ПКО

Как видно из таблицы 11 для реализации данных мероприятий необходимо:

1. Директору предприятия назначить ответственных лиц за выполнение того или иного мероприятия.
2. Директору предприятия издать Приказ с указанием ответственных лиц и сроков реализации мероприятия.
3. Ответственным лицам – определить службы, привлекаемые для выполнения мероприятия.
4. Привлекаемым службам – выполнить работы по реализации данного мероприятия в рамках своих обязанностей.

Рассмотрим действия каждого из вышеперечисленных лиц, по разработке и внедрению мероприятий по доведению общего уровня шума в отделении синтеза ПК ЭАСХ до нормативных значений.

Необходимость внедрения дополнительного мероприятия по снижению уровня шума устанавливается сотрудниками отдела охраны труда и промышленной безопасности, по результатам замеров общего эквивалентного уровня шума в отделении, который проводится совместно с метрологической службой предприятия.

Ответственным за реализацию данного мероприятия назначается главный инженер предприятия (утверждается приказом директора), который определяет круг лиц, участвующих в работах по его внедрению, это:

- начальник производства бутилкаучука;
- проектно-конструкторский отдел (ПКО).

Работы осуществляются в следующем порядке:

1. Сотрудники проектно-конструкторского отдела изучают существующие способы снижения уровня шума в производственном помещении; на основании проведенного анализа подбирают наиболее оптимальный вариант для производственного объекта (не требующих выполнения сложных монтажных работ); связываются с организацией-поставщиком ма-

териалов, определяют стоимость проведения работ; выполняют проекты, реализация которых необходима, для свободного осуществления монтажных работ в помещении (например – временный перенос технологических коммуникаций на дополнительные опоры, для организации свободного доступа к стенам помещения).

2. Начальник производства бутилкаучука контролирует правильность выполнения проектных мероприятий по подготовке технологического отделения к монтажным работам; организует останов технологического процесса и удаление вредных веществ из оборудования на время проведения монтажных работ; контролирует качество монтажных работ, принимает выполненную работу у подрядной организации.
3. Главный инженер предприятия отвечает за связь с подрядной организацией, контролирует своевременность оплаты материалов и оплату по результатам проведенных работ, устанавливает сроки проведения монтажных работ, с учетом временного останова технологического процесса.

После отделки стен производственного помещения звукопоглощающим материалом и пуска технологического отделения в работу, сотрудники отдела охраны труда совместно с метрологической службой предприятия обязаны повторно проверить эквивалентный уровень шума в помещении. О результатах проведенной работы докладывают главному инженеру, который в свою очередь сообщает директору предприятия об успешности проведенных мероприятий.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ РАССМАТРИВАЕМОГО ОБЪЕКТА

6.1 Технологическая характеристика объекта, идентификация профессиональных рисков

Технологические характеристики отделения синтеза ПК ЭАСХ представлены в п. 2 данной работы. Опасные и вредные производственные факторы (ОВПФ), их значения, а также мероприятия, направленные на снижение воздействия ОВПФ (реализованные на рассматриваемом объекте), представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Идентификация профессиональных рисков

Наименование рабочего места	Источник ОВПФ	Идентифицированные ОВПФ	Группа ОВПФ	Значение ОВПФ	ЦДУ	Нормативный документ	Существующие мероприятия по снижению воздействия ОВПФ
Помещение операторной	Пульты управления, приборы КИ-ПиА, сигнализирующие устройства	Нагрузка на зрительный анализатор - длительность сосредоточенного наблюдения	Психофизиологический	50 % смены	≤ 50 % смены	Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» (утв. Главным государственным санитарным врачом России 29.07.05)	1. Организация трудового процесса - поочередность работы аппаратчиков в помещении операторной. 2. Наличие мест организованного отдыха.
		Нагрузка на слуховой анализатор - разборчивость слов и сигналов		80 %	≤ 70 %		

Продолжение таблицы 12

Наименование рабочего места	Источник ОВПФ	Идентифицированные ОВПФ	Группа ОВПФ	Значение ОВПФ	ПДУ	Нормативный документ	Существующие мероприятия по снижению воздействия ОВПФ
Технологическое отделение	Общее наблюдение за ходом технологического процесса	Этилалюминийсесквихлорид	Химический	0,05 мг/м ³	0,7 мг/м ³	Химические факторы производственной среды. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03	<ol style="list-style-type: none"> 1. Система общеобменной приточно-вытяжной вентиляции. 2. Использование средств сигнализации о нарушении нормального функционирования производственного оборудования. Дистанционное и автоматическое управление технологическим процессом. 3. Применение герметичного емкостного оборудования. 4. Использование системы автоматического газового анализа, управляющей работой аварийной вентиляционной системы.
		Изопентан		100 мг/м ³	300 мг/м ³		
		Нефрас		100 мг/м ³	300 мг/м ³		
		Подвижные части производственного оборудования - насосы, перемещающие устройства	Физический	---	---	---	
Технологическое отделение	Аппараты с перемещающими устройствами	Повышенный уровень шума	Физический	79 дБА	65 дБА	Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96	Мероприятия отсутствуют

Продолжение таблицы 12

Наименование рабочего места	Источник ОВПФ	Идентифицированные ОВПФ	Группа ОВПФ	Значение ОВПФ	ПДУ	Нормативный документ	Существующие мероприятия по снижению воздействия ОВПФ
Технологическое отделение	Аппараты с перемещающими устройствами	Повышенный уровень вибрации	Физический	Виброускорение:		Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы. СН 2.2.4/2.1.8.566-96	1. Применение резиновых виброизоляторов (пластин) при монтаже насосного оборудования. 2. Применение резиновых виброизоляторов и виброизоляторов из твердых материалов при монтаже.
				110 дБ	126 дБ		
				Виброскорость:			
				95 дБ	112 дБ		
	Отбор проб из реакторов Р-92 и сборника Е-100	Повышенный уровень загазованности - изопентан	Химический	500 мг/м ³	300 мг/м ³	Химические факторы производственной среды. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03	1. Система местной вытяжной вентиляции; 2. Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ).
	Визуальный контроль наличия осадка при отборе проб из Е-100	Недостаточная освещенность рабочей зоны; пониженная контрастность	Физический	50 лк	200 лк	СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение	1. Система общего освещения производственного помещения

6.2 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В п. 4 данной работы представлены основные мероприятия, направленные на снижение уровня воздействия ОВПФ на аппаратчиков синтеза. Перечень предлагаемых мероприятий, а также результаты их внедрения представлены в таблице 13.

Таблица 13 - Методы и средства снижения профессиональных рисков

Наименование рабочего места	Источник ОВПФ	Идентифицированные ОВПФ	Группа ОВПФ	Значение ОВПФ до реализации мероприятий	Значение ОВПФ после реализации мероприятий	ПДУ	Предлагаемые мероприятия по снижению воздействия ОВПФ
Технологическое отделение	Насосное оборудование, аппараты с перемешивающими устройствами	Повышенный уровень шума	Физический	79 дБА	56 дБА	65 дБА	Применение акустической штукатурки ограждающих поверхностей (стен): ЮЭСДЖИ ИНТЕРИОРС, ИНК.
	Отбор проб из реакторов Р-92 и сборника Е-100	Повышенный уровень загазованности - изопентан	Химический	500 мг/м ³	≤ 200 мг/м ³	300 мг/м ³	Установка герметичных пробоотборных устройств компании Swissfluid (Швейцария)
	Визуальный контроль наличия осадка при отборе проб из Е-100	Недостаточная освещенность рабочей зоны; пониженная контрастность	Физический	50 лк	>200 лк	200 лк	Организация дополнительного рабочего места с системой местного освещения

6.3 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

6.3.1 Идентификация опасных факторов пожара

Взрывопожароопасные свойства применяемых в технологическом процессе синтеза ПК ЭАСХ веществ представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Взрывопожароопасные свойства веществ

Наименование	Агрегатное состояние	Температура, °С			Пределы взрываемости с воздухом				Горючесть	Теплота сгорания, кДж/кг
					Температура, °С		Объемный, %			
		вспышки	воспламенение	самовоспламенение	нижний	верхний	нижний	верхний		
Этилалюминийсесквихлорид (ЭАСХ)	Жидкость			ниже минус 80	Возможно воспламенение или взрыв при воздействии на него воды				Горючая жидкость	
Изопентан	Жидкость	- 52	- 50	430	1,36	9,0	- 56	- 30	ЛВЖ ПА-Т2	45220 кДж/кг
Нефрас П	Жидкость	- 32		262	1,15	7,7			ЛВЖ ПА-Т3	42900 кДж/кг

Идентификация классов и опасных факторов возможного пожара в отделении синтеза ПК ЭАСХ представлена в таблице 15.

Таблица 15 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Технологическое отделение синтеза ПК ЭАСХ	Реактор Р-92 / I (II) – смесь изопентана с ЭАСХ	В	1. Пламя, искры. 2. Тепловой поток. 3. Повышенная температура окружающей среды. 4. Повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения. 5. Пониженная концентрация кислорода. 6. Снижение видимости в дыму.	1. Взрыв газовой смеси. 2. «Огненный шар» - горение газовой смеси. 3. Осколки, части разрушившихся перекрытий и ограждающих конструкций, оборудования. 4. Токсичные вещества, попавшие в окружающую среду из разрушенного оборудования. 5. Вынос высокого напряжения на токопроводящие части технологического оборудования. 6. Воздействие огнетушащих веществ.
	Аппарат Л-102 – нефрас П	В		
	Емкость Е-100 – ПК ЭАСХ (смесь изопентана с ЭАСХ)	В		
	Пожар пролива	В, С		
Примечания: 1. Пожар пролива характеризуется горением как непосредственно пролитой жидкости (класс В), так и горением испарившейся газовой смеси (класс С).				

6.3.2 Разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности

Средства, методы, меры, защиты от пожара с учетом типа технологического процесса, используемого оборудования, класса пожара, опасных факторов пожара представлены в таблице 16.

Таблица 16 - Средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Установки пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение
<ul style="list-style-type: none"> - передвижные порошковые установки ОПС-100; ОП-35,50; - стационарные углекислотные установки 2БР-2МА; - пожарный инвентарь: лопаты, ящики с сухим песком; - асбестовые покрывала для изоляции очага возгорания. 	<ul style="list-style-type: none"> - пожарные автомобили для использования личным составом подразделений пожарной охраны предприятия 	<ul style="list-style-type: none"> - модульная, автоматическая, порошковая установка пожаротушения 	<ul style="list-style-type: none"> - приборы приемо-контрольные пожарные; - приборы управления пожарные. 	<ul style="list-style-type: none"> - пожарные шкафы (пожарный кран, напорный рукав с пожарным стволом и порошковые огнетушители); - пожарный щит (для ручных средств пожаротушения - пожарной кошмы, топора, багра, лома, лопаты, ведра). 	<ul style="list-style-type: none"> - промышленный противогаз с фильтром (в качестве средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения). 	<ul style="list-style-type: none"> - ручные инструменты: электрозащитное оборудование, ножницы на базе гидравлического привода для разрезания арматуры, ножовки, ломы, пожарные багры; - механизированный инструмент: пожарный металлический багор, пожарные ломы (ЛПТ и ПШ), крюки для вскрытия конструкций в зданиях. 	<ul style="list-style-type: none"> - извещатели пожарные; - система передачи извещений о пожаре; - телефонная связь
<p>Примечания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Всеми вышеперечисленными средствами отделение синтеза ПК ЭАСХ укомплектовано в полном объеме. 2. В связи с высокой реакционной способностью ЭАСХ по отношению к воде категорически запрещается применять для тушения загораний растворов ЭАСХ воду, химическую и воздушно-механическую пену, водяной пар. Водой допускается тушить только нефрас и изопентан. 3. Пожарным инструментом, как ручным, так и механизированным укомплектована пожарная часть, расположенная на территории ООО «Тольяттикаучук» 							

6.3.3 Мероприятия по предотвращению пожара

Мероприятия необходимые для обеспечения пожарной безопасности технологического процесса синтеза ПК ЭАСХ представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Требования по обеспечению пожарной безопасности в соответствии с 123-ФЗ	Реализовано ли данное требование в отделении синтеза ПК ЭАСХ
Применение негорючих веществ и материалов	Помимо веществ, участвующих в технологическом процессе, использование горючих материалов (изоляция, отделка помещения и т.п.) запрещено.
Ограничение массы и (или) объема горючих веществ и материалов	При организации технологического процесса не используются промежуточные емкости, количество ЛВЖ соответствует потребности из расчета на одну рабочую смену.
Использование наиболее безопасных способов размещения горючих веществ и материалов	Для ведения технологического процесса и транспортировки ЛВЖ используется герметичное оборудование и запорно-регулирующая арматура с фланцевым соединением типа «шип-паз».
Изоляция горючей среды от источников зажигания	Применение герметичного технологического оборудования и использование электрооборудования во взрывозащищенном исполнении.
Понижение концентрации окислителя в горючей среде в защищаемом объеме	Система подачи инертного газа (азота) в емкостное оборудование.
Автоматизация технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ	При организации технологического процесса использована частичная автоматизация и дистанционное управление.
Применение устройств защиты производственного оборудования, исключающих выход горючих веществ в объем помещения	Использование предохранительных пневматических клапанов для защиты аппаратов от превышения давления; Использование датчиков уровня на емкостном оборудовании, наличие системы сигнализации параметров технологического режима, обеспечивающих безопасное ведение технологического процесса.
Применение устройств защиты исключающих образование в помещении горючей среды	Система автоматического газового анализа, управляющая работой аварийной вентиляции.
Применение огнепреграждающих устройств, исключающих возможность распространения пламени.	На воздушных линиях емкостного оборудования, перед выбросом в атмосферу, установлены огнепреградители.
Применение оборудования и режимов проведения технологического процесса, исключающих образование статического электричества.	Все оборудование и коммуникации, выполненные из электропроводящих материалов, заземлены; Вентиляционные коробки заземлены в двух точках. Периодически проводится уборка пыли в помещении.
Молниезащита здания.	Молниезащита как отделения синтеза ПК ЭАСХ, так и всего производства бутилкаучука обеспечивается стержневыми молниеотводами.

Как видно из таблицы 17 организация технологического процесса в отделении синтеза ПК ЭАСХ полностью соответствует требованиям Федерального закона от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

6.4 Обеспечение экологической безопасности объекта

6.4.1 Идентификация экологических факторов

Выбросы в атмосферу от технологического оборудования отделения синтеза ПК ЭАСХ перечислены в таблице 18.

Таблица 18 - Выбросы в атмосферу

Наименование технологического оборудования	Количество точек выброса	Суммарный объем отходящих газов, м ³ /час	Фактическое время выделения, час/год	Температура °С	Наименование выделяющихся веществ	Выбросы от единицы оборудования, г/сек	Допустимое количество нормируемых компонентов вредных веществ, (г/сек)	ПДК веществ в атмосферном воздухе (мг/м ³)
Воздушная линия от аппарата Л-102	1	0,1	7400	25	Нефрас – 1%	0,001	0,003	1,5
					Азот – 99 %	---	---	---
Воздушная линия от гидрозатвора ПН-106	1	50	7400	25	Изопентан – 2%	0,0045	0,005	100
					Азот – 98 %	---	----	---

Как видно из таблицы 18 дополнительная очистка воздушных выбросов от технологического оборудования не требуется.

Стоки от технологического оборудования отделения синтеза ПК ЭАСХ перечислены в таблице 19.

Таблица 19 - Производственные стоки

Наименование оборудования	Состав загрязнений	Периодичность	Количество стоков м ³ /час	Контролируемые вредные вещества в сбросах (по компонентам), мг/л или кг/м ³	Количество загрязнений мг/л	Допустимое количество сбрасываемых веществ, кг/час	Куда направляется сброс	Способ очистки в отделении
Технологическое оборудование и трубопроводы отделения синтеза ПК ЭАСХ	Промывная вода после промывки аппаратов перед внутренним осмотром	Периодически	0,2	ХПК, мгО ₂ /л Не более 1000	≈ 100	0,02	Химически-загрязненная канализация	Не требуется
	Конденсат после пропарки технологического оборудования при подготовке его к ремонту	Периодически	0,1	ХПК, мгО ₂ /л Не более 1000	≈ 50	0,02	Химически-загрязненная канализация	Не требуется

Твердые и жидкие отходы отделения синтеза ПК ЭАСХ представлены в таблице 20.

Таблица 20 - Твердые и жидкие отходы

Наименование отхода, отделение, аппарат	Место складирования, транспорт, тара	Кол-во отходов, т/год	Периодичность образования	Характеристика твердых и жидких отходов		
				Химический состав, влажность	Физические показатели, плотность, г/см ³	Класс опасности
Жидкие отходы: Шлам синтеза ПК ЭАСХ из аппарата Е-100	По трубопроводу в аппарат Л-58; из аппарата Л-58 в печь сжигания П-1	36,3 кг после приема 5 партий ПК ЭАСХ	Периодически по мере образования	Нефрас-69,5%; Алюминий-22,02%; Кизельгур-0,02%; ПК ЭАСХ-2,64%; Изопентан-5,8%	0,7	3
Твёрдых отходов нет						

Идентификация экологических факторов отделения синтеза ПК ЭАСХ производства бутилкаучука представлена в таблице 21.

Таблица 21 - Идентификация экологических факторов

Наименование технического объекта	Структурные составляющие технического объекта	Воздействие объекта на атмосферу	Воздействие объекта на гидросферу	Воздействие объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра)
Отделение синтеза ПК ЭАСХ производства бутилкаучука	Реактор Р-92 (2 шт)	Выброс: изопентан – 0,0045 г/сек через гидрозатвор ПН-106	1. Промывная вода после промывки аппаратов перед внутренним осмотром: 100 ХПК, мгО ₂ /л. 2. Конденсат после пропарки технологического оборудования при подготовке его к ремонту: 50 ХПК, мгО ₂ /л.	---
	Емкость Е-100			Шлам: Нефрас-69,5%; Алюминий-22,02%; Кизельгур-0,02%; ПК ЭАСХ-2,64%; Изопентан-5,8%
	Аппарат Л-102	Выброс: нефрас – 0,001 г/сек	---	
	Прочее оборудование и трубопроводы	---	---	

Основным экологическим фактором, оказывающим вредное влияние на окружающую среду, является образование жидкого остатка, шлама, который необходимо утилизировать.

6.4.2 Мероприятия по снижению антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Как видно из раздела 6.4.1 основным отходом отделения синтеза ПК ЭАСХ является шлам, накапливающийся при отстое.

Шлам, содержащий алюминийорганические соединения и растворитель, из отделения синтеза ПК ЭАСХ поступает в накопительный аппарат Л-58. Из аппарата Л-58 в емкость Л-1, откуда азотом подается в форсунку печи сжигания П-1 (технологическая схема процесса представлена в графической части работы – лист 16.БР.УПиЭБ.422.85.000).

Для поддержания азотной «подушки» в емкости Л-1 предусмотрен масляный гидрозатвор ПН-2. Давление азота, подаваемого в гидрозатвор, выдерживается регулятором давления поз. 8311. Для контроля уровня в накопительной емкости Л-1 предусмотрена регистрация и сигнализации верхнего предельного уровня поз. 9075. При повышении уровня в емкости Л-1 выше предельного автоматически закрывается отсечной клапан поз. 9090 на линии приема шлама в емкость Л-1. При передавливании шлама из емкости Л-1 к форсунке печи давление в линии подачи регистрируется прибором поз. 6085. При снижении давления в линии подачи менее $0,5 \text{ кгс/см}^2$ срабатывают световая и звуковая сигнализации.

Для осуществления процесса сжигания шлама печь снабжена специальной горелкой, которая состоит из пилотной горелки, многосопловой газовой горелки (основная горелка) и воздушно-жидкостной форсунки для подачи шлама. Пилотная горелка предназначена для розжига основной горелки. Основная горелка поддерживает в печи температуру не менее 100°C для обеспечения полного сгорания шлама.

В качестве топливного газа используется природный газ. Природный газ перед подачей к горелкам печи проходит через сепаратор ПН-1, где отделяется от жидкости. Сепаратор снабжен наружным змеевиком для обогрева в

зимнее время конденсатом, поступающим из системы паровой защиты печи, и сигнализатором появления в нем уровня поз. 9079.

Жидкость из аппарата ПН-1 давлением природного газа передавливается в накопительную емкость Л-1. Общий расход топливного газа регистрируется прибором поз. 5075. Давление в линии топливного газа после сепаратора ПН-1 регистрируется прибором поз. 6089. Предусмотрена световая и звуковая сигнализации при падении давления в линии топливного газа ниже $3,0 \text{ кгс/см}^2$ поз. 6089. Для распыления шлама в форсунку подается технологический воздух.

Для безопасной эксплуатации печи сжигания предусмотрены блокировки:

- по погасанию пламени горелки поз. 9080;
- по снижению разряжения в печи поз. 9077;
- по снижению давления технологического воздуха, подаваемого на распыление шлама ниже $2,0 \text{ кгс/см}^2$ поз. 9078/2.

Контроль за возможным образованием взрывоопасных концентраций на открытой площадке печи сжигания осуществляется сигнализаторами до взрывных концентраций датчиком «Dräger» поз. 9083. При поступлении сигнала срабатывает световая и звуковая сигнализации на рабочей станции операторной БК-5а и звуковая сигнализация по месту.

Для защиты печи от аварий и пожара предусмотрена система паровой защиты. Она состоит из паровой наружной завесы для предотвращения проникновения к печи «облака» горючей газовой смеси при аварии на технологических участках установки и наружного пожаротушения с использованием переносных паровых шлангов для ликвидации возможных загораний при выбросах шлама наружу.

Наружная паровая завеса выполнена в виде паропроводов в два яруса с отверстиями. Предусмотрена подача пара непосредственно в печь [18].

6.5 Заключение по разделу

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса синтеза ПК ЭАСХ производства бутилкаучука, определены основные рабочие места аппаратчиков синтеза – таблица 12.

Проведена идентификация профессиональных рисков по технологическому процессу, в качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие:

- Повышенный уровень шума;
- Повышенный уровень загазованности – изопентан;
- Недостаточная освещенность рабочей зоны; пониженная контрастность.

Разработаны методы и средства снижения профессиональных рисков, а именно:

- Применение акустической штукатурки ограждающих поверхностей.
- Установка герметичных пробоотборных устройств.
- Организация дополнительного рабочего места с системой местного освещения.

Результаты реализации предложенных мероприятий представлены в таблице 13.

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара (таблица 15). Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности (таблица 16). Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте (таблица 17). Идентифицированы экологические факторы (таблица 21) и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

7 ЗАЩИТА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

7.1 Анализ возможных аварийных ситуаций или отказов на данном объекте, план действий персонала

К возникновению аварийной ситуации на рассматриваемом объекте может привести ряд факторов, представленных в таблице 22. В соответствии с Федеральным законом от 21.07.1997 N 116-ФЗ (редакция от 13.07.2015) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" действия персонала в случае возникновения аварийной ситуации регламентируются планом локализации и ликвидации аварий (ПЛА) Производства бутылкачука ООО «Тольяттикаучук». ПЛА разработан и утвержден в соответствии с «Рекомендациями по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах» (от 26.12.2012).

ПЛА производства бутылкачука ООО «Тольяттикаучук» определяет:

- порядок действий персонала цеха, предприятия в целом и специализированных служб на различных уровнях развития аварийных ситуаций;
- готовность ООО «Тольяттикаучук» к ликвидации аварий;
- достаточность принятых на производстве бутылкачука мер по предупреждению аварий;
- мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий.

ПЛА производства бутылкачука ООО «Тольяттикаучук» основывается:

- на прогнозировании сценариев возникновения и развития аварий;
- на постадийном анализе сценариев развития аварий;
- на оценке достаточности принятых или планируемых мер, препятствующих возникновению и развитию аварий;
- на анализе действий персонала, специализированных служб при локализации и ликвидации аварий.

Таблица 22 - Возможные неполадки и аварийные ситуации, способы их предупреждения и локализации

Возможные неполадки, аварийные ситуации	Предельно допустимые значения параметров, превышение (снижение) которых может привести к аварии	Причины возникновения аварийных ситуаций	Действия персонала по предупреждению и устранению производственных неполадок и аварийных ситуаций в соответствии с ПЛА
Отключение электроэнергии	При отключении электроэнергии остановаются <ul style="list-style-type: none"> • насосы Н-93, Н-102, Н-105, Н-11. • мешалки на аппаратах Р-92; Л-102. Отключатся: <ul style="list-style-type: none"> • датчики температуры. • вентиляционные системы. • датчики управления установкой автоматического пожаротушения. • средства автоматического управления, сигнализации, блокировки. 	Неполадки в электро-снабжении цеха.	В случае отключения электроэнергии произвести останов отделения синтеза ПК ЭАСХ, для чего: <ul style="list-style-type: none"> • предупредить диспетчера предприятия, смежные установки (цехи) об аварийной остановке отделения; • перекрыть прием всех видов сырья; • закрыть арматуру на линиях нагнетания насосов.
Отсутствие воздуха для КИПиА	Прекратится работа регуляторов и вторичных приборов. Регулирующие и отсечные клапаны типа «НО» закроются, типа «НЗ» откроются.	Неполадки в отделении Д-7 (ТТЦ) или на трубопроводе подачи воздуха КИП.	Необходимо произвести остановку всего оборудования отделения: <ul style="list-style-type: none"> • в связи с отсутствием показателя уровней прекратить прием сырья и передавливание реагентов; • усилить контроль за давлением в аппаратах • закрыть арматуру до и после регулирующих клапанов типа «НО»;
Отсутствие технологического азота	Прекратится подача азота на создание азотной «подушки» в аппаратах, что может привести к попаданию кислорода воздуха в аппараты и созданию в аппаратах взрывоопасной концентрации. Прекратится подача конденсата из мерника № 103а во время синтеза протонированного комплекса.	Неполадки в отделении Д-7 (ТТЦ) или на трубопроводе подачи азота в установку	Необходимо: <ul style="list-style-type: none"> • закрыть стравливание газовой фазы из аппаратов; • прекратить передавливание реагентов; • остановить узел протонирования. Арматуру на линии подачи конденсата в испаритель № 9б перекрыть.

Продолжение таблицы 22

Возможные неполадки, аварийные ситуации	Предельно допустимые значения параметров, превышение (снижение) которых может привести к аварии	Причины возникновения аварийных ситуаций	Действия персонала по предупреждению и устранению производственных неполадок и аварийных ситуаций в соответствии с ПЛА
Прекращение подачи пара	Прекратится подача пара в испаритель № 96 в узле протонированного комплекса.	Неполадки в ТТЦ, в То ТЭЦ или на трубопроводе приема пара в установку	Необходимо: <ul style="list-style-type: none"> остановить синтез протонированного комплекса ЭАСХ, перекрыть подачу конденсата.
Прекращение подачи хладонотителя пропана в установку ТИБА	Прекратится охлаждение трансформаторного масла 10 °С. Повысится температура охлаждающего масла, что может привести к повышению температуры и давления в узле синтеза ЭАСХ и узле протонирования.	Неполадки в отделении ИП-3 установки ИП-3-4 или на трубопроводах подачи жидкого и газообразного пропана	Необходимо: <ul style="list-style-type: none"> остановить узел протонирования, перекрыть арматуру на газовой фазе.
Прорыв углеводородов, загазованность территории, пожар		Разгерметизация трубопроводов и аппаратов, разлив жидких углеводородов из поврежденных участков трубопроводов и аппаратов	Произвести полную остановку производства согласно «Плану ликвидации и локализации аварийных ситуаций»: <ul style="list-style-type: none"> раздел «Инструкция по безопасной остановке ТИБА»; раздел «Оперативная часть».
Отказ в работе приборов регулирования и контроля: - давление, температура и уровень в реакторах Р-92.			Необходимо: <ul style="list-style-type: none"> прекратить синтез протонированного комплекса, перекрыть арматуру на линии подачи конденсата в испаритель, контролировать давление в реакторе по техническому манометру. В случае завышения давления произвести ручное стравливание; прекратить прием и передавливание продуктов.

7.2 Планирование действий по предупреждению и ликвидации ЧС

Наиболее опасным вариантом развития аварийной ситуации на рассматриваемом объекте является утечка ЛВЖ (изопентана или нефраса) с последующим возгоранием и взрывом. Радиусы возможных повреждений в этом случае представлены в таблице 23 (расчёт - приложение Е) и показаны в графической части работы (лист 16.БР.УПиЭБ.422.86.000).

Таблица 23 - Радиусы поражений при взрыве газовой смеси

Наименование технологического блока	Масса парогазовых веществ, участвующих во взрыве (m'), кг	Троитловый эквивалент взрыва парогазовой среды (W _T), кг	Приведенный радиус, (R ₀), м	Радиус зоны разрушения (R), м				
				Класс зоны разрушения				
				1	2	3	4	5
Реактор Р-92/І	368	1784	9	34	50	86	252	504
Реактор Р-92/ІІ	368	1784	9	34	50	86	252	504
Емкость приема и отстоя ПК ЭАСХ Е-100	368	1784	9	34	50	86	252	504
Аппарат для сбора затворной жидкости Л-102	219	1110	7	26	39	67	196	392

Зоны разрушения:

- 1 – полное разрушение зданий;
- 2 – 50%-ое разрушение зданий;
- 3 – среднее повреждение зданий;
- 4 – умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.);
- 5 – нижний порог повреждения человека, малые повреждения зданий (разбита часть остекления).

Как видно из таблицы 23 и ситуационного плана представленного на листе 16.БР.УПиЭБ.422.86.000, взрыв газовой фазы изопентана или нефраса в отделении синтеза ПК ЭАСХ приведет к значительному разрушению корпуса БК-5а и повреждению соседних зданий. Кроме этого будет повреждено технологическое оборудование, в том числе содержащее ЭАСХ (2 класс опасности), что дополнительно приведет к экологическому загрязнению прилегающих территорий. Все вышеперечисленное может стать причиной Чрезвычайной ситуации в регионе.

На ООО «Тольяттикаучук» в соответствии с Федеральным законом «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» разработан и утвержден «План действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также мероприятий гражданской обороны». Документ разработан на основании «Методических рекомендаций по планированию действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также мероприятий гражданской обороны для территорий и объектов» (от 18.08.2003).

Данным документом предусмотрены объем, сроки и порядок выполнения мероприятий РСЧС (система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций):

- по предупреждению или снижению последствий крупных производственных аварий;
- при угрозе возникновения производственных аварий;
- по защите населения, материальных и культурных ценностей;
- проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ;
- привлекаемые для этого силы и средства.

7.3 Мероприятия при угрозе и возникновении ЧС

Схема оповещения должностных лиц, аварийно-спасательных формирований, организаций и служб представлена в графической части работы – лист 16.БР.УПиЭБ.422.86.000.

При угрозе возникновения крупных производственных аварий регион переводится в режим повышенной готовности, что подразумевает:

- информирование населения в районе возможного возникновения ЧС;
- приведение в готовность сил и средств РСЧС, имеющихся заглубленных помещений (укрытий);
- подготовка к выдаче и выдача рабочим, служащим и остальному населению средств индивидуальной защиты;
- приведение в готовность автотранспорта и загородной зоны для эвакуации (отселения) и приема населения;
- проведение мероприятий по медицинской защите населения;
- проведение профилактических противопожарных мероприятий и подготовка к безаварийной остановке производства.

В случае, если производственная авария произошла вводится режим чрезвычайной ситуации, который предусматривает:

- оповещение органов управления РСЧС, рабочих, служащих и остального населения о возникновении ЧС;
- развертывание и приведение в готовность сил и средств РСЧС, привлекаемых к аварийно-спасательным и другим неотложным работам (АС-ДНР);
- укрытие населения в защитных сооружениях;
- обеспечение рабочих, служащих, населения средствами индивидуальной защиты;
- лечебно-эвакуационные мероприятия;
- эвакуация (отселение) населения.

8 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

8.1 Исходные данные для выполнения раздела

Программа мероприятий по улучшению условий труда аппаратчиков синтеза ПК ЭАСХ представлена в таблице 11 (раздел 5.1).

Исходные данные для оценки эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности представлены в таблице 24.

Таблица 24 - Исходные данные

Показатели	Условные обозначения	Ед. изм.	Баз. В.	Пр. в.
Время оперативное	t_o	ч	11	11
Время обслуживания рабочего места	$t_{ом}$	мин	0,5	0,5
Время на отдых	$t_{отл}$	мин	1	1
Ставка рабочего	$T_{чс}$	руб/час	100	100
Коэффициент доплат	$k_{допл.}$	%	48%	44%
Коэффициент соотношения основной и дополнительной заработной платы	k_d	%	10%	10%
Норматив отчислений на социальные нужды	$H_{осн}$	%	26,4%	26,4%
Среднесписочная численность основных рабочих	ССЧ	чел.	8	8
Численность работников, с вредным классом условий труда по шумовым показателям	$Ч_i$	чел	8	0
Плановый фонд рабочего времени в днях	Фпл	дни	249	249
Продолжительность рабочей смены	Т	час	12	12
Количество рабочих смен	S	шт	1	1
Число пострадавших от несчастных случаев на производстве	Чнс	чел.	2	1
Количество дней нетрудоспособности от несчастных случаев	Днс	дн	28	10
Коэффициент материальных затрат в связи с несчастным случаем	μ	-	1,5	1,5
Нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности	Ен	-	0,08	0,08
Единовременные затраты	Зед	руб.	-	1148850

8.2 Социальная эффективность мероприятий по улучшению условий и охраны труда

Социальная эффективность мероприятий по улучшению условий труда рассчитывается для отделения синтеза ПХ ЭАСХ и персонала, который его обслуживает (2 человека в смену, 4 смены). Рассчитывается эффективность проведения 1-го мероприятия, а именно, акустической отделки помещения.

Изменение численности работников с вредным классом условий труда по шумовым показателям ($\Delta\text{Ч}_i$):

$$\Delta\text{Ч}_i = \text{Ч}_i^{\text{б}} - \text{Ч}_i^{\text{п}}, \quad (1)$$

где: $\text{Ч}_i^{\text{б}}$ — численность подобных работников до проведения трудоохранных мероприятий, чел.; $\text{Ч}_i^{\text{п}}$ — численность подобных работников, после проведения трудоохранных мероприятий, чел.

$$\Delta\text{Ч}_i = 8 - 0 = 8 \text{ чел.}$$

Изменение коэффициента частоты травматизма (ΔK_q):

$$\Delta K_q = 100 - \frac{K_q^{\text{п}}}{K_q^{\text{б}}} \times 100, \quad (2)$$

где: $K_q^{\text{б}}$ — коэффициент частоты травматизма до проведения трудоохранных мероприятий; $K_q^{\text{п}}$ — коэффициент частоты травматизма после проведения трудоохранных мероприятий.

$$\Delta K_q = 100 - \frac{125}{250} \times 100 = 50$$

Коэффициент частоты травматизма определяется по формуле:

$$K_q = \frac{\text{Ч}_{\text{нс}} \times 1000}{\text{ССЧ}}, \quad (3)$$

где: $\text{Ч}_{\text{нс}}$ — число пострадавших от несчастных случаев в отделении синтеза ПХ ЭАСХ, $\text{ССЧ} = 8$ — среднесписочная численность работников отделения. Допустим, что в результате доведения уровня шума до оптимальных значений, частота травматизма уменьшится в два раза.

$$K_{\text{ч}\bar{\sigma}} = \frac{Ч_{\text{нс}} \bar{\sigma} \times 1000}{\text{ССЧ}\bar{\sigma}} = \frac{2 \times 1000}{8} = 250$$

$$K_{\text{ч}n} = \frac{Ч_{\text{нс}} n \times 1000}{\text{ССЧ}n} = \frac{1 \times 1000}{8} = 125$$

Изменение коэффициента тяжести травматизма (ΔK_{T}):

$$\Delta K_m = 100 - \frac{K_m^n}{K_m^{\bar{\sigma}}} \times 100, \quad (4)$$

где: $K_{\text{T}}^{\bar{\sigma}}$ — коэффициент тяжести травматизма до проведения трудоохранных мероприятий; K_{T}^n — коэффициент тяжести травматизма после проведения трудоохранных мероприятий.

$$\Delta K_m = 100 - \frac{10}{14} \times 100 = 30$$

Коэффициент тяжести травматизма определяется по формуле:

$$K_m = \frac{D_{\text{нс}}}{Ч_{\text{нс}}}, \quad (5)$$

где: $Ч_{\text{нс}}$ — число пострадавших от несчастных случаев на производстве, $D_{\text{нс}}$ — количество дней нетрудоспособности в связи с несчастным случаем.

$$K_m n = \frac{D_{\text{нс}}}{Ч_{\text{нс}}} = 28 / 2 = 14$$

$$K_m \bar{\sigma} = \frac{D_{\text{нс}}}{Ч_{\text{нс}}} = \frac{10}{1} = 10$$

Потери рабочего времени в связи с временной утратой трудоспособности на 100 рабочих за год (ВУТ) по базовому и проектному варианту:

$$\text{ВУТ} = \frac{100 \times D_{\text{нс}}}{\text{ССЧ}}, \quad (6)$$

где: $D_{\text{нс}}$ — количество дней нетрудоспособности в связи с несчастным случаем на производстве, дни; ССЧ — среднесписочная численность основных рабочих за год, чел.

$$\text{ВУТ}\bar{\sigma} = \frac{100 \times 14}{8} = 175, \quad \text{ВУТ}n = \frac{100 \times 10}{8} = 125$$

Фактический годовой фонд рабочего времени 1 основного рабочего ($\Phi_{\text{факт}}$) по базовому и проектному варианту:

$$\Phi_{\text{факт}} = \Phi_{\text{пл}} - \text{ВУТ} , \quad (7)$$

где: $\Phi_{\text{пл}}$ – плановый фонд рабочего времени 1 основного рабочего, дни.

$$\Phi_{\text{факт}}^{\text{б}} = 249 - 175 = 74 , \quad \Phi_{\text{факт}}^{\text{п}} = 249 - 125 = 124$$

Прирост фактического фонда рабочего времени 1 основного рабочего после проведения мероприятия по охране труда ($\Delta\Phi_{\text{факт}}$):

$$\Delta\Phi_{\text{факт}} = \Phi_{\text{факт}}^{\text{п}} - \Phi_{\text{факт}}^{\text{б}} , \quad (8)$$

где: $\Phi_{\text{факт}}^{\text{б}}$, $\Phi_{\text{факт}}^{\text{п}}$ – фактический фонд рабочего времени 1 основного рабочего до и после проведения мероприятия, дни.

$$\Delta\Phi_{\text{факт}} = 124 - 74 = 50$$

Относительное высвобождение численности рабочих за счет повышения их трудоспособности ($\mathcal{E}_ч$):

$$\mathcal{E}_ч = \frac{\text{ВУТ}^{\text{б}} - \text{ВУТ}^{\text{п}}}{\Phi_{\text{факт}}^{\text{б}}} \times Ч_i^{\text{б}} = \frac{175 - 125}{74} \cdot 8 = 5,4 , \quad (9)$$

где: $\text{ВУТ}^{\text{б}}$, $\text{ВУТ}^{\text{п}}$ – потери рабочего времени в связи с временной утратой трудоспособности на 100 рабочих за год до и после проведения мероприятия, дни; $\Phi_{\text{факт}}^{\text{б}}$ – фактический фонд рабочего времени 1 рабочего до проведения мероприятия, дни; $Ч_i^{\text{б}}$ – численность рабочих, занятых на участках, где проводится (планируется проведение) мероприятие, чел.

8.3 Экономическая эффективность мероприятий по улучшению условий и охраны труда

Таблица 25 - Смета затрат на акустическую отделку помещения

Статьи затрат	Сумма, руб.
Разработка, согласование и утверждение проектной документации	---
Строительно-монтажные работы	149850
Стоимость материала	999000
Материалы и комплектующие	---
Пуско-наладочные работы	---
Итого:	1148850
Примечание: стоимость материала посчитаны исходя из того, что 1 м2 поверхности требуется 5 кг смеси. Упаковка смеси 50 кг – 15 000 р. Стоимость монтажных работ – 15 % от стоимости материала.	

Прирост производительности труда за счет уменьшения затрат времени на выполнение операции:

$$P_{mp} = \frac{t_{ум}^6 - t_{ум}^n}{t_{ум}^6} \times 100\% \rightarrow P_{mp} = \frac{12,5 - 12,5}{12,5} \times 100\% = 0, \quad (10)$$

где: $t_{шт}^6$ и $t_{шт}^n$ — суммарные затраты времени (включая перерывы на отдых) на технологический цикл до и после внедрения мероприятий, так как длительность процесса зависит исключительно от регламентированного времени пребывания веществ в аппаратах (полный цикл – 12 часов), увеличения данного показателя не произойдет.

$$t_{ум} = t_o + t_{ом} + t_{отл}, \quad (11)$$

где: t_o – оперативное время, мин.;

$t_{отл}$ – время на отдых и личные надобности;

$t_{ом}$ – время обслуживания рабочего места.

$$t_{ум}^6 = t_o + t_{ом} + t_{отл} = 11 + 0,5 + 1 = 12,5ч.$$

$$t_{ум}^n = t_o + t_{ом} + t_{отл} = 11 + 0,5 + 1 = 12,5мин.$$

Прирост производительности труда за счет экономии численности работников в результате повышения трудоспособности:

$$P_{mp} = n \cdot \frac{\Delta_{\text{ч}} \times 100}{\text{ССЧ}^{\text{б}} - \Delta_{\text{ч}}}, \quad (12)$$

где: $\Delta_{\text{ч}}$ — сумма относительной экономии численности работающих (рабочих) по всем мероприятиям, чел.; n — количество мероприятий; $\text{ССЧ}^{\text{б}}$ — среднесписочная численность работающих (рабочих) по участку, чел.

$$P_{mp} = 1 \cdot \frac{5,4 \times 100}{8 - 5,4} = 207$$

Годовая экономия себестоимости продукции ($\Delta_{\text{с}}$) за счет предупреждения производственного травматизма и сокращения в связи с ним материальных затрат в результате внедрения мероприятий по повышению безопасности труда

$$\Delta_{\text{с}} = \text{Мз}^{\text{б}} - \text{Мз}^{\text{п}}, \quad (13)$$

где: $\text{Мз}^{\text{б}}$ и $\text{Мз}^{\text{п}}$ — материальные затраты в связи с несчастными случаями в базовом и расчетном периодах (до и после внедрения мероприятий), руб.

$$\Delta_{\text{с}} = 466200 - 324000 = 142200$$

Материальные затраты в связи с несчастными случаями на производстве определяются по формуле:

$$\text{Мз} = \text{ВУТ} \times \text{ЗПЛ}_{\text{дн}} \times \mu, \quad (14)$$

где: ВУТ — потери рабочего времени у пострадавших с утратой трудоспособности на один и более рабочий день, временная нетрудоспособность которых закончилась в отчетном периоде, дней; ЗПЛ — среднедневная заработная плата одного работающего (при 12-ти часовой рабочей смене), руб.; μ — коэффициент, учитывающий все элементы материальных затрат (выплаты по листам нетрудоспособности, возмещение ущерба, пенсии и доплаты к ним и т.п.) по отношению к заработной плате.

$$\text{Мз}^{\text{б}} = 175 \times 1776 \times 1,5 = 466200$$

$$\text{Мз}^{\text{п}} = 125 \times 1728 \times 1,5 = 324000$$

Среднедневная заработная плата определяется по формуле:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{дн}} = T_{\text{чс}} \times T \times S \times (100\% + k_{\text{доп}}), \quad (15)$$

где: $T_{\text{чс}}$ – часовая тарифная ставка, руб/час; $k_{\text{доп}}$ – коэффициент доплат, определяется путем сложения всех доплат в соответствии с Положением об оплате труда; T – продолжительность рабочей смены; S – количество рабочих смен.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{дн}}^{\text{б}} = 100 \times 12 \times 1 \times (100\% + 48\%) = 1776$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{дн}}^{\text{п}} = 100 \times 12 \times 1 \times (100\% + 44\%) = 1728$$

Годовая экономия (Э_3) за счет уменьшения затрат на льготы и компенсации за работу в неблагоприятных условиях труда в связи с сокращением численности работников (рабочих), занятых тяжелым физическим трудом, а также трудом во вредных для здоровья условиях

$$\text{Э}_3 = \Delta\text{Ч}_i \times \text{ЗПЛ}_{\text{год}}^{\text{б}} - \text{Ч}_{i1}^{\text{п}} \times \text{ЗПЛ}_{\text{год}}^{\text{п}}, \quad (16)$$

где: $\Delta\text{Ч}_i$ — изменение численности работников, условия труда которых на рабочих местах не соответствуют нормативным требованиям, чел.; $\text{ЗПЛ}_{\text{год}}^{\text{б}}$ — среднегодовая заработная плата высвободившегося работника, руб.; $\text{Ч}_{i1}^{\text{п}}$ — численность работающих на данных работах взамен высвободившихся после внедрения мероприятий, чел.; $\text{ЗПЛ}_{\text{год}}^{\text{п}}$ — среднегодовая заработная плата работника, пришедшего на данную работу взамен высвободившегося после внедрения мероприятий, руб.

$$\text{Э}_3 = 8 \times 442224 - 8 \times 430272 = 95616$$

Среднегодовая заработная плата определяется по формуле:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{год}} = \text{ЗПЛ}_{\text{дн}} \times \Phi_{\text{пл}}, \quad (17)$$

где: $\text{ЗПЛ}_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата одного работающего (рабочего), руб.; $\Phi_{\text{пл}}$ – плановый фонд рабочего времени 1 основного рабочего, дни.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{год}}^{\text{б}} = 1776 \times 249 = 442224, \quad \text{ЗПЛ}_{\text{год}}^{\text{п}} = 1728 \times 249 = 430272$$

Годовая экономия (Э_T) фонда заработной платы

$$\text{Э}_T = (\text{ФЗП}_{\text{год}}^{\text{б}} - \text{ФЗП}_{\text{год}}^{\text{п}}) \times (1 + k_{\text{д}}/100\%), \quad (18)$$

где: $\PhiЗП_{год}^б$ и $\PhiЗП_{год}^п$ — годовой фонд основной заработной платы рабочих-повременщиков до и после внедрения мероприятий, приведенный к одинаковому объему продукции (работ), руб.; k_d – коэффициент соотношения основной и дополнительной заработной платы, %.

$$\mathcal{E}_Г = (3537792 - 0) \times (1 + 10\%/100\%) = 3891571$$

$$\PhiЗП_{год} = ЗПЛ_{год} \times Ч_i, \quad (19)$$

где: $Ч_i$ – численность занятых работников, условия труда которых на рабочих местах не соответствуют нормативным требованиям до и после проведения труд охранных мероприятий соответственно, чел

$$\PhiЗП_{год}^б = 442224 \cdot 8 = 3537792, \quad \PhiЗП_{год}^п = 430272 \times 0 = 0$$

Экономия по отчислениям на социальное страхование ($\mathcal{E}_{осн}$)(руб.):

$$\mathcal{E}_{осн} = (\mathcal{E}_Г \times N_{осн}) / 100, \quad (20)$$

где: $N_{осн}$ — норматив отчислений на социальное страхование.

$$\mathcal{E}_{осн} = (3891571 \times 26,4\%) / 100 = 1027375 \text{ руб.}$$

Общий годовой экономический эффект ($\mathcal{E}_Г$) — экономия приведенных затрат от внедрения мероприятий по улучшению условий труда.

Суммарная оценка социально-экономического эффекта трудоохранных мероприятий в материальном производстве равна сумме частных эффектов:

$$\mathcal{E}_2 = \Sigma \mathcal{E}_i, \quad (21)$$

где: \mathcal{E}_2 – общий годовой экономический эффект; \mathcal{E}_i – экономическая оценка показателя i -го вида социально-экономического результата улучшения условий труда.

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_m + \mathcal{E}_{осн} \quad \mathcal{E}_2 = 95616 + 142200 + 3891571 + 1027375 = 5156762$$

Срок окупаемости единовременных затрат ($T_{ед}$)

$$T_{ед} = Z_{ед} / \mathcal{E}_Г, \quad (22)$$

$$T_{ед} = 1148850 / 5156762 = 0,2$$

Коэффициент экономической эффективности одновременных затрат
($E_{ед}$):

$$E_{ед} = 1 / T_{ед}, \quad (23)$$

$$E_{ед} = 1 / 0,2 = 5$$

Результаты расчетов социальной и экономической эффективности мероприятия представлены в графической части работы – лист 16.БР.УПиЭБ.422.56.000

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам бакалаврской работы выполнены целевые задачи, базирующиеся на анализе уровня техносферной безопасности на предприятии ООО «Тольяттикаучук» на примере отделения синтеза протонированного комплекса этилалюминийсесквихлорида, входящего в состав производства бутилкаучука, которое в соответствии с N 116-ФЗ относится к опасным производственным объектам. Выявлены основные опасные и вредные производственные факторы, действующие на аппаратчиков синтеза ПК ЭАСХ в течение рабочей смены, а именно: химический фактор (изопентан, нефрас), повышенный уровень шума, недостаточная освещённость, напряженность трудового процесса. Первоначальная оценка условий труда аппаратчиков синтеза ПК ЭАСХ: класс вредности 3.3.

Предложенные к реализации мероприятия, а именно: звукопоглощающая отделка помещения, создание дополнительного рабочего места с высоким уровнем освещенности, использование герметичных пробоотборных устройств, совершенствование системы противоаварийной автоматической защиты, позволят снизить класс вредности условий труда. Таким образом, после воплощения вышеперечисленных мероприятий класс условий труда будет оцениваться как 3.1. Экономическая эффективность мероприятий по улучшению условий труда показана на примере звукопоглощающей отделки помещения. Срок окупаемости единовременных затрат данного мероприятия: 0,2; экономическая эффективность единовременных затрат: 5.

Помимо всего вышеперечисленного в ходе работы проведен анализ безопасности и экологичности рассматриваемого объекта, степени его подготовленности к возможным ЧС. На основании данного анализа можно сделать вывод о том, что организация производства бутилкаучука ООО «Тольяттикаучук» полностью соответствует требованиям нормативно-правовой документации действующей в РФ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белов, В.В., Барбинов, А.Ф. и др. Охрана окружающей среды [Текст] : учеб. пособие О 92 для студентов вузов / Под ред. С. В. Белова - М. : Высш. шк., 1983.- 264 с. ; § 35. Акустическая обработка помещений;
2. Кукин, П.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов [Текст] / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев. -М. : Высш. шк., 2007.-335с.;
3. Conant, F.S., Svetlik, J.E., and Juve, A.E. (1958). Rubber Chemistry and Technology, 31,562;
4. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Текст]. – Введ. 1976-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2004. - 4с.;
5. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. [Текст]. – Введ. 1977-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 2007. - 4с.;
6. ПРИКАЗ от 11 марта 2013 года N 96 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "[Текст]. – Введ. 2015-11-26. – М. : Минюст РФ, 2015. - 251с.;
7. ПРИКАЗ Ростехнадзора от 25.03.2014 N 116 " Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности " [Текст]. – Введ. 2014-05-19. – М. : Минюст РФ, 2014. - 256с.;
8. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств [Текст]. – Введ. 1988-09-06. – М. : НТЦ ИППБ, 2013. - 126с.;
9. Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением [Текст]. – Введ. 2014-03-25. – М. : Минюст РФ, 2014. - 254с.;

10. Межотраслевые правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты [Текст]. – Введ. 2009-06-01. – М. : Минюст РФ, 2009. - 232с.;
11. Рекомендации по разработке планов локализации и ликвидации аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах давлением [Текст]. – Введ. 2012-12-26. – М. : Правительство РФ, 2012. – 103с.;
12. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением [Текст]. – Введ. 2003-06-19. – М. : Минюст РФ, 2003. – 256с.;
13. ПБ 09-540-03. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических и нефтеперерабатывающих производств [Текст]. – Введ. 2003-05-05. – М. : Минюст РФ, 2003. – 105с.;
14. СП 12.13130.2009. Свод правил. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Текст]. – Введ. 2009-05-01. – М. : ФГУ ВНИИПО, 2009. - 35с.;
15. СП 56.13330.2011. Свод правил. Производственные здания [Текст]. – Введ. 2010-12-30. – М. : ФГУ «ФЦС», 2010. - 22с.;
16. СП 52.13330.2011. Свод правил. Естественное и искусственное освещение [Текст]. – Введ. 2011-05-20. – М. : НИИСФ РААСН, 2011. - 75с.;
17. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [Текст]. – Введ. 1996-10-31. – М. : ИИЦ Минздрава России, 1997 г. - 21с.;
18. ГН 2.2.5.1313-03. Химические факторы производственной среды. Гигиенические нормативы [Текст]. – Введ. 2003-06-15.- М. : Минздрава России, 2003 г. – 763с.;
19. Постоянный технологический регламент производства протонированного комплекса ЭАСХ ТР-ТИБА-29-14 [Текст]. – Введ. 1999-10-15;

20. Пат. 2505410 Российская Федерация, МПК В32В27/18, В32В25/08. Система многослойной акустической штукатурки [Текст] / ЙЕНГ Ли К. (US); заявитель и патентообладатель ЮЭСДЖИ ИНТЕРИОРС, ИНК. (US); заявл. 2009-11-19; опубл. 27.01.2014, Бюл. № 3 (II ч.). – 16 с. : ил.;
21. Пат. 2529352 Российская Федерация, МПК E04B1/84. Акустическая конструкция для производственных помещений [Текст] / Кочетов О. С. (RU), Стареева М. О. (RU); заявитель и патентообладатель Кочетов Олег Савельевич (RU), Стареева Мария Олеговна (RU); заявл. 2010-08-20; опубл. 20.10.2011, Бюл. № 27 (I ч.). – 11 с. : ил.;
22. Пат. 2524730 Российская Федерация, МПК E04B1/84. Акустическая отделка производственных помещений [Текст] / Кочетов О. С. (RU), Стареева М. О. (RU), Стареева М. М. (RU); заявитель и патентообладатель Кочетов Олег Савельевич (RU), Стареева Мария Олеговна (RU), Стареева Мария Михайловна (RU); заявл. 2013-07-22; опубл. 10.08.2014, Бюл. № 22 (II ч.). – 8 с. : ил.;
23. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Текст]: федер. закон от 21 июля 1997г. N 116-ФЗ // Рос. Газета – 1997. – 30 июля;
24. О техническом регулировании [Текст]: федер. закон от 27 декабря 2002г. N 184-ФЗ // Рос. Газета – 2002. – 31 декабря;
25. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Текст]: федер. закон от 29 декабря 2015г. N 385-ФЗ // Рос. Газета – 2015. – 31 декабря;
26. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Текст]: федер. закон от 21 декабря 1994г. N 68-ФЗ // Рос. Газета – 1994. – 24 декабря;
27. <http://www.freepatent.ru>. Электронный ресурс: Патентный поиск в РФ новые патенты, заявки на патент библиотека патентов на изобретения;
28. http://www.irimex.ru/files/catrubs/files/8025/ko_oborudovanie_dlja_himich

- eski_agressivnyih_sred_.pdf. Электронный ресурс: Футерованная трубопроводная арматура Swissfluid (Швейцария);
29. <http://lamomebel.ru>. Электронный ресурс: Каталог. Лабораторная мебель Ламо;
30. <http://led-concept.ru/vzryivozashhishhennyij-svetodiodnyij-svetilnik-l-industry-ex-12.html>. Электронный ресурс: Площадка № 1 по закупкам светодиодного освещения в России;
31. <http://tp-pb.ru>. Электронная торговая площадка: Промбезопасность.
32. Misinterpretation in Nanotoxicology: A Personal Perspective Alaaldin M. Alkilany, Nouf N. Mahmoud, Fatemeh Hashemi, Mohammad J. Hajipour, Fakhrosadat Farvadi, and Morteza Mahmoudi Publication Date (Web): June 1, 2016 (Perspective);
33. Mac Rae, D.R. and Zapp, R.L. (1958). Rubber Age, 82,1024;
34. Communicating Chemistry in Informal Environments: A Framework for Chemists Mary M. Kirchhoff Publication Date (Web): May 31, 2016 (Editorial);
35. Radical Nature of C-Lignin Laura Berstis, Thomas Elder, Michael Crowley, and Gregg T. Beckham Publication Date (Web): May 17, 2016 (Research Article).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Определение категории помещения отделения синтеза ПК ЭАСХ по взрывопожарной и пожарной опасности

В качестве расчетного выбираем вариант наиболее неблагоприятного развития аварийной ситуации:

1. Происходит авария одного из аппаратов –емкость ПК ЭАСХ Е-100, $V = 25 \text{ м}^3$, основной компонент – изопентан.
2. Все содержимое аппарата поступает в помещение.
3. Площадь испарения = $F_{\text{поддона}} = 36 \text{ м}^2$.
4. Длительность испарения жидкости = 3600 с.

Избыточное давление взрыва для горючих веществ определяется по формуле:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{\text{св}} \cdot \rho_{0\text{г}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_H}, \quad (\text{A.1})$$

где: $P_{\max} = 900 \text{ кПа}$ – максимальное давление взрыва стехиометрической газозоудушной смеси в замкнутом объеме.

$P_0 = 101 \text{ кПа}$ – начальное давление;

m – масса паров ЛВЖ, вышедших в результате расчетной аварии в помещение, равняется массе жидкости, испарившейся с поверхности разлива.

$$m = W \cdot F_u \cdot T, \quad (\text{A.2})$$

где: $F_u = 36 \text{ м}^2$ – поверхность испарения;

$T = 3600 \text{ с}$ – время испарения;

W – интенсивность испарения;

$$W = 10^{-6} \cdot \gamma \sqrt{M} \cdot P_H = 10^{-6} \cdot 1 \cdot \sqrt{72,1} \cdot 72 = 0.0006 \text{ кг/с м}^2, \quad (\text{A.3})$$

где: $\gamma = 1$ – коэффициент зависящий от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения.

$P_H = 72 \text{ кПа}$ – давление насыщенных паров изопентана при расчетной температуре $60 \text{ }^\circ\text{C}$; $M = 72,1$ – молекулярная масса изопентана.

$$m = 0.0006 \cdot 36 \cdot 3600 = 79 \text{ кг}$$

$Z = 0.3$ – коэффициент участия горючего вещества во взрыве.

$V_{св}$ – свободный объем помещения:

$$V_{св} = 80\% \text{ от } V_{общ} \quad V_{общ} = H \times S = 9 \times 216 = 1944 \text{ м}^3$$

где: $H = 9 \text{ м}$ – высота помещения; $S = 216 \text{ м}^2$ – площадь помещения.

$$V_{св} = 80 \times 1944 / 100 = 1555 \text{ м}^3.$$

$\rho_{02} = 2.63$ - плотность пара изопентана при расчетной температуре.

$$\rho_{02} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0.00367 \cdot t_p)} = \frac{72,1}{22.413 \cdot (1 + 0.00367 \cdot 61)} = 2,63 \text{ кг/м}^3, \quad (\text{A.4})$$

где: $M = 72,1$ – молекулярная масса; $V_0 = 22.413 \text{ м}^3/\text{моль}$ – мольный объем;

$t_p = 61 \text{ }^\circ\text{C}$ – расчетная температура – максимально возможная температура

воздуха в данном помещении с учетом возможного повышения температуры в результате аварийной ситуации.

$C_{см}$ – стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ.

$$C_{см} = \frac{100}{1 + 4.84 \cdot \beta}, \quad (\text{A.5})$$

где: β – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания.

$$\beta = n_c + \frac{n_h - n_x}{4} - \frac{n_o}{2} \rightarrow \beta = 5 + \frac{12}{4} = 8, \quad (\text{A.6})$$

n_c ; n_h ; n_o ; n_x – число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего вещества (формула C_5H_{12});

$K_H = 3$ - коэффициент, учитывающий негерметичность помещения.

$$C_{см} = \frac{100}{1 + 4.84 \cdot 8} = 2,5\%$$

Определяем величину избыточного давления взрыва:

$$\Delta P = (900 - 101) \frac{79 \cdot 0.3}{1555 \cdot 2.63} \cdot \frac{100}{2.5 \cdot 3} = 62 \text{ кПа} > 5 \text{ кПа}$$

Температура вспышки изопентана $-51 \text{ }^\circ\text{C}$, следовательно, в соответствии с НПБ 105-03 помещению отделения синтеза ПК ЭАСХ присваивается кат. А

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Определение категории взрывоопасности блоков

Таблица Б.1 - Свойства и параметры материальных сред в технологических блоках.

№ п.п.	Наименование свойств, параметров и др.	Условные обозначения	Ед. измерения	Изопентан С5Н12	Нефрас П
1	Плотность жидкой фазы	ρ''	кг/м ³	619,7	669
2	Плотность паровой фазы	ρ'	кг/м ³	2,48	1,59
3	Молекулярная масса	m	---	72,1	98,2
4	Удельная теплота сгорания жидкой фазы	q''	кДж/кг	45220	47300
5	Удельная теплота испарения жидкой фазы	r	кДж/кг	82	297
6	Удельная теплота сгорания парогазовой фазы	q'	кДж/кг	45824	47904
7	Теплоемкость	c	кДж/кг К	1,3	2,01
8	Температура кипения	$t_{кип.}^0$	°С	30	70
9	Показатель адиабаты	κ	---	1.29	1.29
10	Атмосферное давление в блоке	P_0	МПа	0.1	0.1
11	Нормальная температура парогазовой фазы	T_0	°К	293	293
12	Время срабатывания блокирующей арматуры	τ	сек.	300	300

Составляющие энергетического потенциала.

Энергетический потенциал взрывоопасности 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:

$$E = E'_1 + E'_2 + E''_1 + E''_2 + E''_3 + E''_4, \text{кДж}, \quad (\text{Б.1})$$

где:

- E'_1 – сумма энергий адиабатического расширения и сгорания парогазовой фазы, находящейся непосредственно в аварийном блоке.
- E'_2 – энергия сгорания парогазовой фазы, поступившей от смежных объектов.
- E''_1 – энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся за счет энергии перегретой жидкой фазы рассматриваемого блока и поступившей от смежных объектов.

- E''_2 – энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся из жидкой фазы за счет тепла экзотермических реакций, не прекращающихся при разгерметизации.
- E''_3 – энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся из жидкой фазы за счет притока от внешних теплоносителей.
- E''_4 – энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся из пролитой на твердую поверхность жидкой фазы за счет теплоотдачи от окружающей среды.

Реактор Р-92/І(ІІ), сборник для приема и отстоя ПК ЭАСХ Е-100

Исходные данные для расчета:

- геометрический объем резервуара $V = 25 \text{ м}^3$;
- заполняемость – 80 %;
- геометрический объем жидкой фазы, находящейся в блоке $V'' = 20 \text{ м}^3$;
- геометрический объем ПГФ, находящейся в блоке, $V' = 5 \text{ м}^3$;
- масса жидкой фазы, находящейся в блоке: $M_{\text{ж}} = 20 \text{ м}^3 \times 619,7 \text{ кг/м}^3 = 12394 \text{ кг}$;
- регламентированное (рабочее) давление в резервуаре $P = 2,5 \text{ кгс/см}^2 = 0,25 \text{ МПа}$;
- атмосферное давление, $P_0 = 0,1 \text{ МПа}$;
- регламентированная (рабочая) температура в резервуаре, $T_1 = 293 \text{ К}$;
- абсолютная нормальная температура, $T_0 = 293 \text{ К}$;
- площадь поддона $F = 36 \text{ м}^2$.

Сумма энергий адиабатического расширения и сгорания парогазовой фазы, находящейся непосредственно в аварийном блоке.

$$E'_1 = A + G'_1 \cdot q', \text{ кДж} \quad , \quad (\text{Б.2})$$

где: A – энергия сжатой парогазовой фазы, содержащейся непосредственно в блоке и поступающей от смежных блоков, рассматриваемая как работа ее адиабатического расширения при аварийной разгерметизации блока, кДж .

$$A = \frac{1}{\kappa - 1} P \cdot V' \left[1 - \left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right], \text{кДж} \quad , \quad (\text{Б.3})$$

$$A = \frac{1}{1.29 - 1} \times 0.25 \times 5 \left[1 - \left(\frac{0.1}{0.25} \right)^{\frac{1.29 - 1}{1.29}} \right] = 2.4 \text{кДж}$$

G'_1 – масса парогазовой фазы, непосредственно имеющейся в блоке и поступившей в него при аварийной разгерметизации от смежных объектов, кг.

$$G'_1 = V'_0 \cdot \rho' \quad , \quad (\text{Б.4})$$

где: V'_0 – объем парогазовой фазы, приведенной к нормальным условиям, м^3 .

$$V_0 = \frac{P}{P_0} \times \frac{V'}{T_1} \times T_0 = \frac{0.25}{0.1} \times \frac{5}{293} \times 293 = 12,5 \text{ м}^3$$

ρ' – плотность парогазовой фазы, $\text{кг}/\text{м}^3$.

$$G'_1 = 12.5 \times 2.48 = 31 \text{кг}$$

q' – удельная теплота сгорания парогазовой фазы, $\text{кДж}/\text{кг}$.

$$E'_1 = 2.4 + 31 \times 4582 = 142044 \text{ кДж}$$

Энергия сгорания ПГФ, поступившей к разгерметизированному участку от смежных блоков, кДж: $E'_2 = 0$.

Энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся за счет энергии жидкой фазы поступившей от смежных объектов:

$$E''_1 = \sum_{i=1}^n G''_i \cdot \left[1 - \exp(-c'' \cdot \theta / r) \right] \cdot g'' \quad , \quad (\text{Б.5})$$

где: $c = 1,3 \text{ кДж}/\text{кг} \cdot \text{К}$ – теплоемкость изопентана;

$\theta = 303 - 293 = 10 \text{ К}$ – разность температур жидкой фазы при режиме ее кипения при атмосферном давлении и регламентированном режиме.

G''_i – количество жидкой фазы, поступившей от смежных блоков - количество изопентана, подаваемого по трубопроводу $d_y = 50 \text{ мм}$.

$$G''_i = \rho'' \cdot S''_i \cdot W'' \cdot \tau \quad , \quad (\text{Б.6})$$

где: W'' – скорость истечения жидкой фазы из смежных объектов, $\text{м}/\text{с}$;

$$W'' = \mu \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho''}} \quad , \quad (\text{Б.7})$$

$\mu = 0.6$ – безразмерный коэффициент, учитывающий гидродинамику потока.

$\Delta P = 0,25 \text{ МПа}$ – избыточное давление истечения жидкой фазы.

ρ'' – плотность жидкой фазы, кг/м^3 .

$$W'' = 0,6 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,25}{619,7}} = 0,02 \text{ м/с}$$

$S_1' = \pi \times R^2 = 3.14 \times 0.025^2 = 0.002 \text{ м}^2$ – площадь сечения, через которое возможно истечение жидкой фазы при аварийной разгерметизации.

$$G_1'' = 619,7 \times 0.002 \times 0.03 \times 300 = 11 \text{ кг}$$

$$E_1'' = 11 \times [1 - \exp(-1,3 \times 10 \div 82)] \times 45220 = 248710 \text{ кДж}$$

Энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся из жидкой фазы за счет тепла экзотермических реакций, не прекращающихся при разгерметизации: $E_2'' = 0$.

Энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся из жидкой фазы за счет притока от внешних теплоносителей: $E_3'' = 0$.

Энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся из пролитой на твердую поверхность жидкой фазы за счет теплоотдачи от окружающей среды:

Допустим, что при аварийной разгерметизации блока вся жидкая фаза, находящаяся в емкости, проливается.

$$E_4'' = G_4'' \cdot q', \text{ кДж} \quad (\text{Б.8})$$

С площади 50 м^2 температуре кипения 30°C испаряется 85 кг изопентана при времени срабатывания блокирующей арматуры 180 сек .

$$G_4'' = \frac{G \cdot F_n \cdot \tau}{50 \cdot 180} = \frac{85 \cdot 36 \cdot 3600}{50 \cdot 180} = 1224 \text{ кг} \quad , \quad (\text{Б.9})$$

где: G_4'' – масса жидкой фазы, которая испарится при аварийной ситуации с площади F_n .

τ' – длительность испарения жидкости (принимается не более 3600 сек).

$$E_4'' = 1224 \cdot 45824 = 56088576 \text{ кДж}$$

$$E = 142044 + 0 + 248710 + 0 + 0 + 56088576 = 56479330 \text{ кДж}$$

Общая масса горючих паров (газов), приведенная к единой удельной энергии сгорания, равна:

$$m = \frac{E}{4.6 \times 10^4} = \frac{56479330}{4.6 \times 10^4} = 1227 \text{ кг} \quad (\text{Б.10})$$

Относительный энергетический потенциал взрывоопасности блока:

$$Q = \frac{1}{16.534} \times \sqrt[3]{E} = \frac{1}{16.534} \times \sqrt[3]{56479330} = 23 \quad (\text{Б.11})$$

По значению относительного энергетического потенциала ($Q_{\text{в}}$) и приведенной массы (m) определяем категорию взрывоопасности – III [10].

Аппарат для сбора затворной жидкости Л-102

Исходные данные для расчета:

- геометрический объем резервуара $V = 1.25 \text{ м}^3$;
- заполняемость – 80 %;
- геометрический объем жидкой фазы, находящейся в блоке $V'' = 1 \text{ м}^3$;
- геометрический объем ПГФ, находящейся в блоке, $V' = 0,25 \text{ м}^3$;
- масса жидкой фазы, находящейся в блоке: $M_{\text{ж}} = 1 \text{ м}^3 \times 699 \text{ кг/м}^3 = 699 \text{ кг}$;
- регламентированное давление в резервуаре (абсолютное), $P = 0.25 \text{ МПа}$;
- атмосферное давление, $P_0 = 0,1 \text{ МПа}$;
- регламентированная абсолютная температура в резервуаре, $T_1 = 293 \text{ К}$;
- абсолютная нормальная температура, $T_0 = 293 \text{ К}$;
- площадь помещения $F = 216 \text{ м}^2$.

Сумма энергий адиабатического расширения и сгорания парогазовой фазы, находящейся непосредственно в аварийном блоке.

$$A = \frac{1}{1.29 - 1} \times 0.25 \times 0.25 \left[1 - \left(\frac{0.25}{0.1} \right)^{\frac{1.29-1}{1.29}} \right] = 0.1 \text{ кДж}$$

$$V_0 = \frac{P}{P_0} \times \frac{V'}{T_1} \times T_0 = \frac{0.25}{0.1} \times \frac{0.25}{293} \times 293 = 0.6 \text{ м}^3$$

$$G_1^I = 0.6 \times 1.59 = 0.99 \text{ кг}$$

$$E_1^I = 0.1 + 0.99 \times 47904 = 47425 \text{ кДж}$$

Энергия сгорания ПГФ, поступившей к разгерметизированному участку от смежных блоков, кДж: $E_2' = 0$.

Энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся за счет энергии жидкой фазы поступившей от смежных объектов:

$$E_1^{II} = \sum_{i=1}^n G_i^{II} \cdot [1 - \exp(-c^{II} \cdot \theta / r)] \cdot g^{II}, \text{ кДж} , \quad (\text{Б.12})$$

где: $c = 2.01 \text{ кДж/кг K}$ – теплоемкость нефраса;

$\theta = 343 - 293 = 50 \text{ K}$ – разность температур жидкой фазы при режиме ее кипения при атмосферном давлении и регламентированном режиме.

G_i^{II} – количество жидкой фазы, поступившей от смежных блоков - количество нефраса, подаваемого либо из отделения хранения по трубопроводу $dy = 32 \text{ мм}$.

$$G_i^{II} = \rho^{II} \cdot S_i^{II} \cdot W^{II} \cdot \tau, \text{ кг} , \quad (\text{Б.13})$$

где: W^I – скорость истечения жидкой фазы из смежных объектов, м/с;

$$W^{II} = \mu \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho^{II}}}, \text{ м/с} , \quad (\text{Б.14})$$

$\mu = 0.6$ – безразмерный коэффициент, учитывающий гидродинамику потока.

$\Delta P = 1 \text{ МПа}$ – избыточное давление истечения жидкой фазы.

ρ^{II} – плотность жидкой фазы, кг/м^3 .

$$W^{II} = 0,6 \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{699}} = 0,02 \text{ м/с}$$

$S_1^I = \pi \times R^2 = 3.14 \times 0.016^2 = 0.001 \text{ м}^2$ – площадь сечения, через которое возможно истечение жидкой фазы при аварийной разгерметизации.

$$G_1^{II} = 699 \times 0.001 \times 0.02 \times 300 = 4.2 \text{ кг}$$

$$E_1^{II} = 4,2 \times [1 - \exp(-2.01 \times 50 \div 297)] \times 47300 = 26488 \text{ кДж}$$

Энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся из жидкой фазы за счет тепла экзотермических реакций, не прекращающихся при разгерметизации: $E_2^{!!} = 0$.

Энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся из жидкой фазы за счет притока от внешних теплоносителей: $E_3^{!!} = 0$.

Энергия сгорания парогазовой фазы, образующейся из пролитой на твердую поверхность жидкой фазы за счет теплоотдачи от окружающей среды:

С площади 50 м^2 при $t = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ испаряется 10 кг нефраса при времени срабатывания блокирующей арматуры 180 сек. поддон под емкостью не установлен.

$$G_4^{!!} = \frac{G \cdot F_n \cdot \tau}{50 \cdot 180} = \frac{10 \cdot 216 \cdot 3600}{50 \cdot 180} = 864 \text{ кг} \quad (\text{Б.15})$$

масса жидкой фазы, находящейся в блоке: $M_{\text{ж}} = 1 \text{ м}^3 \times 699 \text{ кг/м}^3 = 699 \text{ кг}$, следовательно, принимаем $G_4^{!!} = 699 \text{ кг}$.

$$E_4^{!!} = 699 \cdot 47904 = 33484896 \text{ кДж}$$

$$E = 47425 + 0 + 26488 + 0 + 0 + 33484896 = 33558809 \text{ кДж}$$

Общая масса горючих паров (газов), приведенная к единой удельной энергии сгорания, равна:

$$m = \frac{E}{4.6 \times 10^4} = \frac{33558809}{4.6 \times 10^4} = 730 \text{ кг}$$

Относительный энергетический потенциал взрывоопасности блока:

$$Q = \frac{1}{16.534} \times \sqrt[3]{E} = \frac{1}{16.534} \times \sqrt[3]{33558809} = 19$$

По значению относительного энергетического потенциала ($Q_{\text{с}}$) и приведенной массы (m) определяем категорию взрывоопасности – III [10].

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Определение эквивалентного уровня шума в отделении синтеза ПК ЭАСХ

Исходные данные.

Уровень шума от технологического оборудования:

- Реактор Р-92: $L_1 = 70$ дБА;
- Насос Н-93 (АХ 280/42): $L_2 = 79$ дБА;
- Насос Н-101 (Х 20/53 Н): $L_3 = 82$ дБА;
- Аппарат Л-102: $L_4 = 70$ дБА;
- Насос Н-105 (ХЗ/40Е): $L_5 = 79$ дБА;
- Насос Н-111 (Х20/53): $L_6 = 82$ дБА.

Допустимый уровень звука для данного вида работ: $L_{доп} = 65$ дБА (Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа; диспетчерская работа).

В соответствии с формулой 3.2 СП 23-104-2004 суммарный уровень шума от нескольких источников не равен арифметической сумме уровней звукового давления каждого источника, а определяется логарифмической зависимостью:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{i=n} L &= 10 \lg \sum_{i=1}^{i=n} 10^{0,1 \cdot L_i} = 10 \lg (10^{0,1 \cdot L_1} + 10^{0,1 \cdot L_2} + 10^{0,1 \cdot L_3} + 10^{0,1 \cdot L_4} + \\ &10^{0,1 \cdot L_5} + 10^{0,1 \cdot L_6}) = 10 \lg (10^{0,1 \cdot 70} + 10^{0,1 \cdot 79} + 10^{0,1 \cdot 82} + 10^{0,1 \cdot 70} + 10^{0,1 \cdot 79} + \\ &10^{0,1 \cdot 82}) = 10 \lg (10000000 + 79432823 + 158489319 + 10000000 + 79432823 + \\ &158489319) = 79 \text{ дБА} \quad , \end{aligned} \quad (B.1)$$

где: n – количество источников шума; L_i – уровень звукового давления каждого источника, дБА.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Определение эффективности шумопоглощающей отделки помещения

Рассчитаем эффективность шумопоглощающей отделки помещения нанесенной только на стены отделения.

Исходные данные.

- длина отделения: 18 м;
- ширина отделения: 12 м;
- высота: 12 м.

Общая площадь ограждения:

$$F_{огр.} = F_{стен} + F_{пола} + F_{потолка} = 2 \cdot 12 \cdot 12 + 2 \cdot 18 \cdot 12 + 2 \cdot 12 \cdot 18 = 1152 \text{ м}^2$$

Площадь облицовки::

$$F_{обл.} = F_{стен} - F_{витражей} = (2 \cdot 12 \cdot 12 + 2 \cdot 18 \cdot 12) - 2(6 \cdot 1,5 \cdot 3) = 666 \text{ м}^2$$

Общий объем помещения: $V = 15 \cdot 30 \cdot 5 = 2250 \text{ м}^3$

Уровень звука до отделки помещения: 79дБ.

Величина снижения уровня звукового давления при установке звукопоглощающей облицовки определяется по формуле:

$$\Delta L = 10 \lg(V_1/V), \quad (\text{Г.1})$$

где: V_1 и V - соответственно постоянная помещения после и до проведения акустической обработки, м^2 .

V - постоянная шумного помещения, м^2 , определяемая по формуле $V = V\mu/20$ (V - объем помещения, м^3 ; $\mu = 1$ - частотный множитель [29, табл. 36]).

$$V = 2250 \cdot \frac{1}{20} = 112,5$$

Постоянная помещения V_1 определяется по формуле:

$$V_1 = (A_1 + \Delta A) / (1 - \alpha_1), \quad (\text{Г.2})$$

где: A_1 - величина звукопоглощения внутренних ограждающих поверхностей помещения, м^2 , на которых облицовка не установлена,

$$A_1 = \alpha(F_{\text{орг}} - F_{\text{обл}}),$$

где: α - средний коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей помещения площадью $F_{\text{орг}}$ до установки облицовки площадью $F_{\text{обл}}$,

$$\alpha = V / (V + F_{\text{орг}}), \quad (\text{Г.3})$$

$$\alpha = \frac{112,5}{112,5 + 1152} = 0,08$$

$$A_1 = 0,08(1152 - 666) = 38 \text{ м}^2$$

ΔA - величина добавочного звукопоглощения, вносимого облицовкой, м^2 :

$$\Delta A = \alpha_{\text{обл}} F_{\text{обл}}, \quad (\text{Г.4})$$

где: $\alpha_{\text{обл}} = 0,9$ коэффициент звукопоглощения выбранной конструкции облицовки.

$$\Delta A = 0,9 \cdot 666 = 599 \text{ м}^2$$

α_1 - средний коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей помещения, в котором установлена облицовка:

$$\alpha_1 = \frac{(A_1 + \Delta A)}{F_{\text{орг}}} = \frac{(38 + 599)}{666} = 0,96$$

$$V_1 = \frac{(481 + 633)}{(1 - 0,96)} = 27850 \text{ м}^3$$

$$\Delta L = 10 Lg \frac{27850}{112,5} = 23 \text{ дБА}$$

Вывод: при обработке поверхностей стен акустической штукатуркой уровень звука в помещении можно понизить на 23 дБ: $79 \text{ дБА} - 23 \text{ дБА} = 56 \text{ дБА}$ - допустимый уровень звука для данного вида работ.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Расчет освещенности рабочего места аппаратчика синтеза

ПК ЭАСХ

Основные исходные данные

Помещение:

- Длина 18 м;
- Ширина 12 м;
- Высота 5,4 м.

Светильник:

- Потребляемая мощность: не более 20 Вт;
- Световой поток: $\Phi_{\text{л}} = 1452$ лм;
- Коэффициент запаса $K_3 = 1,1$.

Требуемая освещенность: $E = 200$ лк.

Рабочая поверхность: 900x600x900.

Коэффициенты отражения:

- Стен – 42 (штукатурка без побелки свежая);
- Пола – 50 (серый бетон);
- Потолка – 10 (сталь необработанная).

Поверхность рабочей зоны: $S_p = 0,6 \cdot 0,9 = 0,54 \text{ м}^2$.

Расчет ведем по световому потоку.

Определяем площадь помещения: $S = a + b = 12 \cdot 18 = 216 \text{ м}^2$.

Определяем индекс помещения:

$$\varphi = \frac{S}{(h_1 - h_2)(a + b)} = \frac{216}{(5,4 - 0,9)(12 + 18)} = 1,5 \quad , \quad (\text{Д.1})$$

где: $h_1 = 5,4$ – высота до перекрытия; $h_2 = 0,9$ – высота рабочего стола.

Примечание: принцип организации рабочего места представлен на рисунке Д.1

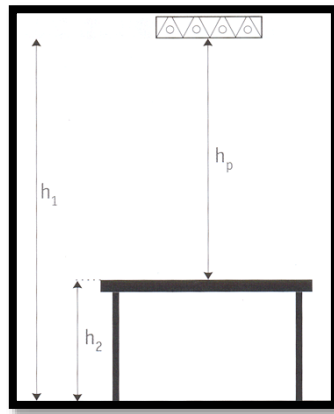


Рисунок Д.1 – Организация рабочего места

Определяем коэффициент использования, исходя из значений коэффициентов отражения и индекса помещения по таблице Д.1.

Таблица Д.1 – Значения коэффициента использования

	светильник L-industry Ex							
потолок	80	80	80	70	50	50	30	0
стены	80	50	30	50	50	30	30	0
пол	30	30	10	20	10	10	10	0
i=0,6	59	42	35	41	39	35	35	31
i=0,8	66	50	43	48	46	42	41	37
i=1	71	56	48	54	51	47	46	42
i=1,25	77	63	54	60	56	53	52	49
i=1,5	80	68	58	63	60	57	56	52
i=2	83	73	62	68	63	61	60	57

$U = 57$ – коэффициент использования.

Определяем нужное количество светильников:

$$N = \frac{E \cdot S_p \cdot 100 \cdot K_3}{U \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}}} = \frac{200 \cdot 0,54 \cdot 100 \cdot 1,1}{57 \cdot 1 \cdot 1452} = 0,2 \quad (\text{Д.2})$$

Вывод: для обеспечения требуемого уровня освещенности рабочего места достаточно одного светильника во взрывозащищенном исполнении L-industry Ex12, мощностью 20 Вт.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Определение участвующей во взрыве массы вещества и радиусов зон разрушений

Реактор Р-92/І(ІІ), сборник для приема и отстоя ПК ЭАСХ Е-100

Масса парогазовых веществ участвующих во взрыве:

$$m^{\prime} = z \cdot m = 0,3 \cdot 1227 = 368 \text{ кг} , \quad (\text{E.1})$$

где: $z = 0.3$ – доля приведенной массы парогазовых веществ, участвующих во взрыве (для паров ЛВЖ). Тротильный эквивалент взрыва парогазовой фазы:

$$w = \frac{0.4 \cdot q^{\prime}}{0.9 \cdot q_m} \cdot m^{\prime}, \text{кг} , \quad (\text{E.2})$$

$$w = \frac{0.4 \times 45824}{0.9 \times 4200} \times 368 = 1784 \text{ кг}$$

где: $q_m = 4200 \text{ КДж/кг}$ – удельная энергия взрыва тринитротолуола.

$$R_0 = \frac{\sqrt[3]{w}}{[1 + (3180/w)^2]^{1/6}}, \text{м} \quad (\text{E.3})$$

$$R_0 = \frac{\sqrt[3]{1784}}{[1 + (3180/1784)^2]^{1/6}} = 9 \text{ м}$$

Радиус зоны разрушения: $R = K \cdot R_0, \text{м} , \quad (\text{E.4})$

где: K – коэффициент для определения максимальной зоны разрушения.

Определяем зоны разрушений [10, Пр.2, табл. 2; 3, табл. 2].

Таблица Е.1 – Зоны разрушений

Степень поражения	К	ΔР, кПа	R=R ₀ ·K, м
Полное разрушение зданий	3.8	100...160	34
50%-ое разрушение зданий	5.6	70...100	50
Среднее повреждение зданий	9.6	28...70	86
Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	28	14...28	252
Нижний порог повреждения человека, малые повреждения зданий (разбита часть остекления)	56	2...14	504

Аппарат для сбора затворной жидкости Л-102

Масса парогазовых веществ участвующих во взрыве:

$$m^! = z \cdot m = 0,3 \cdot 730 = 219 \text{ кг}$$

Тротиловый эквивалент взрыва парогазовой фазы:

$$w = \frac{0.4 \times 47904}{0.9 \times 4200} \times 219 = 1110 \text{ кг} \quad , \quad (\text{E.5})$$

где $q_m = 4200 \text{ КДж/кг}$ – удельная энергия взрыва тринитротолуола.

$$R_0 = \frac{\sqrt[3]{1110}}{[1 + (3180/1110)^2]^{1/6}} = 7 \text{ м}$$

Радиус зоны разрушения:

$$R = K \cdot R_0, \text{ м} \quad , \quad (\text{E.6})$$

где: K – коэффициент для определения максимальной зоны разрушения.

Определяем зоны разрушений [10, Пр.2, табл. 2; 3, табл. 2].

Таблица Е.2 – Зоны разрушений

Степень поражения	К	ΔP , кПа	$R=R_0 \cdot K$, м
Полное разрушение зданий	3.8	100...160	26
50%-ое разрушение зданий	5.6	70...100	39
Среднее повреждение зданий	9.6	28...70	67
Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	28	14...28	196
Нижний порог повреждения человека, малые повреждения зданий (разбита часть остекления)	56	2...14	392