

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Пожарная безопасность

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Анализ пожарной защиты промышленного предприятия и разработка мер противопожарной защиты»

Студент

А. Н. Джиндарян

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А. В. Краснов

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

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

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

## Аннотация

Выпускная квалификационная работа 9 разделов, 2 рисунка, 12 таблиц, 30 источников.

Ключевые слова: пожарная безопасность; аккумуляторы; системы пожаротушения, ГОТВ; план пожара.

Тема выпускной квалификационной работы – «Анализ пожарной защиты промышленного предприятия и разработка мер противопожарной защиты».

В качестве объекта защиты выбрано предприятие АО «Фотон».

В первом разделе работы рассматривается объект защиты.

Во втором разделе работы рассматривается система обеспечения противопожарных мероприятий объекта защиты.

В третьем разделе работы проводится анализ пожарной опасности промышленного предприятия.

В четвертом разделе работы рассматриваются возможные чрезвычайные ситуации техногенного характера. В разделе также представлены сценарии возможных аварий.

В пятом разделе работы проводится разработка мер противопожарной защиты и внедрение системы АУПТ.

В шестом разделе проводится анализ пожарной опасности применяемых веществ и материалов, сделаны выводы о выделении токсичных веществ при горении аккумуляторных батарей.

В седьмом разделе «Охрана труда» рассматривается процедура обеспечения лечебным профилактическим питанием сотрудников предприятия.

В восьмом разделе рассматривается процедура оформления паспорта на отходы производства.

В девятом разделе оценивается эффективность мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

## Содержание

Введение.....	4
Перечень обозначений и сокращений.....	6
1 Характеристика объекта.....	7
2 Система обеспечения противопожарных мероприятий объекта защиты ....	10
3 Анализ пожарной опасности промышленного предприятия.....	13
4 Возможные чрезвычайные ситуации техногенного характера. Сценарии возможных аварий.....	18
5 Разработка мер противопожарной защиты и внедрение системы АУПТ ....	23
6 Анализ пожарной опасности применяемых веществ и материалов .....	36
7 Охрана труда.....	41
8 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность .....	43
9 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.....	47
Заключение .....	54
Список используемой литературы и используемых источников.....	57

## Введение

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрено предприятие АО «Фотон».

Пожары опасны и зачастую плохо предсказуемы по своей природе. За последнее время в разных дата-центрах произошло несколько разных пожаров. Эти пожары включают провайдера веб-хостинга в Лос-Анджелесе WebNX и центр обработки данных OVHcloud в Страсбурге, Франция. Хотя центры обработки данных и поставщики облачных услуг имеют хорошо продуманные системы, из-за недавних инцидентов многие люди теперь задаются вопросом, насколько надежна противопожарная защита этих конкретных центров.

Взрыв водорода произошел в помещении аккумуляторной батареи источника бесперебойного питания (ИБП). В результате взрыва в крыше образовалась дыра площадью 400 кв. футов, обрушились многочисленные стены и потолки по всему зданию, а также значительно повреждена большая часть здания площадью 50 000 кв. футов. К счастью, дата-центр в то время был свободен, и никто не пострадал.

Объект ранее был большим дата-центром с аккумуляторной комнатой и аварийными генераторами. Компания освободила здание и вывезла компьютерное оборудование; однако резервная батарея осталась позади. Вентиляция аккумуляторной, похоже, была подключена к системе мониторинга водорода. Датчик водорода сработал, когда на место прибыли аварийно-спасательные службы (после взрыва).

Точно таким же помещением обладает АО «Фотон» поэтому актуальна тема выпускной квалификационной работы.

Задачи, которые необходимо решить в выпускной квалификационной работе:

- представить характеристику объекта защиты;

- рассмотреть систему обеспечения противопожарных мероприятий объекта защиты;
- провести анализ пожарной опасности промышленного предприятия;
- исследовать возможные чрезвычайные ситуации техногенного характера и представить сценарии возможных аварий;
- разработать меры противопожарной защиты и внедрение системы АУПТ;
- проанализировать пожарную опасность применяемых веществ и материалов;
- исследовать охрана труда предприятия и разработать процедуру обеспечения лечебным профилактическим питанием сотрудников предприятия;
- исследовать охрану окружающей среды и экологическую безопасность и разработать процедуру оформления паспорта на отходы производства;
- произвести оценку эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности на предприятии.

Целью выпускной квалификационной работы является обеспечение противопожарной защиты помещений АО «Фотон».

## Перечень обозначений и сокращений

В настоящей ВКР используются следующие обозначения и сокращения:

АО – акционерное общество;

АПС – автоматическая пожарная сигнализация;

АУП (АУПТ) – автоматическая установка пожаротушения;

АУПС – автоматическая установка пожарной сигнализации;

ВУЗ – высшее учебное заведение;

ГОТВ – газовое огнетушащее вещество;

ГПН – государственный пожарный надзор;

ЛИА – литий–ионный аккумулятор;

МЧС – Министерство чрезвычайных ситуаций;

ОТ – охрана труда

ПСЧ – пожарно–спасательная часть;

ЦОД – центр обработки данных.

.

## 1 Характеристика объекта

В качестве объекта защиты выбрано здание предприятия АО «Фотон»  
Производственное Объединение АО «Фотон» является профильным предприятием по выпуску электронной техники. Дополнительно предприятие изготавливает торговое оборудование, металлоизделия и металлоконструкции, производит ремонт технологического оборудования. Испытательный центр АО «Фотон» осуществляет сертификационные испытания радиоэлектронной аппаратуры, электробытовых приборов, электрооборудования для фермерских хозяйств и так далее

На рисунке 1 представлено месторасположение АО «Фотон» – Крым респ., г. Симферополь, ул. Буденного, д. 24 к. 4 пом. 48.



Рисунок 1 – АО «Фотон»

АО «Фотон» имеет значительный опыт разработки и изготовления высококачественных телевизоров цветного изображения, основанный на

более чем сорокалетней истории успешной деятельности предприятия. Изготовлено около 14 млн телевизоров различных моделей. Ранее оно входило в ведущую тройку производителей телевизоров Советского Союза и сумело сохранить свой высокий потенциал до настоящего времени.

АО «Фотон» работает в соответствии с ТК РФ [23]

Сегодня АО «Фотон» предлагает потребителям целую гамму самых современных жидкокристаллических телевизоров, отличающихся повышенными цветотехническими характеристиками и расширенными функциональными возможностями. АО «Фотон» сотрудничает с иностранными компаниями по выпуску электронной техники.

На АО «Фотон» осуществляется производство полупроводниковых приборов более 50 типонаименований, в том числе:

- 28 типонаименований быстродействующих выпрямительных диодов;
- 3 типонаименования высоковольтных выпрямительных столбов;
- 9 типонаименований низкошумящих полевых транзисторов;
- 21 типонаименование микросхем, в том числе гибридных.

Проявляя заботу о потребителях, АО «Фотон» не только проводит рассчитанную на все слои населения оптимальную ценовую политику, но и обеспечивает качественное гарантийное обслуживание всей своей продукции в специализированных сервисных центрах.

На предприятии завершается процесс реструктуризации предприятия, что позволит увеличить выпуск современных телевизионных приемников нового поколения, увеличить перечисления в бюджет города и внебюджетные фонды, оптимизировать организационную структуру предприятия, увеличить количество рабочих мест. Все это повышает инвестиционную привлекательность предприятия.

В качестве объекта защиты выбирается центр обработки данных предприятия АО «Фотон» и аккумуляторная.

Категория помещений по СП 12.13130.2009 – В3, класс по ПУЭ – «II–Па». Температура воздуха в помещениях  $20\pm 5$  °С, относительная влажность –



до 80%, запыленность отсутствует, скорость воздушных потоков – до 1м/с, вентиляция приточно–вытяжная.

В таблице 1 представлены характеристики защищаемых помещений.

Таблица 1 – Характеристики защищаемых помещений

Наименование помещения	Функциональное назначение помещения/ находящиеся в помещении материалы и оборудование	Площадь (кв.м.)	Высота помещения (м.)			
			От пола до перекрытия	под съемным полом	Основной объем	За подвесным потолком
Центр обработки и данных	Размещение ИТ-шкафов с активным сетевым оборудованием	51,13	2860мм (от поверхности фальшпола до перекрытия)	300мм	146,24 куб.м.	Нет. (в пространстве фальшпола: 15,34 куб. м)
Аккумуляторная	Размещение Источника бесперебойного питания и аккумуляторов	37,73	6400мм	нет	241,48 куб.м	нет

Строительная конструкция здания выполнена из железобетонных, кирпичных и гипсокартонных конструкций на металлическом каркасе.

Основные пожарные нагрузки на помещения приходится на серверное оборудование, кабельную продукцию и электроприборы.

Таким образом, в данном разделе рассмотрена характеристика производственного объекта и данные по защищаемым помещениям.

## **2 Система обеспечения противопожарных мероприятий объекта защиты**

Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты включает в себя:

- систему предотвращения пожара;
- систему противопожарной защиты;
- комплекс организационно–технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности [1].

На предприятии АО «Фотон» установлены следующие системы обеспечения противопожарных мероприятий.

Автоматическая установка пожарной сигнализация (АПС).

«Автоматическая установка пожарной сигнализации предназначена для раннего обнаружения очага пожара с выдачей всей необходимой информации на Пост охраны и в Пожарную диспетчерскую службу» [2].

Система АПС запроектирована в полном соответствии с СП 485.1311500.2020, СП 3.13130.2009 [20].

«Центральное оборудование системы АПС состоит из:

- С2000М – Пульт контроля и управления;
- сигнал–10 – Прибор приемно–контрольный охранно–пожарный на 10 шлейфов (ШС)» [2].

«Тип автоматических пожарных извещателей выбран в соответствии с Приложением М, Табл. М1, СП 485.1311500.2020 (по назначению помещения) и п. 13.1 СП 485.1311500.2020 (по основному фактору горения: дым)» [2].

«В помещениях здания предусматривается установка:

- дымовых пожарных извещателей ИП212–141М;
- ручных пожарных извещателей ИПР–3СУМ» [2].

«Количество и размещение пожарных извещателей в помещении и по путям эвакуации соответствует требованиям п.13.3, 14 СП 485.1311500.2020 и

паспортным данным извещателей. Ручные пожарные извещатели крепятся на стенах близ эвакуационных выходов на высоте 1,5 м от уровня пола» [2].

Проектной документацией предусмотрено сработка системы пожарной сигнализации по логической схеме «И».

«В соответствии с требованиями Федерального закона Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123–ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» в части статьи 82 (п.2, п.8), статьи 84 (п.7), статьи 103 (п.2) [24], а также нормативными документами ГОСТ Р 53315–2009, СП 3.13130.2009, СП 485.1311500.2020, СП 6.13130.2021, шлейфы пожарной сигнализации выполняются огнестойким кабелем КПСЭнг–FRLS 1x2x0,22кв.мм (1x2x0,5мм)» [2].

Шлейфы пожарной сигнализации размещают открыто вдоль конструкции здания с учетом расположения осветительного оборудования.

Передача тревожного сообщения от системы осуществляется на пост пожарной части по имеющейся в проекте линии связи.

Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) запроектирована в соответствии с п.17 в Табл.2 СП 3.13130.2009 по 2–му типу.

«Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре состоит из:

- системы светового оповещения – Табло «ВЫХОД»;
- системы звукового оповещения – Сирены» [2].

«Система светового оповещения строится на базе световых оповещателей – Люкс–12, которые подключаются к приемно–контрольному прибору Сигнал–10» [2].

«Система звукового оповещения строится на базе звуковых оповещателей ПКИ–1 Иволга» [2].

«При возникновении пожара или иной тревожной ситуации, требующей немедленной эвакуации персонала, система СОУЭ автоматически выдает

тревожное звуковое оповещение. Также включаются световые оповещатели, табло «Выход» в режим «промигивания» [2].

«Установка оповещателей производится на стенах. Количество и размещение оповещателей соответствуют требованиям п.п. 4.4, 4.7, 4.8 СП 3.13130.2009 и паспортным данным оповещателей» [20].

В соответствии с требованиями Федерального закона Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123–ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» в части статьи 82 (п.2, п.8), статьи 84 (п.7), статьи 103 (п.2), а также нормативным документам ГОСТ Р 53315–2009, СП 3.13130.2009, СП 485.1311500.2020, СП 6.13130.2021, шлейфы системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре выполняются огнестойким кабелем КПСЭнг–FRLS 1x2x0,75кв.мм [6], [21].

Кроме того, в систему обеспечения пожарной безопасности объекта включен комплекс организационно–технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, таких как:

- месячник пожарной безопасности;
- организация обучений рабочих по пожарной безопасности;
- агитационные материалы по пожарной безопасности.

Таким образом, в данном разделе были рассмотрены систему обеспечения противопожарных мероприятий объекта защиты АО «Фотон».

### **3 Анализ пожарной опасности промышленного предприятия**

Проведем анализ пожарной опасности промышленного предприятия АО «Фотон».

Рассмотрим классификацию помещений производственных объектов по пожарной опасности.

В России классификация производственных помещений по пожарной безопасности проводится на основании положений ФЗ №123 от 22.07.2009 [2]. В нем определяются, условия, в соответствии с которыми определяется категория.

«Это делается на этапе проектирования, перед переоборудованием, переоснащением, коррекцией технологических процессов. Задача этой классификации – создание условий, которые исключают возгорания, взрывы» [2].

«Категории помещений по пожарной безопасности выделяются только для производственных и складских помещений» [2].

Категории помещений по ПБ определяется по условиям, приведенным в Техрегламенте [2], применяя формулы, изложенные в СП 12.13130.2009 [22].

«Всего категорий помещений по пожарной безопасности выделяется пять. Они обозначаются буквами от А (самая высокая опасность) до Д (самые пожаробезопасные)» [22].

«Процесс сводится к тому, что особенности помещения сравниваются вначале со свойствами помещений категории А, затем – категории Б, и так по нисходящей» [2].

«Параметры, которые определяют класс помещений по пожарной безопасности:

- количество, разновидности и расположение присутствующих веществ и материалов, их характеристики, важные для обеспечения пожарной безопасности (ПБ);

- особенности помещения – планировка, использованные стройматериалы;
- характеристики технологических процессов, приводящихся в просчитываемом помещении» [3].

«Категории складских и производственных помещений по пожарной безопасности:

- категория А. Присваивается помещениям с повышенной взрывопожароопасностью. Сюда чаще всего включают пункты промывки емкостей от ЛВЖ, складские помещения для хранения бензина, горюче-смазочных материалов (ГСМ), водорода;
- категория Б. В нее чаще всего входят взрывопожароопасные помещения, предназначенные для приготовления сенной и древесной муки, транспортировки угольной пыли; пожароопасные помещения, которым присваивается категория В, делятся на 4 подгруппы. Они обозначаются индексами от 1 до 4» [4].

«Разделение на подкатегории выполняется по уровню удельной пожарной нагрузки (q):

- В1 – q выше 2200 МДж/кв.м;
- В2 – q в пределах 1401–2200 МДж/кв.м;
- В3 – значения q в пределах 181 – 1400 МДж/кв.м;
- В4 – значения q от 1 до 180 МДж/кв.м» [4].

«Это склады торфа, угля (закрытого типа), швейные, бумажные фабрики, автогаражи, трансформаторные подстанции, библиотеки;

- умеренно пожароопасным помещениям присваивается категория Г. Сюда входят помещения обжиговых, литейных, штамповочных и прокатных цехов (горячая прокатка), кузниц, мастерских по ремонту двигателей;
- остальные помещения, характеристики которых не совпали с перечисленными выше параметрами, маркируются буквой Д» [4].

«Условлено, что они имеют пониженную пожароопасность. Сюда включают оросительные насосные, мясные, рыбные, молочные цеха, холодную прокатку» [22].

«Когда в помещении меняется технологический процесс, его класс по пожарной безопасности нужно рассчитывать заново. Если помещение серьезно перепрофилируется, так, что исчезнут его производственные или складские функции, необходимость в расчете отпадает вообще» [22].

«Расчет ведется по самой неблагоприятной ситуации, которая может произойти в конкретных условиях. Считается, что в процессах задействовано максимум самых разрушительных материалов, горение развивается максимально быстро» [3].

Формула расчета пожарной нагрузки обеспечивает основу для оценки пожарного риска, интенсивности и вероятной продолжительности пожара. В случае пожара количество выделяемой энергии напрямую связано с массой горючих материалов.

Интенсивность и продолжительность пожара зависят от этой пожарной нагрузки и скорости тепловыделения. Это связано с составом пожарной нагрузки и ее открытой поверхностью, притоком свежего воздуха [8].

Плотность пожарной нагрузки, которая напрямую связана с расчетом пожарной нагрузки, является параметром размеров, и многие численные модели используют его.

Таким образом, необходимо иметь надежные данные оценки, чтобы понять серьезность возможных случаев и для планирования мер по предотвращению и смягчению последствий.

Пожарная нагрузка объекта, промышленного объекта, технологического предприятия или здания – это тепловая энергия, которая может выделяться на квадратный метр площади пола отсека при полном сгорании содержимого единицы площади и любых горючих частей.

Это способ установить потенциальную серьезность гипотетического будущего пожара.

Тепловая мощность на единицу площади пола, часто в кДж/м<sup>2</sup>, рассчитывается на основе теплотворной способности имеющихся материалов.

Пожарная нагрузка на единицу площади определяется как плотность пожарной нагрузки.

В таблице 2 представлена пожарная характеристика объектов ЦОД и аккумуляторная.

Таблица 2 - пожарная характеристика объектов ЦОД и аккумуляторная АО «Фотон»

Наименование помещения	Функциональное назначение помещения/ находящиеся в помещении материалы и оборудование	Площадь (кв.м.)	Высота помещения (м.)			
			От пола до перекрытия	под съемным полом	Основной объем	За подвесным потолком
Центр обработки и данных	Размещение ИТ-шкафов с активным сетевым оборудованием	51,13	2860мм (от поверхности фальшпола до перекрытия)	300мм	146,24 куб.м.	Нет.  (в пространстве фальшпола: 15,34 куб.м)
Аккумуляторная	Размещение Источника бесперебойного питания и аккумуляторов	37,73	6400мм	нет	241,48 куб.м	нет

Категория помещений по СП 12.13130.2009 – В3, класс по ПУЭ – II-Па. Температура воздуха в помещениях 20±5 °С, относительная влажность – до 80%, запыленность отсутствует, скорость воздушных потоков – до 1м/с, вентиляция приточно-вытяжная.



Наружное противопожарное водоснабжение обеспечивают 2 ПГ. Один ПГ на кольцевом водопроводе диаметром 150 мм, на расстоянии 19 метров, находящийся напротив проходной завода; и один ПГ на тупиковом водопроводе диаметром 150 мм, находящийся на территории завода.

АО «Фотон» характеризуется следующими сведениями характеристики электроснабжения: 380 Вт. на вводе, трансформатор находится за территорией объекта. Рабочее напряжение 220 Вт. Центральный щит находится в подвале, вспомогательные щиты (6 штук) по 2 на этаж. Отключение электричества на территории школы проводит «Энергослужба» (дежурная смена), в здании – ответственный за пожарную безопасность.

Отопление водяное центральное.

Вентиляция на объекте естественная и искусственная приточно–вытяжная.

Таким образом, в данном разделе были рассмотрена пожарная опасность промышленного предприятия АО «Фотон». Основная пожарная опасность, которая может возникнуть – пожар от замыкания электропроводки из-за перегрузки сетей в помещении центра обработки данных и пожар в аккумуляторной, сопряженный с горением аккумуляторных батарей.

#### **4 Возможные чрезвычайные ситуации техногенного характера. Сценарии возможных аварий**

Для данного производства возможны следующие сценарии возможных аварий, представленные в таблице 3.

Таблица 3 – Сценарии возможных аварий на предприятии АО «Фотон»

Аварийная ситуация	Причина возникновения
Пожар в центре обработки данных	Высокая температура серверов; неисправность электропроводки; короткое замыкание
Пожар в аккумуляторной	Самопроизвольное возгорание аккумуляторов или смеси (нагрев, неправильный технологический процесс); неисправность электропроводки; короткое замыкание

Рассмотрим подробнее причины возможных пожаров, на основании таблицы 3.

Серверные комнаты являются неотъемлемой частью поддержания бизнес-функций; работают сотни компьютеров, телекоммуникационные операции и размещаются незаменимые хранилища данных.

Однако серверная уязвима для пожара.

Пожар в серверной комнате может стать одним из самых страшных бедствий, которые могут случиться с бизнесом. Принятие мер по защите вашей серверной комнаты от пожара не только защищает ваше компьютерное оборудование, но и помогает защитить весь ваш бизнес.

Распространенные причины пожара в серверной комнате.

Электрическая неисправность оборудования. Перегрузка штепсельных розеток является распространенной проблемой, на которую не обращают внимания. То же самое относится и к короткому замыканию электрических компонентов, таких как коммутационные или силовые инверторы.

Перегрев электроники. Системы охлаждения могут выйти из строя или в помещении не предусмотрена достаточная вентиляция, что приведет к перегреву компонентов до такой степени, что возпламенение станет неизбежным.

Проблемы с проводкой под полом. Проводка под полом может быть повреждена, если основание недостаточно прочное, что вызовет множество проблем, включая перегрев или искрение.

Пожары, которые загораются поблизости. Поскольку стены серверной комнаты часто имеют множество отверстий и каналов для прохождения кабелей в соседние комнаты и офисы, они более уязвимы для пожаров, которые загораются поблизости. Когда огонь достигает серверной комнаты, он быстро поглощает ее и становится опасным источником смертельно ядовитых газов.

Скопление грязи и жира. Охлаждающие вентиляторы и другое оборудование легко притягивают пыль, и когда она накапливается, она изолирует компоненты и вызывает перегрев. Как только происходит возгорание, пыль становится еще одним готовым источником топлива для огня.

Литий–ионный аккумулятор хранит и высвобождает электрическую энергию посредством электрохимических реакций. Когда электрическая энергия потребляется или разряжается из батареи, ионы лития перемещаются от одного электрода к другому. Электроды погружены в жидкость, называемую электролитом, которая обеспечивает движение ионов и состоит из соли лития и органических растворителей. Именно эти органические растворители являются основной пожарной опасностью в литий–ионных батареях. Кроме того, положительно заряженный электрод (катод) в батарее содержит кислород, который может выделяться, если батарея подвергается определенным нагрузкам, например, внутреннему короткому замыканию, чрезмерному нагреву и так далее. Это означает, что в литий–ионных батареях есть все элементы, необходимые для самоподдерживания огня.

При сильном тепловом воздействии литий–ионный аккумулятор может высвободить часть легковоспламеняющегося электролита вместе с различными горючими и токсичными газами, такими как водород ( $H_2$ ), метан ( $CH_4$ ), окись углерода (CO) и фтористоводородная кислота (HF). Количество и скорость выделяемого газа зависят от различных параметров, связанных с химическим составом батареи и количеством хранимой электроэнергии. Выброс этих легковоспламеняющихся газов может вызвать пожары и взрывы.

Рассмотрим подробнее данные аварийные ситуации.

Для возникновения пожара необходимы три вещи:

- нагрев, например искра. он должен быть достаточно горячим, чтобы вызвать возгорание;
- кислород, которого вокруг нас достаточно, в воздухе, которым мы дышим;
- топливо, которое может быть твердым, жидким или газообразным [9].

При наличии источника тепла, вызывающего возгорание, и наличия достаточного количества топлива и кислорода огонь продолжит гореть. Когда огонь горит, выделяется большое количество тепла. Тепло всегда течет из областей с высокой температурой в области с низкой температурой. Эта передача тепла заставляет огонь разрастаться и распространяться на другие области [6].

Пути распространения огня будут являться сгораемые конструкции помещения, технологические проемы, сухая одежда.

Большое промышленное здание, состоящее из двух этажей, полностью охваченных пожаром, создает устойчивые условия высокой температуры. Коммерческие и промышленные здания часто имеют открытые конструктивные элементы. Между этажами может быть соединение для производственного процесса или конвейерная лента. Эти особенности конструкции позволяют пожару быстро распространяться с этажа на этаж [10].

Большие открытые площадки способствуют быстрому распространению огня, который трудно контролировать. Продолжительный огонь обрушился на

элементы конструкции, что привело к их выходу из строя. И наоборот, два или более этажа в жилом здании или небольшом коммерческом здании часто можно контролировать с помощью внутренней атаки. Это связано с тем, что эти здания меньше по размеру, разделены на отсеки и имеют хорошо защищенные конструктивные элементы, что позволяет успешно провести агрессивную атаку.

Продолжительный или сильный огонь в течение 15...20 минут. Количество огня и место его горения можно использовать как индикатор обрушения. Непрерывный или сильный пожар в течение 15...20 минут является ориентиром для определения возможности обрушения. Этот временной интервал учитывает, что огонь поражает элементы конструкции из цельной древесины. Непрерывная атака огнем может нарушить структурную целостность этих элементов, создавая ситуацию обрушения. Это эмпирическое правило нельзя применить к сборке с использованием легких компонентов.

Причин обрушения здания при тушении пожара может быть множество. Критика различных коллапсов показала, что только после того, как коллапс произошел, стало понятно, что, казалось бы, несвязанные события (или индикаторы) способствовали коллапсу. Вероятность того, что только один индикатор или дефект вызовет обрушение, была, вероятно, маловероятной, но в сочетании с другими дефектами или событиями это привело к разрушительной проблеме.

«При затяжном пожаре возможно обрушение перекрытий в местах наиболее интенсивного горения» [4].

«Возможные зоны теплового облучения по всей площади горящих помещений, вблизи дверных проемов горящих помещений. В объёмах помещений возникает быстрое перемещение нагретых масс, особенно к открытым проёмам» [4].

«Возможными путями распространения пожара являются: мебель, оборудование, инвентарь, складированная продукция, выполненные из сгораемых материалов» [4].

Зона задымления – пространство, смежное с зоной горения, в которое возможно распространение продуктов горения.

Высокая температура в сочетании с сильным задымлением и недостаточной вентиляцией. Эти условия создают основу для обратной тяги. Хотя обратные проекты случаются нечасто, они могут иметь разрушительные результаты. Подобно любому взрыву, его сила может разрушать стены и быть смертельной для пожарных. Пожарным в пожарном здании будет серьезная опасность, если возникнет обратная тяга.

Действия, необходимые при обнаружении обратной тяги, заключаются в обеспечении соответствующей вентиляции над огнем. Это снизит давление и выведет дым наружу. После выполнения надлежащей вентиляции следует ожидать быстрого возгорания, поскольку свежий воздух поступает в ранее не вентилируемую зону.

Таким образом, в данном разделе были рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации техногенного характера и сценарии возможных аварий АО «Фотон».

## 5 Разработка мер противопожарной защиты и внедрение системы АУПТ

В данном разделе разработаем мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Мероприятия разработаны в соответствии с пунктом 4 ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования» и представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на предприятии АО «Фотон»

Мероприятия	Ответственный/ Исполнитель	Срок проведения
Проверка состояния пожарной охраны, ведомственных служб пожарной безопасности	Генеральный директор, Начальник пожарной охраны объекта	2022 г.
Проверка паспортизации веществ, материалов, изделий, технологических процессов, зданий и сооружений объектов в части обеспечения пожарной безопасности	Генеральный директор/ Главный инженер	2022 г.
Организация обучения работающих правилам пожарной безопасности на производстве	Генеральный директор/ Специалист ОТ и ТБ	2022 г.
Изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности	Генеральный директор/ Специалист ОТ и ТБ	2022 г.
Разработка мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей	Генеральный директор/ Специалист ОТ и ТБ	2022 г.
Организация системы пожаротушения наиболее пожароопасных помещений – ЦОД и Аккумуляторной.	Генеральный директор; Главный инженер	2022 г.

В качестве технического решения предлагается Проект автоматизированной системы газового пожаротушения помещений ЦОД и Аккумуляторной.

«В дежурном режиме работы установки ППКУ «С2000–АСПТ» осуществляет постоянный контроль шлейфов пожарной сигнализации в защищаемом помещении» [2].

«Проектом предусматривается два режима пуска установки – автоматический (запуск осуществляется от автоматических пожарных извещателей) и дистанционный (запуск осуществляется от ручного пожарного извещателя)» [2].

«Автоматический режим. При срабатывании одного пожарного извещателя ППКУ выдает звуковой сигнал в виде постоянного тона и световой сигнал «ВНИМАНИЕ» на панели прибора и находится в этом режиме до тех пор, пока не сработает другой извещатель. Если в течение 30 сек. этого не произойдет, для сброса сигнала «ВНИМАНИЕ» и перевода ППКУ в дежурный режим производится вручную с панели прибора» [2].

«При срабатывании двух пожарных извещателей, ППКУ переходит в режим «ПОЖАР» и выдает звуковой сигнал в виде сложного многочастотного тона и световой сигнал «Пожар» на панели прибора, включаются светозвуковые табло» [2].

«Газ – уходи!» и световые табло «Газ – не входи!». Начинается отсчет задержки автоматического пуска на время, необходимое для эвакуации людей, остановки вентиляционного оборудования, закрытия воздушных заслонок, противопожарных клапанов (не менее 30 с). Время задержки задается при программировании ППКУ.

«По окончании отсчета задержки ППКУ формирует импульс на включение электромагнитного привода запорно–пускового устройства модуля установки. Огнетушащее вещество по трубопроводу установки поступает к выпускным насадкам, через которые выходит в защищаемые объемы помещения» [2].

В случае получения подтверждения о пуске огнетушащего вещества с реле давления, к ППКУ, передается сигнал «Газ подан».



«При открывании двери в защищаемое помещение ППКУ выдает сигнал на отключение автоматического пуска огнетушащего вещества в защищаемое помещение с индикацией отключенного состояния над входом (включается табло «Автоматика отключена»). Включение автоматики производится устройством восстановления автоматического пуска (считыватель Touch Memory), установленного у входа. Устройство восстановления автоматического пуска (считыватель Touch Memory) должно быть защищено от несанкционированного доступа» [2].

«Дистанционный режим. В случае отключения автоматического пуска (при нахождении в помещении людей) проектом предусмотрена возможность дистанционного включения установки от ручного пожарного извещателя. Для выполнения дистанционного пуска необходимо эвакуировать всех людей из помещения, плотно прикрыть двери, сорвать пломбу с защитной крышки извещателя и привести устройство дистанционного пуска в действие нажатием на кнопку. В этом случае установка сразу же перейдет в режим «ПОЖАР» и начнет отработываться алгоритм запуска установки, описанный выше. Дистанционный пуск возможен только при закрытой двери» [2].

«В установке применяются модули газового пожаротушения KFP–1230 производства «Kidde Fire» (рабочее давление 25 бар). Активация модулей осуществляется посредством электрического импульса (24В; 0,25 А). Модуль при помощи рукава высокого давления соединяется с трубопроводом и насадками. Насадки используются для равномерного распыления газового огнетушащего вещества в защищаемых объемах помещения. Для выдачи сигналов о подаче газового огнетушащего вещества при срабатывании установки используется реле давления (сигнализатор давления)» [2].

В таблицах 5 и 6 представлены расчеты масс газовых огнетушащих веществ для установок.

Таблица 5 – Аккумуляторная. Расчет массы ГОТВ

Параметр	Обозначение	Значение	Единица измерения	Примечание
Объем помещения	$V_p$	241.48	м куб	-
Коэффициент, учитывающий утечки ГОТВ из сосудов	$K_1$	1.05	-	-
Масса ГОТВ, предназначенная для создания огнет. конц.	$M_p$	148.7012216	кг	-
Масса ГОТВ, для созд. огнет. конц.с учетом коэффициента $K_4$	$M_p$	148.7012216	кг	-
Коэффициент	$K_4$	1	-	Значение коэффициента $K_4$ составляет: 1,3 - для гашения бумаги, гофрированного картона, картона, текстиля и тому подобных, в кипах, рулонах или папках; 2.25 - для помещений из того же материала, в которые исключен доступ пожарных после окончания работ АУГП;
Кол-во газа, заправляемого в один модуль	-	91	кг	0
Плотность ГОТВ с учетом высоты от уровня моря	$\rho_1$	13.83611111	кг·м (-3)	-
Плотность паров ГОТВ		13.6	кг·м (-3)	Для Novac
Температура в защищаемом пом.	$T_o$	293	К	-
Температура минимальная в защищаемом пом.	$T_m$	288	К	-
Поправочный коэфф., учит. Высоту расположения объекта	$K_3$	1	-	По таблице 11 прил. 5 НПБ 88–2001 (для Москвы=1)

Продолжение таблицы 5

Параметр	Обозначение	Значение	Единица измерения	Примечание
Коэффициент, учитывающий потери ГОВВ через проемы	K2	0.015162454	-	Считаем помещение полностью герметичным
Нормативная объемная концентрация	Cн	4.2	%	-
Остаток ГОВВ в трубопроводах	Мтр	0.7	кг	-
Остаток ГОВВ в модуле	Мб	1.2	кг	-
Количество модулей фактическое	-	2	штук	-
Масса ГОВВ, предназначенная для создания огнет. конц.	Мр	149	кг	-
Расчетная масса ГОВВ	Мг	160	кг	-

Таблица 6 – Центр обработки данных. Расчет массы ГОВВ

Параметр	Обозначение	Значение	Единица измерения	Примечание
Объем помещения	Vp	161.57	м куб	-
Коэффициент, учитывающий утечки ГОВВ из сосудов	K1	1.05	-	-
Масса ГОВВ, предназначенная для создания огнет. конц.	Мр	99.49335915	кг	-
Масса ГОВВ, для созд. огнет. конц.с учетом коэффициента K4	Мр	99.49335915	кг	-
Коэффициент	K4	1	-	Значение коэффициента K4 составляет: 1,3 - для гашения бумаги, гофрированного картона, картона, текстиля и тому подобных, в кипах, рулонах или папках; 2.25 - для

Продолжение таблицы 6

Параметр	Обозначение	Значение	Единица измерения	Примечание
-	-	-	-	помещений из того же материала, в которые исключен доступ пожарных после окончания работ АУГП;
Кол-во газа, заправляемого в один модуль	-	91	кг	0
Плотность ГОТВ с учетом высоты от уровня моря	$\rho_1$	13.83611111	кг·м (-3)	-
Плотность паров ГОТВ		13.6	кг·м (-3)	Для Novoc
Температура защищаемом пом.	$T_0$	293	К	-
Температура минимальная защищаемом пом.	$T_m$	288	К	-
Поправочный коэфф., учит. Высоту расположения объекта	$K_3$	1	-	По таблице 11 прил. 5 НПБ 88-2001 (для Москвы=1)
Коэффициент, учитывающий потери ГОТВ через проемы	$K_2$	0.015162454	-	Считаем помещение полностью герметичным
Нормативная объемная концентрация	$C_n$	4.2	%	-
Остаток ГОТВ в трубопроводах	$M_{тр}$	0.7	кг	-
Остаток ГОТВ в модуле	$M_б$	1.2	кг	-
Количество модулей фактическое	-	1	штук	-
Масса ГОТВ, предназначенная для создания огнет. конц.	$M_p$	100	кг	-
Расчетная масса ГОТВ	$M_r$	107	кг	-

«Тип установки – модульный. Модули газового пожаротушения устанавливаются внутри защищаемых помещений. Устройства ручного пуска на модулях исключены (согласно п.п. 8.13.2 СП 485.1311500.2020)» [19].

В качестве газового огнетушащего вещества (далее «ГОТВ») в установке применен «3MTMNoves™ 1230».

«Согласно п.п. 8.6.3 СП 485.1311500.2020 проектом предусмотрен 100% запас ГОТВ в модуле. Модуль с запасом должен храниться на складе объекта или организации, осуществляющей сервисное обслуживание установки» [19].

Способ тушения – объемный.

Модули основного запаса размещаются внутри защищаемых помещений.

«Модуль с резервным запасом в соответствии с СП 485.1311500.2020 хранится на складе объекта или организации, осуществляющей сервисное обслуживание установок пожаротушения» [19].

Разводка трубопроводов выполняется по стенам и потолку открыто.

Соединения трубопроводов – сварные.

«Монтаж и эксплуатацию установки рекомендуется производить в соответствии с указаниями ВСН 25–09.6785 «Правила производства и приемки работ. Автоматические установки пожаротушения», а также требованиями, заложенными в техническую документацию заводами изготовителями оборудования» [2].

«В качестве станции управления установкой в проекте применены приборы приемно–контрольные и управления (ППКУ) «С2000–АСПТ» исп. 3 фирмы НВП «Болид» (Россия), которые обеспечивают выполнение следующих основных функций:

- прием сигналов «Пожар» и «Неисправность» по двум шлейфам от дымовых оптико–электронных пожарных извещателей, а также от извещателя пожарного ручного;
- прием информации от датчика положения дверей, устройства восстановления автоматического пуска (считыватель Touch Memory);

- контроль состояния шлейфов, внешних цепей и устройств и отображение принятой информации;
- формирование выходного сигнала на пусковую цепь модуля установка газового пожаротушения;
- включение световых и светозвуковых оповещателей «Газ – уходи!», «Газ – не входи!», «Автоматика отключена»;
- выдачу команды на отключение вентиляции и технологического оборудования;
- контроль встроенных основного и резервного источников питания;
- выдачу сигнала «Пожар» в систему пожарной сигнализации» [2].

Для обнаружения возгорания проектом предусматривается установка извещателей пожарных дымовых оптико–электронных (ИП 212–58).

«Для дистанционного запуска установки при визуальном обнаружении возгораний предусмотрен извещатель пожарный ручной (МСРЗА). Отключение режима автоматического пуска установки выполняется по сигналу от сигнализатора магнитно–контактного при открывании двери в защищаемое помещение» [2].

«Для восстановления автоматического пуска установки предусмотрен считыватель Touch Memory, установленный у входа в защищаемое помещение» [2].

Проектом предусмотрена также установка световых и светозвуковых табло «Газ – уходи!», «Газ – не входи!», «Автоматика отключена».

«Задержка времени выпуска газа из установки, с момента срабатывания датчиков или включения дистанционного пуска газа составляет не менее 30–ти секунд» [2].

«Сигналы о работе установок от ППКУ С2000–АСПТ(№1–4) поступают на пульт контроля и управления С2000–М, расположенный в помещении поста охраны, а также посредством сухих контактов осуществляется выдача сигнала «Пожар» в систему общей пожарной сигнализации» [2].

«Для отключения вентиляции, технологического оборудования защищаемых помещений, а также для управления инженерными системами при пожаре используются выходные реле сигнально–пусковых блоков С2000–СП1, обеспечивающие выдачу сигналов типа «сухой контакт» (от каждого из двух направлений) «Внимание», «Пожар», «Неисправность», «Газ подан» в существующую систему пожарной сигнализации» [2].

Для обеспечения работы установки в электротехнической части проекта, предусмотрена установка следующего оборудования [15].

В помещении «ЦОД»:

- прибор приемно–контрольный и управления «С2000–АСПТ№1»;
- блок релейный «С2000–СП1»;
- извещатели пожарные дымовые ИП212–58;
- свето–звуковой оповещатель «Газ – Уходи!».

У входа в защищаемое помещение:

- световое табло «Газ – Не входи!»;
- световое табло «Автоматика отключена»;
- извещатель пожарный ручной;
- считыватель Touch Memory.

На двери защищаемого помещения: извещатель магнитоконтактный ИО–102–20/Б2П.

В помещении «Аккумуляторная»:

- прибор приемно–контрольный и управления «С2000–АСПТ№1»;
- блок релейный «С2000–СП1»;
- извещатели пожарные дымовые ИП212–58;
- свето–звуковые оповещатели «Газ – Уходи!».

У входа в защищаемое помещение:

- световые табло «Газ – Не входи!»;
- световые табло «Автоматика отключена»;
- извещатели пожарные ручные;

- считыватели Touch Memory.

На двери защищаемого помещения: извещатели магнитоконтактные ИО–102–20/Б2П.

В помещении поста охраны:

- прибор контроля и управления «С2000–М»;
- резервированный источник питания РИП12RS.

«Шлейфы и соединительные линии установки выполнены кабелем КПКЭВнг–FRLS 1x2x0,75. Заземление трубопровода установки проводом ПуВВ 1x10,0. Разводку кабельной сети выполнить в гофрированной трубе» [2].

«Системы активного пожаротушения OneU предназначены для противопожарной защиты герметичных 19–дюймовых шкафов с электронным или электротехническим оборудованием, совмещают в себе функции извещения о возгорании, тушения пожаров в объеме шкафов (величиной до 3 м<sup>3</sup>), а также приема и подачи сигналов на внешние устройства (Панели приемно–контрольные и управления, пожарные; оповещали тому подобное)» [2].

«Чувствительная аспирационная система постоянно анализирует воздух внутри шкафа на предмет наличия частиц дыма, и возгорание обнаруживается на ранней стадии» [2].

Система OneU реагирует двухпорогово:

Стадия 1: «Пожар–1» («Внимание»): состояние тревоги, при котором происходит одновременное отключение защищаемого оборудования для исключения дальнейшего развития возгорания [18].

Стадия 2: «Пожар–2» («Пожаротушение»): состояние пожаротушения, при котором обеспечивается выпуск ОТВ 3М NOBEC 1230 и его распределение в газовой фазе равномерно по всему объему шкафа [18].

«Рекомендуется монтаж компонентов системы OneU в верхней трети стойки шкафа. Должно обеспечиваться беспрепятственное распространение ОТВ при его выпуске из насадка, также как и беспрепятственное всасывание воздуха из каждого отверстия воздуховода без исключения» [2].



Так же необходимо провести всесторонний комплекс мер по обеспечению безопасности серверных комнат [13].

Необходимо поддерживать подходящие уровни температуры и влажности: температура в серверной комнате должна быть снижена до 20...25°C при уровне относительной влажности 40...60%. Эти факторы могут снизить вероятность электростатического разряда (статического электричества), конденсата и проникновения воды.

Обеспечить надлежащую вентиляцию: ИТ-оборудование в серверных стойках должно быть установлено для оптимизации охлаждения стойки и предотвращения образования «горячих точек». Стойки для серверов должны располагаться в ряды с легким доступом спереди и сзади, а также с двух торцевых сторон. Если все это сделано для оптимизации пространства на полу и стойке и обеспечения надлежащего охлаждения, это снизит риск возгорания и облегчит его тушение, если оно начнется [12].

Поддерживать чистоту и порядок: регулярная уборка ИТ-комнаты важна для удаления пыли и мусора и предотвращения их накопления. Любое такое накопление может привести к перегреву и потенциальному статическому разряду, а также стать потенциальным топливом для любого пожара. Также важно поддерживать чистоту окружающей среды, используя структурированные кабельные сборки и защитную оболочку. Потенциальные источники топлива, включая макулатуру или измельченную бумагу, а также другие потенциально легковоспламеняющиеся предметы, не должны находиться в пределах зоны [14].

Регулярные проверки и техническое обслуживание оборудования: любые поврежденные шнуры питания или оборудование должны быть немедленно заменены. Мониторинг температуры и плановое техническое обслуживание могут выявить потенциальные отказы системы или компонентов, поскольку неисправное оборудование имеет тенденцию становиться менее энергоэффективным и нагреваться по мере приближения к выходу из строя компонентов и окончанию срока службы. Источники питания

и батареи являются хорошими примерами этого, которые можно обнаружить и идентифицировать во время регулярного профилактического обслуживания критически важных систем (питание, охлаждение и ИТ).

Рисками возгорания литиевых батарей можно эффективно управлять. Надлежащее планирование, оценка рисков, методы хранения и протоколы реагирования могут иметь большое значение для управления рисками возгорания литиевых батарей. При разработке стратегий управления рисками возгорания аккумуляторных батарей необходимо учитывать следующие области.

При обращении с батареями существует неотъемлемая опасность. В большинстве случаев механическое повреждение, вероятно, будет считаться самым высоким фактором риска возникновения теплового разгона (пожара или взрыва). Неправильное обращение может привести к поломке или проколу, что может привести к выбросу электролита или короткому замыканию. Эти действия могут привести к тепловому разгону и последующему пожару или взрыву [16].

Как минимум, эффективной стратегией хранения литиевых батарей является разработка систем сдерживания и тушения пожара, которые справятся с возгоранием батареи. Подобные системы будут сдерживать пожар и способствовать тушению посредством охлаждения, изоляции и локализации или SCIC. Основным соображением в этом подходе является то, что батареи размещаются в средах с системами пожаротушения, которые тушат за счет охлаждения. Подавление ионно–литиевой (вторичной) батареи лучше всего достигается путем охлаждения горящего материала; литиевые первичные компоненты требуют отдельных и уникальных методологий подавления.

Еще одно соображение заключается в том, что литиевые батареи следует изолировать от других химических элементов батарей и товаров (хранение, транспортировка и так далее). Они должны храниться (перевозиться) в среде, которая будет эффективно сдерживать пожары и токсичные побочные продукты горения. Это необходимо для здоровья, безопасности и сохранности

имущества. Особое внимание следует уделить изоляции батарей от общих объектов путем разработки внешнего хранилища или «спутникового» хранилища. Аккумуляторные фермы позволят хранить батареи за пределами площадки со своевременной доставкой батарей в организацию, когда это необходимо.

Поскольку литиевые батареи представляют собой серьезную проблему для организаций, которые ими владеют, рекомендуется включать обучение в любую стратегию управления рисками. Как уже упоминалось, батареи являются частью почти каждой функции бизнеса и личной жизни; они окружают почти всех во все времена. В результате организации и отдельные лица должны быть осведомлены об уникальных опасностях, которые несут с собой эти батареи. Компании, владеющие литиевыми батареями в больших объемах, должны работать с экспертами для разработки обучения, направленного на смягчение последствий возгорания и обеспечение дополнительных уровней безопасности. Обучение может касаться таких вопросов, как информирование об аккумуляторе, или может включать более подробное ситуационное обучение, такое как поведение при возгорании аккумулятора, процедуры реагирования в чрезвычайных ситуациях и использование огнетушителя (основное внимание уделяется ионно–литиевым аккумуляторам) [17].

Таким образом, в данном разделе были рассмотрены возможные сценарии техногенных аварий, с наибольшей вероятностью заключающейся в пожаре – либо в помещении аккумуляторов, либо в центре обработки данных. В разделе был разработан проект оснащения помещений АО «Фотон» газовыми огнетушащими установками.

## **6 Анализ пожарной опасности применяемых веществ и материалов**

Рассмотрим варианты пожарной опасности применяемых веществ и материалов при производстве АО «Фотон». АО «Фотон» производит в том числе и полупроводники, которые в свою очередь обладают рядом опасностей при производстве.

Операции по производству полупроводников и исследованиям и разработкам представляют собой множество потенциальных угроз для промышленной гигиены и безопасности. Опасности существуют как при производстве кремниевых устройств, так и при производстве устройств на основе арсенида галлия (fab), а также в лабораториях.

Некоторые опасности, связанные с производством полупроводников, включают:

- кислоты, такие как уксусная, хромовая, соляная, плавиковая, азотная, фосфорная и серная;
- щелочи, такие как гидроксид аммония, перекись водорода и гидроксид натрия;
- криогены, такие как аргон, углекислый газ, кислород и азот
- цианиды;
- электрика и техника;
- коррозионные, взрывоопасные, легковоспламеняющиеся, пиррофорные и или токсичные газы, такие как арсин, трифторид бора, диборан, хлористый водород, фосфин и силан;
- ионизирующее и неионизирующее излучение, такое как инфракрасное (ИК), лазерное, радиочастотное (РЧ) и рентгеновское излучение;
- металлы и их соли, такие как алюминий, сурьма, мышьяк, бор, хром, галлий, золото, магний, ртуть, никель, серебро и фосфор;
- наночастицы;
- неприятная пыль;

- фоторезисты – позитивные и негативные;
- диоксид кремния (кристаллический) и кремний, такой как поликристаллический кремний, диоксид кремния и нитрид кремния;
- растворители, такие как ацетон, этанол, смесь гликолевых эфиров, изопропиловый спирт, метанол, метиленхлорид, метилэтилкетон, н–бутилацетат, 1,1,1–трихлорэтан и ксилол.

Приведенный выше список не является исчерпывающим, но иллюстрирует широкий спектр опасностей, которые могут существовать при производстве полупроводников и исследованиях и разработках.

Безопасность газа представляет особые проблемы в полупроводниковой промышленности из–за токсичности, воспламеняемости или взрывоопасности газа. Отверстия для ограничения потока являются отраслевым стандартом для многих из этих специальных газов. Баллоны со специальным газом обычно размещают в газовых шкафах в газовых камерах или на открытом воздухе и подают по трубам на фабрики или лаборатории; Специальные газовые баллоны для лабораторных весов необходимо размещать в вентилируемых корпусах или газовых шкафах. Перемещение баллонов со специальным газом должно сопровождаться периодической проверкой герметичности, чтобы убедиться в отсутствии утечек во время доставки и транспортировки баллона. Работников необходимо обучить опасностям материалов, с которыми они работают, а также элементам программы газовой безопасности.

Пожары в центрах обработки данных случаются редко, но они также являются хорошим примером того, насколько важно планирование аварийного восстановления. В большинстве случаев пожары в центрах обработки данных быстро локализируются в источнике, что позволяет изолировать оборудование и локализовать ущерб на небольшой площади. Но их воздействие может быть катастрофическим, если их быстро не сдержать [27].

Существует множество типов батарей, в которых используются различные химические компоненты, и все они по–разному реагируют на

огонь. Одним из наиболее часто встречающихся типов аккумуляторов является литий–ионный аккумулятор.

Литий–ионный аккумулятор (ЛИА) – важная технология для настоящего и будущего в области хранения энергии, транспорта и бытовой электроники. Однако многие типы ЛИА склонны к воспламенению или выделению газов. Хотя статистически редко, пожары ЛИА представляют опасность, которая значительно отличается от других опасностей пожара с точки зрения пути возникновения, скорости распространения, продолжительности, токсичности и подавления. Впервые в этом документе собраны и проанализированы проблемы безопасности, с которыми сталкиваются отрасли ЛИА в разных секторах, и сравнены их с результатами исследований, обнаруженными во всех обзорных документах в этой области. Сравнение выявляет пробелы в знаниях и возможности в будущем.

Если литий–ионный аккумулятор становится слишком горячим, в какой–то момент он испытывает «тепловой разгон», означающий, например, что электролит в аккумуляторе испаряется, в результате чего в конечном итоге элемент больше не может содержать давление.

Литий–ионные аккумуляторы, используемые в автомобилях или электронных устройствах, могут загореться, если они были неправильно изготовлены или повреждены, или если программное обеспечение, управляющее аккумулятором, разработано неправильно.

Основным недостатком литий–ионных аккумуляторов в электромобилях является использование органических жидких электролитов, которые летучи и легко воспламеняются при работе при высоких температурах. Внешняя сила, такая как авария, также может привести к утечке химикатов.

Промышленность и исследователи сходятся во мнении о важности понимания теплового разгона на уровне компонентов и ячеек, и о важности разработки профилактических технологий. Но гораздо меньше внимания исследователей уделялось безопасности на уровне модулей и пакетов или

другим уровням противопожарной защиты, таким как разделение на отсеки, обнаружение или подавление [26].

Хотя пожары ЛИА встречаются редко, они вызывают озабоченность, потому что ЛИА широко распространены в современном обществе, а также потому, что пожары ЛИА представляют опасность, которая значительно отличается от других опасностей пожара с точки зрения возникновения, распространения, продолжительности, токсичности и исчезновения. Это даже привело к новой концепции напряженной энергии в отношении постоянного и прерывистого горения, наблюдаемого во многих пожарах электромобилей.

Основной проблемой безопасности ЛИА в различных отраслях промышленности, от бытовой электроники до стационарных накопителей энергии, является возможность инициирования теплового разгона в одной из ячеек. Тепловой разгон воспринимается как наиболее критичный с точки зрения безопасности режим отказа батареи. 13 Сопутствующие эффекты включают перегрев элемента, избыточное давление, выбросы газа и твердых частиц, искры, пламя и даже взрыв [28].

Все три типа литий–ионных аккумуляторов, производимых АО «Фотон» – цилиндрические, призматические и пакетного типа – принципиально одинаковы по функциональности, но у каждого есть свои плюсы и минусы.

Цилиндрические и призматические батареи имеют корпус из твердых материалов. В пакетах используется герметичная гибкая фольга, и они защищены тонкими металлическими пакетами.

Технология, используемая в цилиндрических батареях, устарела и дает стабильные результаты. Эти клетки могут выдерживать высокое внутреннее давление, не деформируясь. Они также дешевле, что делает их идеальными для массового производства. Но они тяжелее, и их форма препятствует такой плотной упаковке элементов, как в других формах батарей.

Призматические батареи считаются более безопасными и легкими, чем цилиндрические элементы, и, поскольку они имеют прямоугольную форму, могут быть более плотно упакованы. Они оптимизируют пространство лучше,

чем цилиндрические ячейки, но, как правило, дороже и имеют более короткий жизненный цикл. Они также могут вздуться.

По сравнению с цилиндрическими и призматическими элементами аккумуляторные элементы пакетного типа позволяют изготавливать более легкие и тонкие элементы, а также обеспечивают гибкость конструкции для различной емкости и требований к пространству для различных моделей автомобилей. Однако они подвержены вздутию и более уязвимы при авариях, что создает повышенный риск возгорания.

В результате пожара ЛИА ожидаются большие выбросы токсичных газов, и потребуются локализация или вентиляция [29].

Установлено, что ЛИА с более высоким уровнем заряда имеют большую пожароопасность с точки зрения их поведения при горении, нормированной скорости тепловыделения и пожарного излучения, а также концентрации токсичных газов. В частности, термические опасности оцениваются путем объединения эффектов конвективного и лучистого тепла. Основными токсичными газами, обнаруженными в ходе онлайн-анализа, являются CO, HF, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO и HCl. Кроме того, для количественной оценки общей токсичности газа используются модели фракционной эффективной дозы и фракционной эффективной концентрации. Результаты показывают, что воздействие раздражающих газов гораздо более значимо, чем удушающих газов. HF и SO<sub>2</sub> обладают гораздо большей токсичностью, чем другие горючие газы. Максимальное значение фракционной эффективной концентрации приближается к критическому порогу в таких сценариях пожара [30].

Таким образом, в данном разделе была рассмотрена пожарная опасность применяемых веществ и материалов АО «Фотон».



## 7 Охрана труда

Рассмотрим охрану труда в организации АО «Фотон».

«Применение на промышленных предприятиях усовершенствованных технологий, автоматизации труда позволило улучшить условия труда, однако не сократило времени контакта с вредными веществами. Необходимо учитывать, что даже относительно невысокие концентрации вредных веществ (ниже экспериментально установленного порога хронического действия) могут вызывать определенные отклонения в состоянии здоровья работающих, что при длительном стаже работы может привести к развитию профессиональной патологии. Кроме химического и радиоактивного факторов дополнительно на работающих может влиять целый спектр физических факторов (шум, вибрация, электромагнитные и ионизирующее излучения и др.)» [11].

«Лечебно–профилактическое питание (далее – ЛПП) – это рациональное питание, построенное с учетом метаболизма чужеродных соединений в организме и роли отдельных компонентов пищи, оказывающих защитный эффект при воздействии химических соединений или вредного влияния физических факторов производства» [11].

«Выделяют следующие виды лечебно–профилактического питания: рационы № 1–8 (горячие завтраки и обеды), молоко, витамины (входят в состав рационов № 9–11), пектины и пектинсодержащие продукты или равноценные им продукты» [11].

«Лечебно–профилактическое питание работникам выдается согласно Приказа Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 февраля 2009 г. № 46н «Об утверждении Перечня производств, профессий и должностей, работа в которых дает право на бесплатное получение лечебно–профилактического питания в связи с особо вредными условиями труда, рационов лечебно–профилактического питания, норм бесплатной выдачи

витаминовых препаратов и Правил бесплатной выдачи лечебно-профилактического питания» (с изменениями и дополнениями)» [11].

В таблице 7 приведена регламентированная процедура обеспечения лечебно-профилактическим питанием работников АО «Фотон».

Таблица 7 – Регламентированная процедура обеспечения лечебно-профилактическим питанием работников АО «Фотон»

Действие (процесс)	Ответственный за процесс	Исполнитель процесса	Документы на входе	Документы на выходе
Определения перечня работников предприятия в соответствии с перечнем профессий	АО «Фотон».	АО «Фотон».	Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 февраля 2009 г. № 46н	Список сотрудников, утвержденный директором АО «Фотон».
Выдача лечебно-профилактического питания	АО «Фотон».	АО «Фотон».	Список сотрудников, утвержденный директором АО «Фотон».	Отметка в журнале выдачи лечебно-профилактического питания

Питание выдается в соответствии с утвержденными рационами (Приложение № 2 к Приказу Минздравсоцразвития от 16.02.2009 № 46н).

Таким образом, в данном разделе были рассмотрены процедуру обеспечения лечебно-профилактическим питанием работников АО «Фотон» АО «Фотон».

## 8 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

В соответствии с требованиями стандарта 9001–2015 система качества организации должна быть документирована.

«Согласно п.8.1 МС ИСО 9001–2015 в организации планируются и применяются процессы мониторинга, измерения, анализа и улучшения, необходимые для:

- демонстрации соответствия требованиям к продукции;
- обеспечения соответствия системы менеджмента качества;
- постоянного повышения результативности системы менеджмента качества» [6].

«В соответствии с ИСО 9001–2015 АО «Фотон» включает следующие обязательные документированные процедуры: управление документацией, управление записями, управление несоответствующей продукцией, внутренние аудиты, предупреждающие действия, корректирующие действия» [6].

В качестве документированной процедуры согласно ИСО 14001–2016 разработаем паспорт на отходы, объём которых преобладает в производственной деятельности АО «Фотон».

«Данная процедура включает в себя такие процессы как анализ производственной деятельности и подсчёт объема отходов, создание проекта паспорта отходов, согласование проекта паспорта отходов, введение в работу паспорта отходов» [6].

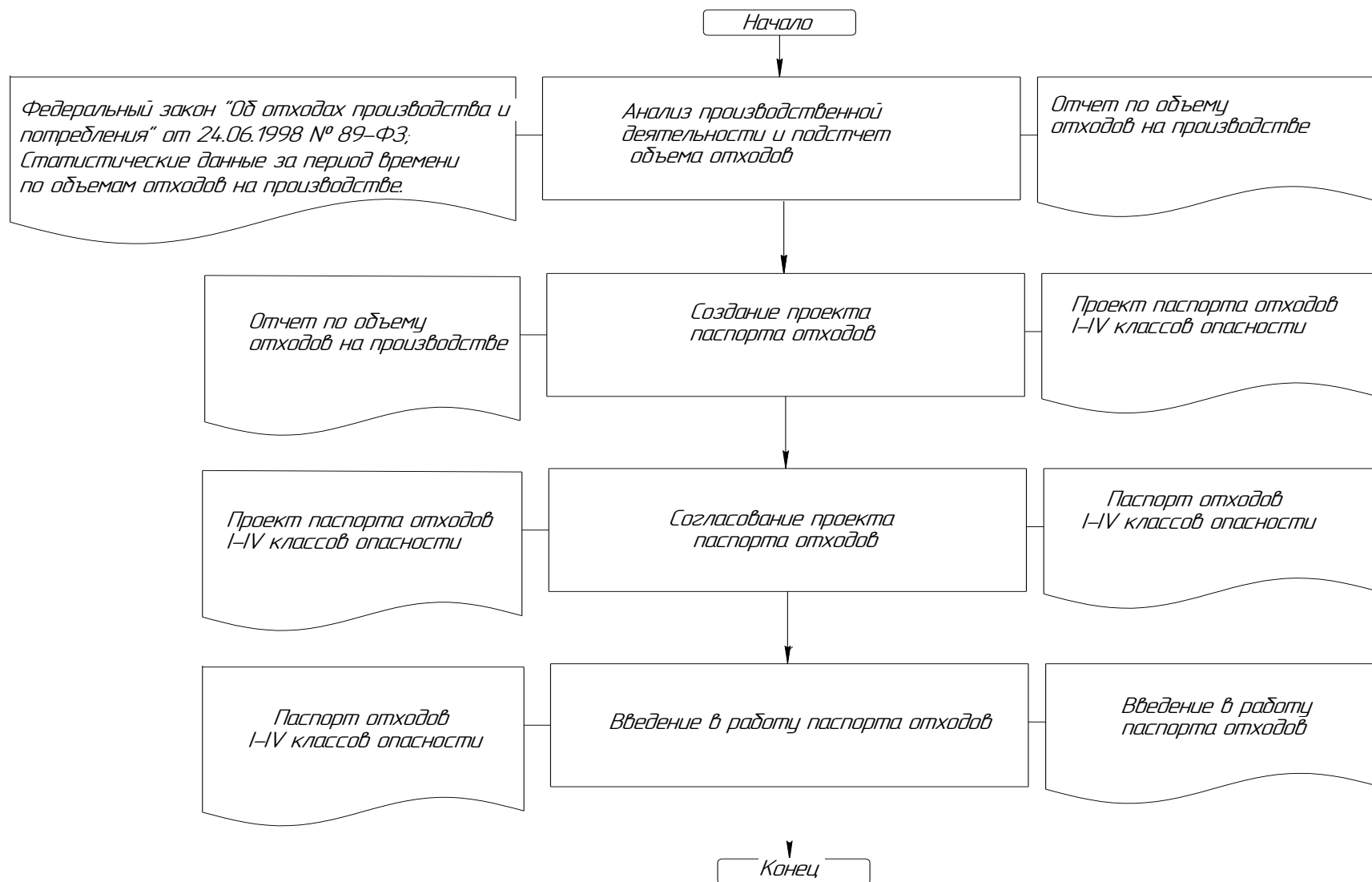


Рисунок 2 – Регламентированная процедура разработки паспорта на отходы, объем которых преобладает в производственной деятельности АО «Фотон»

Сам разработанный паспорт на отходы (мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)) представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Паспорт на мусор от офисных и бытовых помещений

<b>Паспорт отходов I–IV классов опасности</b>	
Составлен на	<u>73310001724 мусор от офисных и бытовых помещений</u> (указывается вид отхода, код и наименование по федеральному организаций несортированный (исключая крупногабаритный) _____ , классификационному каталогу отходов)
образованный	<u>Чистка и уборка нежилых помещений; сбор отходов</u> (указывается наименование технологического процесса, офисных/бытовых помещений организации АО «Фотон» « в результате которого образовался отход, _____ , или процесса, в результате которого товар (продукция) утратил свои потребительские _____ , свойства, с указанием наименования исходного товара)
состоящий из	<u>Бумага, картон – 51 %; полимерные материалы – 14%; стекло – 2,9 %,</u> (химический и (или) компонентный состав отхода, в процентах) <u>металл – 1,5%, пищевые отходы – 25 %.</u> (агрегатное состояние и физическая форма: твердый, жидкий, пастообразный, шлам, _____ , гель, эмульсия, суспензия, сыпучий, гранулят, порошкообразный, пылеобразный, _____ , волокно, готовое изделие, потерявшее свои потребительские свойства, иное – указать нужное)
имеющий	<u>IV</u> ( <u>четвертый</u> ) класс опасности по степени (класс опасности) (прописью) <u>негативного</u> воздействия на окружающую среду.

Наиболее часто перерабатываемой бумагой являются компьютерная бумага, белая бухгалтерская бумага, цветная бухгалтерская бумага и смешанная офисная бумага. Обычно на переработку принимаются следующие сорта офисной бумаги (пожалуйста, уточните это у переработчика):

- компьютерная распечатка (высокого качества): с цветными полосами или пустая. Коммерческие формы или чернила для грунтовки обычно неприемлемы;

- белая бухгалтерская книга (высококачественная): не глянцевая, белая с печатью или без печати, включая фирменные бланки, бумагу для машинописи, письма и копировальной техники;
- цветная книга: не глянцевая, напечатанная или непечатная цветная бумага;
- бумага офисная смешанная (низший сорт): бумага несортированная в том числе: бумага офисная; манильские папки; белая, цветная и глянцевая бумага; спам; табулирующие карты; брошюры; брошюры. в этот набор не входят: газетная бумага, телефонные справочники, журналы, пендафлекс или коричневые крафт–конверты;
- компьютерная бумага groundwood (низкого качества): похожа на бумагу для телефонной книги;
- гофрокартон (низкого сорта) [11].

К бумаге, которая обычно не подлежит вторичной переработке, относятся коричневые крафт–конверты, бумага, загрязненная пищевыми продуктами, газеты, чертежная бумага, телефонные справочники и журналы. (Телефонные книги обычно перерабатываются телефонной компанией.)

Таким образом, в разделе были рассмотрены процесс оформления паспорта на отходы производства на АО «Фотон».

## 9 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Рассмотрим следующие варианты развития пожаров:

1. Существующее состояние объекта АО «Фотон» – помещений ЦОД и аккумуляторной:

- система автоматической пожарной сигнализации находится в рабочем состоянии;
- используются первичные средства пожаротушения, автоматически подается сигнал на приемный пункт связи с пожарной частью.

2. На объекте проведена реконструкция и обеспечено использование в качестве огнетушащих средств ГОТВ

В таблице 9 представлен план мероприятий по обеспечению пожарной безопасности АО «Фотон» на 2022 год.

Таблица 9 – План мероприятий по обеспечению пожарной безопасности АО «Фотон» на 2022 год.

Наименование мероприятия	Ответственный за выполнение	Дата (период) выполнения
Монтаж системы газового пожаротушения помещений ЦОД и аккумуляторной	Генеральный директор	2022 год

В таблице 10 представлена смета затрат на реконструкцию крыши здания цеха.

Таблица 10 – Смета затрат установку системы газового пожаротушения

Статьи затрат	Сумма, руб.
Строительно–монтажные работы	1 000 000
Стоимость оборудования:	114 000
Материалы и комплектующие:	32000
Пуско–наладочные работы	2000
Итого:	1157000

Рассчитаем согласно алгоритму расчета показателей эффективности противопожарных мероприятий [5].

Исходные данные берем из тактико–технической характеристики объекта и представлены в таблице 11.

Таблица 11 – исходные данные для расчетов

Наименование показателя	Ед. измер.	Усл. обоз.	Базовый вариант	Проектный вариант
Общая площадь	м <sup>2</sup>	F	1350	1350
Стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов	Руб/м <sup>2</sup>	Ст	200000	20000
Стоимость поврежденных частей здания	Руб/м <sup>2</sup>	Ск	300000	25000
Вероятность возникновения пожара	1/м <sup>2</sup> в год	J	2,1·10 <sup>-6</sup>	2,1·10 <sup>-6</sup>
Вероятность тушения пожара первичными средствами	–	p1	0,79	0,85
Вероятность тушения пожара привозными средствами	–	p2	0,85	0,95
Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения	–	p3	–	0,86
Коэффициент, учитывающий косвенные потери	–	к	0,52	0,52
Скорость распространения горения по поверхности,	м/мин	Y <sub>1</sub>	0.69	0.54
Нормативный расход воды на наружное пожаротушение,	л/с	q <sub>п</sub>	100	100
Линейная скорость распространения горения по поверхности	м/мин	v <sub>л</sub>	1	1
Время свободного горения	мин	B <sub>свг</sub>	17	17
Площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения,	м <sup>2</sup> .	F'' <sub>пож</sub>	1350	1350
Площадь пожара при тушении средствами автоматического пожаротушения	м <sup>2</sup>	F' <sub>пож</sub>	–	308

Рассчитаем годовые материальные потери от пожара при наличии первичных средств пожаротушения.

Площадь пожара за время тушения привозными средствами:

$$F'_{\text{пож}} = \pi \cdot (v_{\text{л}} \cdot B_{\text{св}} \cdot r)^2 \quad (1)$$

где  $v$  – линейная скорость распространения горения по поверхности,



м/мин;

$V_{свг}$  – время свободного горения, мин.

$$F'_{\text{пож}} = 3,14 \cdot (1 \cdot 17 \cdot 1)^2 = 907,46 \text{ м}^2$$

Рассчитаем математическое ожидание годовых от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения:

$$M(\Pi_1) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F'_{\text{пож}} \cdot (1 + k) \cdot p_1 \quad (2)$$

$$M(\Pi_1) = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1350 \cdot 200000 \cdot 907,46 \cdot (1 + 0,52) \cdot 0,79 = 617847,5$$

Рассчитаем математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных привозными средствами пожаротушения:

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot 0,52 \cdot (1 + k) \cdot (1 - p_1) \cdot p_2 \quad (3)$$

$$M(\Pi_2) = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1350 \cdot (200000 \cdot 907,46 + 300) \cdot 0,52 \cdot (1 + 0,52) \cdot (1 - 0,79) \cdot 0,85 = 85403,8588$$

Рассчитаем математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения:

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_K) \cdot (1 + k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_2] \quad (4)$$

$$M(\Pi_3) = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1350 \cdot (20000 \cdot 1350 + 3000) \cdot (1 + 0,52) \cdot [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \cdot 0,85] = 1745400000$$

Рассчитаем годовые материальные потери от пожара при наличии первичных средств пожаротушения  $M(\Pi_1)$ :

$$M(\Pi_1) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) \quad (5)$$

$$M(\Pi_1) = 617847,5 + 85403,86 + 1745400000 = 1746103251,36$$

Рассчитаем годовые материальные потери от пожара при оборудовании объекта средствами автоматического пожаротушения с ГОТВ.

Рассчитаем математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения, рассчитаем по формуле (2):

$$M(\Pi_1) = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1350 \cdot 20000 \cdot 907,46 \cdot (1 + 0,52) \cdot 0,79 = 58842,6$$

Математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных установками автоматического пожаротушения:

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F_{\text{пож}}^* \cdot (1 + k) \cdot (1 - p_1) \cdot p_3 \quad (6)$$

$$M(\Pi_2) = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1350 \cdot 2500 \cdot 308 \cdot (1 + 0,52) \cdot (1 - 0,79) \cdot 0,86$$

$$M(\Pi_2) = 5992,45$$

Математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных привозными средствами пожаротушения:

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot 0,52 \cdot (1 + k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3] \cdot p_2 \quad (7)$$

$$M(\Pi_3) = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1350 \cdot (20000 \cdot 907,46 + 25000) \cdot 0,52 \cdot (1 + 0,52) \cdot [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \cdot 0,86] \cdot 0,85 = 1017,7$$

Математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения:

$$M(\Pi_4) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F_{\text{пож}}^{\gg} + C_K) \cdot (1 + k) \cdot \{1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3 - [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\} \quad (8)$$

$$M(\Pi_4) = 2,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1350 \cdot (20000 \cdot 1350 + 25000) \cdot (1 + 0,52) \cdot \{1 - 0,79 - (1 - 0,79) \cdot 0,86 - [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \cdot 0,86] \cdot 0,85\} = 391320000$$

Рассчитаем годовые материальные потери от пожара при оборудовании объекта средствами автоматического пожаротушения  $M(П2)$ :

$$M(П2) = M(П_1) + M(П_2) + M(П_3) + M(П_4) \quad (9)$$

$$M(П2) = 58842,6 + 5992,45 + 1017,7 + 391320000 = 391385852,75$$

Рассчитаем эксплуатационные расходы  $P$  на содержание автоматических систем пожаротушения:

$$P = A + C \quad (10)$$

$$P = 1157000 + 3032600 = 4189600 \text{ руб./год}$$

Текущие затраты:

$$C_2 = C_{т.р.} + C_{с.о.п.} + C_{о.в.} \quad (11)$$

$$C_2 = 28925 + 3000000 + 3675 = 3032600$$

«где  $C_{т.р.}$  – затраты на текущий ремонт;

$C_{с.о.п.}$  – затраты на оплату труда обслуживающего персонала;

$C_{о.в.}$  – затраты на огнетушащее вещество» [25].

Затраты на текущий ремонт:

$$C_{т.р.} = \frac{1157000 \cdot 0,025}{100\%} = 28925 \quad (12)$$

где  $K_2 = 1157000$  – капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

$Нт.р. = 0,025$  – норма текущего ремонта, %.

Затраты на оплату труда обслуживающего персонала:

$$C_{\text{с.о.п.}} = 12 \cdot Ч \cdot ЗПЛ \quad (13)$$

$$C_{\text{с.о.п.}} = 12 \cdot 5 \cdot 50000 = 3000000$$

«где Ч – численность работников обслуживающего персонала, чел.;  
ЗПЛ – заработная плата 1 работника, руб./мес.» [25].

Затраты на огнетушащее вещество

$$C_{\text{о.в.}} = W \cdot Ц \cdot k_{\text{т.з.с.р.}} \quad (14)$$

$$C_{\text{о.в.}} = 150 \cdot 256 \cdot 0,1 = 3675$$

«где W – суммарный годовой расход огнетушащего вещества = 1500;  
Ц – оптовая цена единицы огнетушащего вещества, руб./т = 2560;  
K<sub>т.з.с.р.</sub> – коэффициент транспортно–заготовительно–складских расходов = 0,8» [25].

Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения:

$$A = \frac{1157000 \cdot 0,01}{100\%} = 11570 \quad (15)$$

«где K<sub>2</sub> = 1157000 – капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;  
N<sub>а</sub> = 0,01 – норма амортизации, %» [25].

Рассчитать интегральный экономический эффект на основе данных таблицы денежные потоки:

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_2) - M(\Pi_1)] - [P_2 - P_1]) \cdot \frac{1}{(1+HД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (16)$$

$$И = \sum_{t=0}^1 (1746103251,36 - 391385852,75) - [4189600 - 0] \cdot \frac{1}{(1 + 1)^1} - (11570000 - 0)$$

«где T – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода).

Он равен номеру шага расчета, на котором производится окончание расчета;

t – год осуществления затрат;

НД– постоянная норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

M(П1), M(П2) – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

K1, K2 – капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

P1, P2– эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в t–м году, руб./год» [25].

На основании произведенных расчетов заполним таблицу 12.

Таблица 12 – Денежные потоки

Год осуществления проекта T	M(П1)– M(П2)	$C_2-C_1$	$1/(1+H)$ $D^t$	$[M(П1)–$ $M(П2)–(C_2–$ $C_1)]·$ $1/(1+HД)^t$	$K_2–K_1$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта (И)
1	1354717399	3032600	0,91	1232792833	11570000	1221222833
2	1354717399	-	0,83	1124415441	-	1124415441
3	1354717399	-	0,75	1016038049	-	1016038049
4	1354717399	-	0,68	921207831,1	-	921207831,1
5	1354717399	-	0,62	839924787,1	-	839924787,1
6	1354717399	-	0,56	758641743,2	-	758641743,2
7	1354717399	-	0,51	690905873,3	-	690905873,3
8	1354717399	-	0,47	636717177,3	-	636717177,3
9	1354717399	-	0,42	568981307,4	-	568981307,4
10	1354717399	-	0,39	528339785,5	-	528339785,5

Таким образом, был рассчитан интегральный эффект от предложенных мероприятий. Общий вывод, что внедрение реконструкции системы газового пожаротушения на объекте АО «Фотон» экономически выгодно.

## Заключение

Тема выпускной квалификационной работы – «Анализ пожарной защиты промышленного предприятия и разработка мер противопожарной защиты».

В качестве объекта защиты выбрано предприятие АО «Фотон». В первом разделе работы рассматривается объект защиты. Производственное Объединение АО «Фотон» является профильным предприятием по выпуску электронной техники. В разделе рассмотрены виды деятельности предприятия, оказываемые услуги и выпускаемая продукция.

Так же в разделе представлена характеристика защищаемых помещений, а именно центра обработки данных и аккумуляторной.

Во втором разделе работы рассматривается система обеспечения противопожарных мероприятий объекта защиты и защищаемых помещений - центра обработки данных и аккумуляторной. На предприятии АО «Фотон» установлены следующие системы обеспечения противопожарных мероприятий: автоматическая установка пожарной сигнализация (АПС); система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ).

Кроме того, в систему обеспечения пожарной безопасности объекта включен комплекс организационно–технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, таких как:

- месячник пожарной безопасности;
- организация обучений рабочих по пожарной безопасности;
- агитационные материалы по пожарной безопасности.

В третьем разделе работы проводится анализ пожарной опасности защищаемых помещений – центра обработки данных и аккумуляторной. Категория помещений по СП 12.13130.2009 – ВЗ, класс по ПУЭ – II-Па. Температура воздуха в помещениях  $20\pm 5$  °С, относительная влажность – до 80%, запыленность отсутствует, скорость воздушных потоков – до 1м/с, вентиляция приточно-вытяжная.

В четвёртом разделе работы рассматриваются возможные чрезвычайные ситуации техногенного характера. В разделе также представлены сценарии возможных аварий. Выделено два наиболее вероятных сценария пожара пожар в центре обработки данных по возможным причинам, таким как высокая температура серверов; неисправность электропроводки; короткое замыкание или пожар в аккумуляторной, по таким причинам как: самопроизвольное возгорание аккумуляторов или смеси (нагрев, неправильный технологический процесс); неисправность электропроводки; короткое замыкание.

В пятом разделе работы проводится разработка мер противопожарной защиты и внедрение системы АУПТ. В данном разделе были рассмотрены возможные сценарии техногенных аварий, с наибольшей вероятностью заключающейся в пожаре – либо в помещении аккумуляторов, либо в центре обработки данных. В разделе был разработан проект оснащения помещений АО «Фотон» газовыми огнетушащими установками. В качестве станции управления установкой в проекте применены приборы приемно–контрольные и управления (ППКУ) «С2000–АСПТ» исп. 3 фирмы НВП «Болид» (Россия).

В шестом разделе проводится анализ пожарной опасности применяемых веществ и материалов, сделаны выводы о выделении токсичных веществ при горении аккумуляторных батарей. Операции по производству полупроводников и исследованиям и разработкам представляют собой множество потенциальных угроз для промышленной гигиены и безопасности. Опасности существуют как при производстве кремниевых устройств, так и при производстве устройств на основе арсенида галлия, а также в лабораториях.

В седьмом разделе «Охрана труда» рассматривается процедура обеспечения лечебным профилактическим питанием сотрудников предприятия. Питание выдается в соответствии с утвержденными рационами (Приложение № 2 к Приказу Минздравсоцразвития от 16.02.2009 № 46н). Данная процедура разработана и описана в дипломном проекте.

В восьмом разделе «Охрана окружающей среды и экологической безопасности» рассматривается процедура оформления паспорта на отходы производства. Данная процедура включает в себя такие процессы как анализ производственной деятельности и подсчёт объема отходов, создание проекта паспорта отходов, согласование проекта паспорта отходов, введение в работу паспорта отходов. Процедура разработана и записана в проекте.

В девятом разделе оценивается эффективность мероприятий по обеспечению техносферной безопасности. В разделе был рассчитан интегральный эффект от предложенных мероприятий, который составит – 51943,558 за второй год осуществления проекта, что означает, что проект по проведению реконструкции системы газового пожаротушения на объекте АО «Фотон» окупится после первого года осуществления.

Общий вывод, что внедрение реконструкции системы газового пожаротушения на объекте АО «Фотон» экономически выгодно



## Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Бадагуев Б. Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, журналы, протоколы, планы, инструкции. 4–е изд., пер. и доп.: Альфа–Пресс, 2014. 720 с. 46
- 2 Блок «С2000–АСПТ» [Электронный ресурс] : bolid.ru, 2021. URL: <https://bolid.ru/production/orion/fire-fighting-devices/s2000-aspt.html>(дата обращения: 14.03.2022).
- 3 Васильев А. Д. Охрана и безопасность труда. Лаборатория книги, 2012. 199 с.
- 4 Горбунова Л. Н., Васильев С. И. Основы промышленной безопасности: учебное пособие: в 2–х ч., Ч. 1. СПб.: Сибирский федеральный университет, 2012. 502 с.
- 5 Григорьев Л. Н. Экономическая эффективность внедрения систем противопожарной защиты. г. Пермь: Сфера, 2009. 122 с.
- 6 Лестницы пожарные наружные стационарные. Ограждения кровли. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 53315–2009 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200072081> (дата обращения: 14.03.2022).
- 7 Классификатор отходов. [Электронный ресурс] : 2019–2020. URL: <http://ekologicheskoe-proektirovanie.ru/klassifikator-otkhodov-2019-2020> (дата обращения: 14.03.2022).
- 8 Наумов А. В. Сборник задач по основам тактики тушения пожаров: учебное пособие. Иваново: ИВИ ГПС МЧС России, 2008. 184 с.
- 9 Об утверждении Правил проведения личным составом федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно–спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде. [Электронный ресурс] : Приказ МЧС РФ от 9

января 2013 г. № 3 Введ. 09.01.2013. URL: <http://base.garant.ru/70340860/#ixzz6MADrrqoX>(дата обращения: 14.03.2022).

10 Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны. [Электронный ресурс] : Приказ Министерство Труда И Социальной Защиты Российской Федерации от 11 декабря 2020 года № 881н URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191712?marker=6500IL> (дата обращения: 14.03.2022).

11 Об утверждении Перечня производств, профессий и должностей, работа в которых дает право на бесплатное получение лечебно–профилактического питания в связи с особо вредными условиями труда, рационов лечебно–профилактического питания, норм бесплатной выдачи витаминных препаратов и Правил бесплатной выдачи лечебно–профилактического питания . [Электронный ресурс] : Приказ Министерство Труда И Социальной Защиты Российской Федерации от 11 декабря 2020 года № 881н URL: <https://docs.cntd.ru/document/902153699> (дата обращения: 14.03.2022).

12 Порядок действий при пожаре. [Электронный ресурс] : 2019–2020. URL: <https://pandia.ru/text/80/378/67238.php> (дата обращения: 14.03.2022).

13 Повзик Я. С. Пожарная тактика. М.: ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА», 2016. 416 с.

14 Свод Правил. Пожарная охрана предприятий. [Электронный ресурс] : СП 232.1311500.2015. Введ. 2015–07–13 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200122147>(дата обращения: 14.03.2022).

15 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения. [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.0.004–2015. Введ. 2017–03–01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136072>(дата обращения: 14.03.2022).

16 Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП

485.1311500.2020 URL: <https://docs.cntd.ru/document/573004280> (дата обращения: 14.03.2022)/

17 Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения: 14.03.2022)/

18 Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 6.13130.2021 URL: <https://docs.cntd.ru/document/603668016> (дата обращения: 14.03.2022).

19 Свод правил. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс] : СП 12.13130.2009 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 14.03.2022).

20 Терещнев В. В. Организация службы начальника караула пожарной части: Учебное пособие. М.: Академия ГПС, 2014. 336 с.

21 Терещнев В. В. Пожарная тактика : Основы тушения пожаров : учеб. Пособие. М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. 322 с.

22 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (последняя редакция) URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_78699/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/) (дата обращения: 14.03.2022).

23 Трудовой кодекс Российской Федерации (последняя редакция) [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ (ТК РФ). URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 14.03.2022).

24 Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ М: Издательство стандартов, 1997. 26 с.

25 Фрезе Т.Ю. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности: учебно-методическое пособие по выполнению раздела выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы)/ Фрезе Т.Ю. Тольятти: ТГУ, 2022. 60 с.

26 Diaz L. Review–Meta–Review of Fire Safety of Lithium–Ion Batteries: Industry Challenges and Research Contributions *Journal of The Electrochemical Society*, Volume 167, Number 9. 2020. pp. 126–148.

27 Jevtic, Radoje. (2020). Stable fire extinguishing installations with CO<sub>2</sub> fire extinguishers. *Tehnika*. 75. 527–533. 10.5937/tehnika2004527J.

28 Pfrang A., Kriston A., Ruiz V., Lebedeva N. and di Persio F. 2017 *Safety of Rechargeable Energy Storage Systems with a Focus on Li–ion Technology* (Elsevier Inc) p. 253

29 Peng Y, Yang L, Ju X, Liao B, Ye K, Li L, Cao B, Ni Y. A comprehensive investigation on the thermal and toxic hazards of large format lithium–ion batteries with LiFePO<sub>4</sub> cathode. *J Hazard Mater*. 2020 Jan 5;381:120916. doi: 10.1016/j.jhazmat.2019.120916. Epub 2019 Jul 24. PMID: 31387075.

30 StackScale B.V. Data center fires: risk assessment, fire safety and DR planning. *Business continuity*, 2021. pp. 26–33.