

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 «Пожарная безопасность»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Разработка комплекса мероприятий по снижению пожарной
опасности процессов деревообработки

Студент (ка)	И.С. Лысенко _____ (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	А.В. Степаненко _____ (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)
« _____ » _____ 20 _____ 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 Лысенко Иван Сергеевич

1. Тема Разработка комплекса мероприятий по снижению пожарной опасности процессов деревообработки
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы 07.06.2016
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: перечень оборудования, план размещения оборудования, план размещения средств пожаротушения, результаты аналитического контроля за состоянием окружающей среды, план мероприятий по охране труда, план ликвидации аварийных ситуаций.
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Аннотация,

Введение,

1. Характеристика объекта,
2. Технологический раздел,
3. Научно-исследовательский раздел,
4. Раздел «Охрана труда»,
5. Раздел «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность»,
6. Раздел «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности»,

Заключение

Список использованной литературы

Приложения

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

1. План фанерного цеха
2. Схема эвакуации из помещений фанерного цеха
3. Генеральный план территории ООО «УФПК»
4. План размещения пожарной сигнализации

5. План размещения элементов СОУЭ
6. Лист по разделу «Охрана труда»
7. Лист по разделу «Охрана окружающей среды и экологической безопасности»
8. Лист по разделу «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности».
6. Консультанты по разделам: нормоконтроль - В.В.Петрова.
7. Дата выдачи задания « 18 » марта 2016 г.

Руководитель бакалаврской работы

	_____	А.В. Степаненко
	(подпись)	(И.О. Фамилия)
Задание принял к исполнению	_____	И.С. Лысенко
	(подпись)	(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 Лысенко Ивана Сергеевича
по теме Разработка комплекса мероприятий по снижению пожарной опасности процессов
деревообработки

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Аннотация	18.03.16- 19.03.16	19.03.16	Выполнено	
Введение	20.03.16- 21.03.16	21.03.16	Выполнено	
1. Характеристика объекта	21.03.16- 31.03.16	31.03.16	Выполнено	
2. Технологический раздел	01.04.16- 15.04.16	15.04.16	Выполнено	
3. Научно-исследовательский раздел	16.04.16- 21.05.16	21.05.16	Выполнено	
4. Раздел «Охрана труда»	22.05.16- 24.05.16	24.05.16	Выполнено	
5. Раздел «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность»	24.05.16- 25.05.16	25.05.16	Выполнено	
6. Раздел «Оценка эффективности	26.05.16-	27.05.16	Выполнено	

мероприятий по обеспечению техносферной безопасности»	27.05.16			
Заключение	28.05.16- 29.05.16	29.05.16	Выполнено	
Список использованной литературы	30.05.16- 02.06.16	02.06.16	Выполнено	
Приложения	03.06.16- 05.06.16	05.06.16	Выполнено	

Руководитель бакалаврской работы

Задание принял к исполнению

(подпись)

(подпись)

А.В. Степаненко

(И.О. Фамилия)

И.С. Лысенко

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассмотрена тема: Разработка комплекса мероприятий по снижению пожарной опасности процессов деревообработки.

В работе рассмотрен ряд разделов: Характеристика объекта; Технологический раздел; Научно-исследовательский раздел; Охрана труда; Оценка эффективности мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

В разделе Характеристика объекта представлены следующие данные: расположение объекта, производимая продукция и виды услуг, оборудование и виды выполняемых работ.

В Технологическом разделе рассмотрены: планы размещения оборудования, описание технологического процесса, выполнен анализ пожарной опасности на объекте, система противопожарной защиты объекта, порядок привлечения сил и средств для оперативно-тактических действий по обеспечению пожарной безопасности на объекте, порядок организации надзорной деятельности за обеспечением противопожарного режима объекта, статистический анализ пожаров.

В научно-исследовательском разделе выполнено следующее: произведен выбор объекта исследования, обоснование; анализ существующих принципов, методов и средств обеспечения противопожарной безопасности проектирование системы пожаротушения на объекте, проектирование системы оповещения и управления эвакуацией, определение расчетного времени эвакуации людей из здания фанерного цеха, определение необходимого времени эвакуации людей из здания фанерного цеха, расчет величины пожарного риска.

В разделе охрана труда рассмотрен порядок составления перечня мероприятий по охране труда.

В разделе оценки эффективности мероприятий по обеспечению пожарной безопасности разработан план мероприятий, направленных на

обеспечение пожарной безопасности в здании фанерного цеха ООО «УФПК», определен интегральный экономический эффект от противопожарных мероприятий.

В выпускной квалификационной работе представлено 13 таблиц, 8 графических листов и 66 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА	
1.1 Расположение.....	7
1.2 Производимая продукция и виды услуг.....	7
1.3 Оборудование.....	8
1.4. Виды выполняемых работ.....	8
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
2.1 План размещения оборудования.....	9
2.2 Описание технологического процесса.....	10
2.3 Анализ пожарной опасности на объекте.....	11
2.4 Система противопожарной защиты объекта.....	13
2.5 Порядок привлечения сил и средств для оперативно-тактических действий по обеспечению пожарной безопасности на объекте.....	13
2.6 Организация надзорной деятельности за обеспечением противопожарного режима объекта.....	16
2.7 Статистический анализ пожаров.....	17
3 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ	
3.1 Выбор объекта исследования, обоснование.....	20
3.2 Анализ существующих принципов, методов и средств обеспечения противопожарной безопасности.....	21
3.3 Проектирование системы пожаротушения на объекте.....	21
3.4 Проектирование системы оповещения и управления эвакуацией.....	24
3.5 Определение расчетного времени эвакуации людей из здания фанерного цеха.....	27
3.6 Определение необходимого времени эвакуации людей из здания фанерного цеха.....	47
3.7 Расчет величины пожарного риска.....	53
4 ОХРАНА ТРУДА	
4.1 Составление перечня мероприятий по охране труда.....	57

5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 Разработка плана мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности в здании фанерного цеха ООО «УФПК».....	59
5.2 Определение интегрального экономического эффекта от противопожарных мероприятий.....	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	66
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	68

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день противопожарная защита является одной из первостепенных задач любого человека, как руководителя предприятия, так и в быту.

Возникновение пожара влечет за собой большой материальный ущерб, происходит загрязнение атмосферы, и что самое важное – может нанести вред жизни и здоровью человека.

Повышенной пожарной опасностью отличаются производственные объекты ввиду их сложности технологических процессов, а также наличием большого количества пожарной нагрузки.

Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Систему противопожарной защиты составляет комплекс организационных и технических средств, направленных на предотвращение воздействия на человека опасных факторов пожара и сокращение материального ущерба от него.

Целью противопожарной защиты является выбор более эффективных, экономически целесообразных и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом при наиболее рациональном использовании сил и технических средств тушения.

В настоящей выпускной квалификационной работе рассмотрена система противопожарной защиты для деревообрабатывающего предприятия на примере цеха фанерного производства ООО «Уфимский фанерно-плитный комбинат», расположенного в городе Уфа Республики Башкортостан.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА

1.1 Расположение объекта

ООО «Уфимский фанерно-плитный комбинат» (далее – ООО «УФПК») расположен в Ленинском районе города Уфа на улице Рижская, 5.

1.2 Производимая продукция и виды услуг

Комбинат занимается производством древесно-волоконистых плит (ДВП), фанеры и производством синтетических смол. Площадь территории 43 га, здания и сооружения 1-2 этажные, I-III степени огнестойкости, стены, перегородки в основном железобетонные и кирпичные.

На территории ООО «УФПК» расположены следующие объекты:

- фанерный цех;
- цех смол;
- склад ангар хранения металла фанерного цеха;
- склад ядохимикатов;
- склад хранения фанеры;
- закрытый варочный бассейн;
- открытый варочный бассейн;
- мастерские и бытовые помещения;
- насосная на воде;
- склад хранения металла;
- автотранспортный цех;
- заводоуправление;
- ремонтно-строительный цех;
- газораспределительный пункт;
- помещения сушилок;
- паросиловое хозяйство;
- лесопильный цех;
- водонапорная башня;

- цех древесно-волоконистых плит;
- склад древесных отходов;
- рубительная машина;
- насосная по перекачке мазута;
- склад ГСМ;
- металлический ангар;
- диспетчерская;
- электроучасток;
- кузница ремонтно-механического участка.

1.3 Оборудование

В здании фанерного цеха для обработки древесины и изготовления фанерного листа используется следующее оборудование:

- лущильный станок;
- калибровочный станок;
- раскроечный станок.

1.4 Виды выполняемых работ

Лущильный станок обрабатывает древесину (короткие бревна – чураки) в результате чего образуется тонкая поперечная стружка в виде непрерывной ленты, которую называют шпоном. Чтобы улучшить качество шпона и повысить его прочность производят обжим древесины с использованием прижимной линейки.

Для пропуска бревен с сечениями в фанерном цехе используется калибровочный станок.

Для раскройки фанерного листа используют раскроечные станки разных размеров, что позволяет изготавливать фанерные листы различных размеров.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 План размещения оборудования

Здание фанерного цеха разделено на следующие участки:

- участок распиловки бревен;
- открытый бассейн гидротермической обработки;
- участок сушки шпона;
- участок калибровки;
- участок раскройки;
- участок укладки и упаковки готовой продукции.

План размещения оборудования представлен на рисунках 1 – 4.

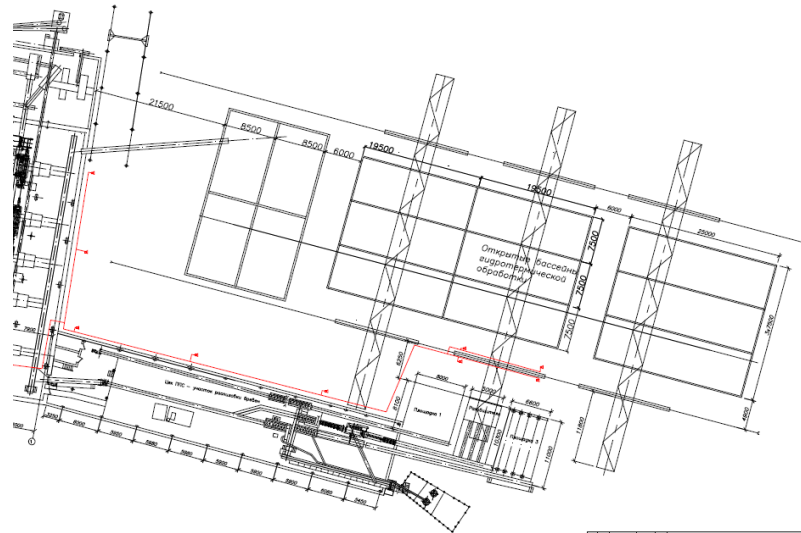


Рисунок 1 – Участок распиловки и гидротермической обработки

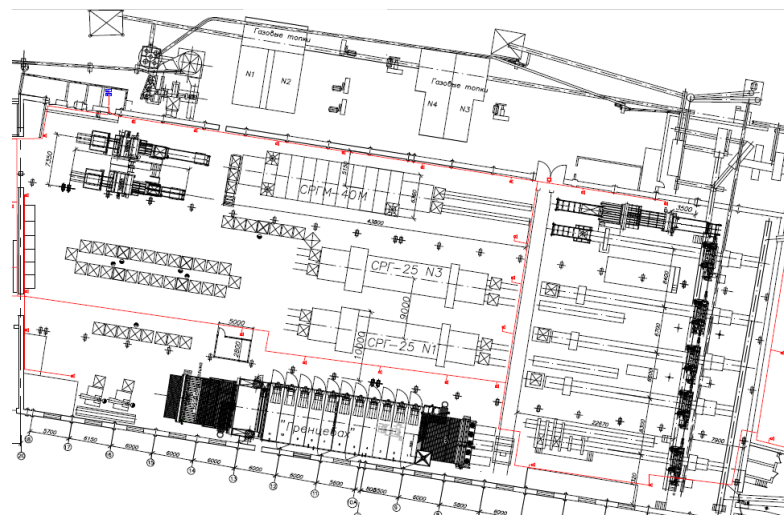


Рисунок 2 – Участок сушки шпона и калибровки

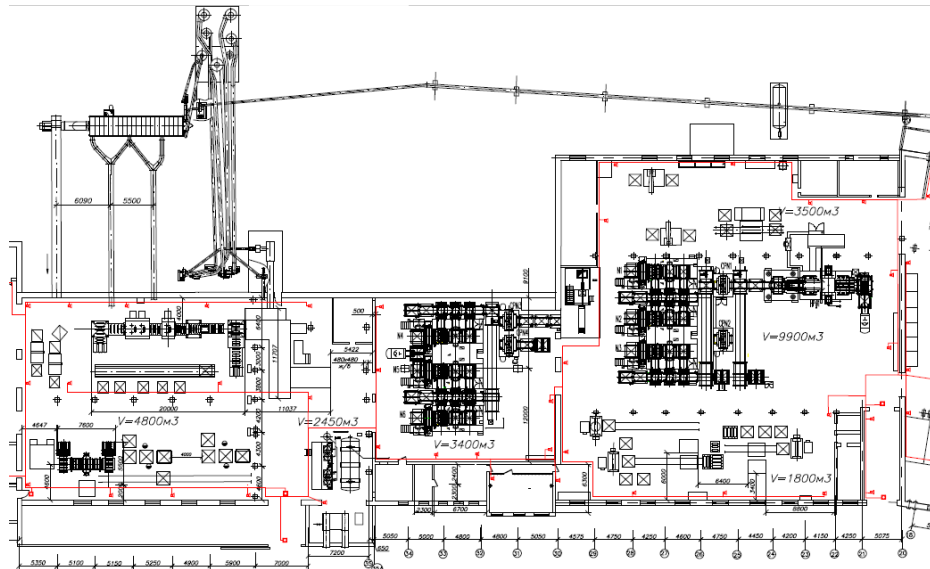


Рисунок 3 – Участок раскройки фанеры

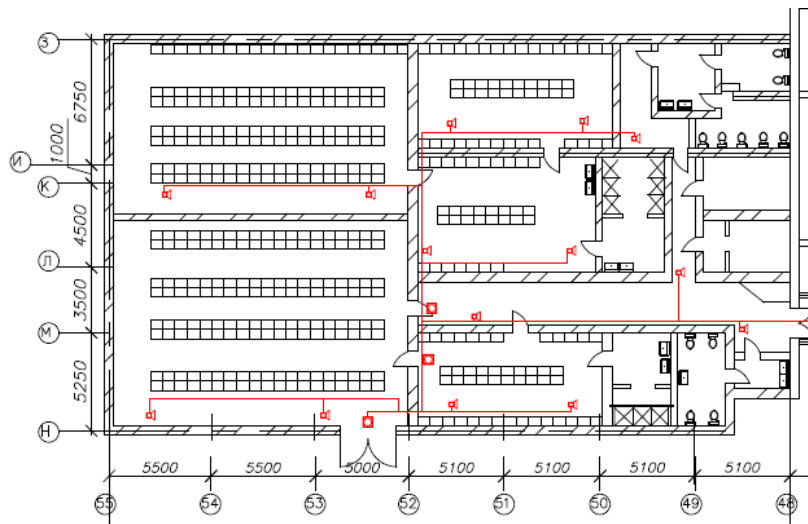


Рисунок 4 – Участок укладки и упаковки продукции

2.2 Описание технологического процесса

Для создания удобств в работе подобранный древесный материал проваривается в специальном бассейне. Этот процесс значительно повышает качество сырья.

После этого с древесины снимается кора, а также проверяется материал на наличие металлических элементов. Далее материал поступает на специальное оборудование, которое предназначается для производства фанеры.

На луцильном станке снимаются первый слой шпона, после чего его

разделяют на отдельные листы. Качество шпона зависит от вида древесины. При наличии в шпоне большого количества влаги его отправляют на просушку. Далее производится склеивание листов шпона.

Для склеивания шпона используются специальные материалы. Клеящие составы изготавливаются в механизированных смесителях, после чего они подаются желобки нескольких клеевых вальцов. Прокатывается клеящий состав с обеих сторон пиломатериала. Далее промазанные клеем листы шпона склеиваются с помощью пневматических, гидравлических или винтовых прессах.

При склеивании фанеры в комнатной температуре их необходимо продержать в помещении около 6 часов. Наиболее эффективным является прессование фанеры при повышенной температуре. В таких условиях на склеивание шпона уходит всего несколько минут.

В том случае, если производится гнутая фанера, используется специальные инструментальные плиты, которые характеризуются наличием нескольких пресс-форм. Далее фанера поступает на раскроечный станок, где осуществляется ее резка на листы различных размеров. Технология изготовления фанеры напрямую зависит от вида производимого строительного материала.

2.3 Анализ пожарной опасности на объекте

Фанерный цех – здание одноэтажное, стены и перегородки кирпичные, частично железобетонные, перекрытие совмещенное, над старой частью перекрытие (утепленное) сгораемое деревянное, снаружи покрыто бикростом (рисунок 5). Перекрытие над новой частью здания совмещенное железобетонное. Размеры здания в плане 345×52 м. Степень огнестойкости – III. Все участки цеха соединены между собой незащищенными дверными и технологическими проемами, что может служить путями распространения огня. Участки фанерного производства работают в четыре смены: первая смена – 233 человека, вторая смена – 139 человек, третья смена – 137

человек, четвертая смена – 131 человек. Для эвакуации людей имеется десять выходов. В цехе семнадцать пожарных кранов. Кроме того, для эвакуации и введения стволов можно использовать оконные проемы, подоконники, которые расположены на высоте 1 метра от уровня пола. Отопление центральное водяное, освещение электрическое.



Рисунок 5 – Здание фанерного цеха ООО «УФПК»

На всей территории ООО «УФПК» основным материалом, составляющим пожарную нагрузку является древесина. Также в производстве в больших количествах используются такие пожаро- и взрывоопасные вещества и материалы, как формалин технический, фенол, серная кислота, мазут.

В здании фанерного цеха пожарную нагрузку составляют: древесина цельная, фанера, станки, прессы и прочее технологическое оборудование.

Обрушение сооружений может происходить по двум схемам: либо с постепенным накоплением напряжений и деформаций и последующим обрушением несущих конструкций, либо быстро (прогрессирующее обрушение) при возможно даже кратковременном, но существенном перегрузе важного несущего элемента конструкций, при разрушении которого и возможно последующее прогрессирующее обрушение.

При затяжном пожаре из-за длительного воздействия пламени на строительные конструкции зданий, выполненных из железобетона возможны обрушения самонесущих стен, металлических и железобетонных ферм. Также возможны обрушения кровли зданий.

2.4 Система противопожарной защиты объекта

В здании цеха находится 8 пожарных кранов диаметром 50 мм (рисунок б). На территории расположен кольцевой технический водопровод диаметром 150 мм, на котором установлены двадцать четыре пожарных гидранта. Давление в сети повышается до 7 атмосфер тремя насосами, установленными в помещении насосной на воде, производительность двух насосов – 315 м³/час, одного – 290 м³/час. Имеется пожарный водоем 150 м³, также два пирса, на которые можно установить по две автоцистерны. Расстояние от пирса до основных строений 300-400 метров.



Рисунок б – Внутреннее противопожарное водоснабжение фанерного цеха

В здании цеха отсутствует система пожаротушения и система оповещения и управления эвакуацией.

2.5 Порядок привлечения сил и средств для оперативно-тактических действий по обеспечению пожарной безопасности на объекте

В здании цеха находятся люди, для эвакуации которых необходимо

провести спасательные работы. Исходные данные для расчетов времени проведения спасательных работ: количество людей – 233 человека, к прибытию первого подразделения 230 человек эвакуировались самостоятельно, высота уровня пола наивысшего этажа – 9 метров, способ – вынос на руках, тогда:

Определяем время спасательных работ по прибытию первого подразделения:

$$T_{c1} = A_1 \cdot h \cdot N_c \cdot K_1 / N_{\text{пн}} + N_c \cdot f \quad (2.5.1)$$

где T_{c1} – время проведения спасательных работ первым подразделением

$$T_{c1} = 1,2 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 1,5 / 3 + 3 \cdot 1 = 19 \text{ мин}$$

Вывод: второе прибывшее подразделение (прибывает через 5 минут) также принимают участие в спасательных работах.

$$T_{c2} = A_1 \cdot h \cdot N_c \cdot K_1 / N_{\text{пн}} + N_c \cdot f \quad (2.5.2)$$

где T_{c2} – время проведения спасательных работ вторым подразделением

$$T_{c2} = 1,2 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 1,5 / 6 + 3 \cdot 1 = 11 \text{ минут}$$

Вывод: к моменту прибытия третьего подразделения спасательные работы закончены.

Определяем общее время проведения спасательных работ с момента прибытия второго подразделения:

$$T_c = T_{\text{дс}} + T_{\text{сб}} + T_{\text{сл}} + T_{c2} \quad (2.5.3)$$

где T_c – общее время проведения спасательных работ.

$$T_c = 5 + 1 + 5 + 11 = 22 \text{ минут}$$

Наиболее сложная обстановка развивается при возникновении возможного пожара на фанерном цехе. Исходные данные согласно «Справочника РТП»: Интенсивность подачи огнетушащих веществ

$I_{тр} = 0,2 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; линейная скорость распространения горения $V_{л} = 1,0 \text{ м}/\text{мин}$.

Время свободного развития пожара:

$$\tau_{св} = \tau_c + \tau_{бр} = 22 + 6 = 28 \text{ мин} \quad (2.5.4)$$

Путь, пройденный огнем, равен:

$$L = 0,5 \cdot v_{л} \cdot \tau_2 + (\tau_{св} - \tau_2) = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 10 + 28 - 10 = 23 \text{ м} \quad (2.5.5)$$

Площадь пожара составляет:

$$S_n = 2 \cdot L \cdot a = 2 \cdot 23 \cdot 30 = 1380 \text{ м}^2 \quad (2.5.6)$$

При горении древесины и клея на площади 1380 м^2 в объеме горящего помещения создается высокая температура, в результате которой происходит разрушение остекления оконных проемов, примыкающих к зоне горения.

В продуктах горения будут находиться токсичные вещества, образующиеся при термическом разложении формальдегидных смол и, следовательно, личный состав, работающий в задымленной зоне, должен быть в СИЗОД.

Площадь тушения пожара находится как:

$$S_m = n \cdot a \cdot h = 2 \cdot 30 \cdot 5 = 300 \text{ м}^2 \quad (2.5.7)$$

Требуемый расход воды на тушение составляет:

$$Q_{мп}^T = S_m \cdot I_{мп}^T = 300 \cdot 0,2 = 60 \text{ л}/\text{с} \quad (2.5.8)$$

Требуемое количество стволов на тушение равно:

$$N_{ст.А}^T = \frac{Q_{мп}^T}{g_{ст.А}} = \frac{60}{7,4} = 8 \text{ РС-70 } (d_H \text{ 28мм}) \quad (2.5.9)$$

На защитные мероприятия следует принять: 3 ствола РСК-50 на защиту кровли, 3 ствола РСК-50 на защиту первого этажа.

Фактический расход воды на тушение и защиту равен:

$$Q_{\phi} = Q_{\phi}^T + Q_{\phi}^3 = 8 \cdot 7,4 + 6 \cdot 3,7 = 59,2 + 22,2 = 81,4 \text{ л/с} \quad (2.5.10)$$

$Q_{сети} = 48 \text{ л/с}$. $Q_{сети} < Q_{\phi}$ следовательно объект водой не обеспечен, т. е. Необходимо повысить давление в сети с помощью насосных станций и использовать насосы пожарного катера.

Определим предельное расстояние подачи огнетушащих веществ по схеме боевого развертывания пожарным кораблем:

$$L_{np} = \frac{H_H - (H_{np} + Z_M + Z_{см})}{S \cdot Q^2} \cdot \frac{20}{1,2} = \frac{90 - (50 + 4 + 1)}{0,00046 \cdot 44,4^2} \cdot 16,6 = 645 \text{ м} \quad (2.5.11)$$

Следовательно, пожарный корабль сможет обеспечить работу стволов своим насосом, т.к. расстояние до цеха около 400м.

Количество пожарных автомобилей находится как:

$$N_m = \frac{Q_{\phi}}{0,8 \cdot Q_H} = \frac{81,4}{0,8 \cdot 40} = 3 \text{ АЦ} \quad (2.5.12)$$

Количество личного состава равно:

$$N_{л.с.} = N_{дзс} \cdot 3 + N_{п.б.} \cdot 1 + N_{л} \cdot 1 + N_{ст.б.} \cdot 1 + N_m \cdot 1 + N_{н.р.л.} \cdot 1 + N_{рт} \cdot 1 + N_{св} \cdot 1 \quad (2.5.13)$$

$$N_{л.с.} = 8 \cdot 3 + 8 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 6 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 3 \cdot 1 = 57 \text{ человек}$$

Требуемое количество отделений:

$$N_{отд.} = \frac{N_{л.с.}}{5}, \text{ отд.} \quad (2.5.14)$$

$$N_{отд.} = \frac{57}{5} = 12 \text{ отд.}$$

Таким образом, для тушения условного пожара в фанерном цехе ООО «УФПК» необходимо привлечение сил и средств по вызову № 3.

2.6 Организация надзорной деятельности за обеспечением противопожарного режима объекта

Основные функции управления надзорной деятельности и профилактической работы в области обеспечения пожарной безопасности:

1) осуществляет и организовывает в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, государственный пожарный надзор по соблюдению организациями и гражданами требований пожарной безопасности в отношении продукции, в том числе имущества граждан или юридических лиц, государственного или муниципального имущества (включая объекты, расположенные на территориях поселений, а также здания, сооружения, строения, технологические установки, оборудование, агрегаты и пр.) и территорий, к которым установлены или должны быть установлены обязательные требования пожарной безопасности;

2) принимает меры по результатам проверки для создания условий предотвращения пожара и защиты людей при пожаре;

3) осуществляет государственный пожарный надзор непосредственно, а также в лице государственных инспекторов соответствующих органов государственного пожарного надзора;

4) ведет государственный статистический учет пожаров;

5) организует и проводит государственный пожарный надзор за соблюдением требований пожарной безопасности органами местного самоуправления, информирует органы государственной власти, органы местного самоуправления о состоянии пожарной безопасности;

6) организует контроль за соответствием требованиям пожарной безопасности производства и реализации товаров (работ, услуг), подлежащих обязательной сертификации, а также за изготовителями (поставщиками) веществ, материалов, изделий и оборудования, в технической документации на которые в обязательном порядке указываются показатели их пожарной опасности и меры пожарной безопасности при обращении с ними.

2.7 Статистический анализ пожаров

Статистические данные о пожарах и последствиях от них по субъектам Российской Федерации за 2010-15 гг, представленные на официальном сайте Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее – МЧС России), сведены в таблицы 1 и 2.

Таблица 1 – Количество пожаров, произошедших в 2010-15 гг.

Наименование показателя	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Количество пожаров, тыс.ед.	179,5	168,5	162,9	153,5	150,8	145,6
В том числе:						
В городах, тыс.ед.	109,6	103,9	99,3	93,1	89,6	86,4
В сельской местности, тыс.ед.	69,8	64,7	63,7	60,4	61,2	59,2

Таблица 2 – Материальный ущерб от пожаров, произошедших в 2010-15 гг.

Наименование показателя	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Материальный ущерб от пожаров, тыс.руб.	14565008	18199471	15693390	14885340	18246565	18814077
В том числе:						
В городах	7100862	12839368	10864340	9091734	12466513	11496996
В сельской местности	7464147	5360103	4829050	5793605	5780053	7317081

В таблицах 3-4 приведены данные о числе погибших и травмированных людей при пожаре, произошедших в период с 2010 по 2015 на территории Российской Федерации (далее – РФ).

Таблица 3 – Информация о погибших при пожаре [3]

Наименование показателя	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Количество погибших людей, чел.	13061	12019	11652	10601	10138	9377
В том числе:						
В городах	6807	6143	5812	5211	4964	4543
В сельской местности	6869	6583	6254	5876	5840	5390

Таблица 4 – Информация о количестве людей, травмированных на пожаре

Наименование показателя	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Количество погибших людей, чел.	13117	12516	12229	11132	10997	10920
В том числе:						
В городах	8887	9151	8965	8570	8364	7575
В сельской местности	4000	4118	4152	3946	3865	3557

Увеличение материального ущерба также указывает на необходимость повышения внимания к мерам противопожарной защиты всех объектов на территории государства.

3 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Выбор объекта исследования, обоснование

Анализ статистики показывает, что пожар – частое явление, представляющее угрозу жизни и здоровью человека, наносящее огромный материальный ущерб, особенно на производстве.

Пожар в здании фанерного цеха случался многократно. В процессе самостоятельного изучения объекта был выявлен ряд нарушений обязательных требований или требований, установленных муниципальными правовыми актами:

- не определена категория взрывопожарной и пожарной опасности для сварочного поста (п. 20 Правил противопожарного режима Российской Федерации, утвержденный Постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 г. № 390);

- неисправна автоматическая пожарная сигнализация, чем нарушены требования (Приложение А к СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушение автоматические. Нормы и правила проектирования»);

- отсутствует система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (гл. 7 СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности»);

- внутренний противопожарный водопровод цеха (пожарные краны) не проверены на водоотдачу (п. 55 Правил противопожарного режима Российской Федерации, утвержденный Постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 г. №390);

- внутренний противопожарный водопровод не обеспечивает необходимого расхода воды на внутреннее пожаротушение (п. 4.1.1, таблица 2 СП 10.13130.2009).

3.2 Анализ существующих принципов, методов и средств обеспечения противопожарной безопасности

Изучив существующие методы и средства противопожарной защиты, сделан вывод о том, что наиболее оптимальными для защиты здания фанерного цеха от пожара являются:

- проектирование автоматической установки пожаротушения (далее – АУПТ);
- проектирование автоматической установки пожарной сигнализации;
- проектирование системы оповещения и управления эвакуацией (далее – СОУЭ).

3.3 Проектирование системы пожаротушения на объекте

В здании фанерного цеха предлагается оборудовать системой спринклерного пожаротушения тонкораспыленной водой с применением распылителей «Аквамастер».

В гидравлическом расчете принимаются исходные показатели:

- 1) интенсивность орошения – $0,06 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ при давлении $0,6 \text{ МПа}$;
- 2) нормативная площадь для расчета расхода воды – 90 м^2 ;
- 3) необходимое давление ($P_{\text{орос}}$) перед оросителем, не менее – $0,6 \text{ МПа}$;
- 4) коэффициент производительности оросителя (k) – $0,077$;
- 5) площадь орошения одним оросителем – 9 м^2 ;
- 6) продолжительность работы установок – не менее 20 мин ;
- 7) распределительный трубопровод – $\text{DN}25, \text{DN}32$.
- 8) питающий, магистральный трубопровод – $\text{DN}100$.

К питающим трубопроводам подсоединяются распределительные трубопроводы, на которых устанавливаются распылители.

Гидравлический расчет трубопровод для АУПТ в фанерном цехе приведен в ПРИЛОЖЕНИИ А.

Расстановка оросителей представлена на чертеже 3.

3.4 Проектирование пожарной сигнализации и системы оповещения и управления эвакуацией

Согласно Приложения А, таблицы А.3, СП 5.13130.2009 производственные помещения фанерного цеха необходимо:

- п. 5.2, помещения складского назначения категории В2-В3 по ПО в надземном размещении менее 1000 м² – оборудовать (АУПС);

- п. 38, помещения иного административного и общественного назначения, в том числе встроенные и пристроенные – требует для защиты здания оборудовать автоматическими установками пожарной сигнализации независимо от площади.

Пожарные извещатели не устанавливаются в помещениях с мокрыми процессами (душевые, санузлы и т.п.), венткамерах, насосных, в помещениях категории В4 и Д по пожарной опасности, лестничных клетках. Ручные пожарные извещатели устанавливаются на капитальных стенах и перегородках из гипскартона в непосредственной близости от эвакуационных выходов.

В состав системы АУПС и СОУЭ объекта входит:

- центральное оборудование (пульт контроля и управления, блок контроля и индикации, приборы приемно-контрольные, контрольно-пусковой блок, источники вторичного электропитания);

- конечное оборудование (точечные дымовые оптические пожарные извещатели дымовые «ИП 212-64», ручные пожарные извещатели «ИПР 513-11»).



Рисунок 6 - Дымовой пожарный извещатель «ИП 212-64»

Адрес извещателя устанавливается с помощью программатора адресных устройств ПКУ-1, с помощью подключения к технологической линии АЛСТ прибора «Рубеж-4А», «Рубеж-20П», ППКПУ серии «Водолей» либо непосредственно на месте установки в АЛС с приемно-контрольного прибора с помощью оптического тестера или тест-кнопки.

Извещатель ИПР 513-11 восстанавливаемый, работает в непрерывном режиме, в составе систем пожарной сигнализации: Рубеж-4А, Рубеж-2АМ, Рубеж-20П и ППКПУ 011249-2-1.



Рисунок 7 – Извещатель ручной ИПР 513-11

Центральное оборудование АУПС располагаются в помещении операторной.

Установка ручных пожарных извещателей производится на стенах согласно направлению пути эвакуации непосредственно у эвакуационной двери, со стороны дверной ручки с учетом следующих требований:

- высота установки 1500 ± 100 мм от уровня чистого пола до органа управления (рычага, кнопки и т.п.);
- расстояние от предметов, препятствующих свободному доступу к извещателю, согласно п.13.13.2 - не менее 750мм;
- расстояние от дверного косяка - не более 200мм.

Устанавливается 22 извещателя.

Адресная система пожарной сигнализации строится на основе прибора пожарного приемно-контрольного «Рубеж-4А».

К ПШКП также подключается существующая система оповещения и управления эвакуацией (оповещатели охранно-пожарные звуковые ОПОП 2-35). Также система пожаротушения интегрируется с установкой пожарной сигнализации по интерфейсу RS-285.

По степени обеспечения надежности электроснабжения электроприемники автоматических установок пожаротушения и систем пожарной сигнализации следует относить к I категории согласно Правилам устройства электроустановок.

В таблице 5 сведен состав системы пожарной сигнализации с указанием токопотребления для каждого устройства.

Таблица 5 – Токопотребление оборудования

Наименование оборудования	Количество, шт	Потребление тока, мА	
		в дежурном режиме, $I_{\text{деж}}$	в режиме «тревога», $I_{\text{трев}}$
Рубеж-2А	1	1000	1000
ИП 212-64	22	0,15	0,15
ИПР 513-11	4	0,17	0,17

Используя данные таблицы 2.3 для обеспечения бесперебойной работы в дежурном режиме в течение 24 ч, в режиме тревоги – 1 час, необходимо подсчитать емкость требуемой аккумуляторной батареи:

$$I = 24 \cdot I_{\text{деж}} + 1 \cdot I_{\text{трев}}, \text{ Ач} \quad (3.3.1)$$

$$I = 24 \cdot (1000 + 22 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,17) + (1000 + 22 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,17) \approx 24 \text{ Ач.}$$

Из расчета видно, что достаточно будет установить на объект один источник вторичного питания ИВЭПР 26/2 с одной аккумуляторной батареей Delta DTM1226 емкостью 26 Ач.

3.4 Проектирование системы оповещения и управления эвакуацией

Согласно 7 разделу, таблицы 2 – п.17 СПЗ.13130.2009 помещения фанерного цеха должны оборудоваться СОУЭ 3-го типа.

В состав СОУЭ 3-го типа входят (с пометкой «требуется»):

- речевое оповещение (передача специальных текстов);
- световые табло «Выход».

Учитывая особенность объекта проектирования, а также его площади производственных помещений, рекомендуется использовать распределенную систему типа «одинарная потолочная цепочка».

Расчет приведен на примере помещения цеха площадью 702 м².

Звуковые сигналы СОУЭ должны обеспечивать уровень звука не менее чем на 15 дБ выше допустимого уровня звука постоянного шума в защищаемом помещении (согласно п. 4.2).

$$SPL_{сум.} = SPL_{шум.} + 15 \text{ дБ}, \quad (3.4.1)$$

где $SPL_{шум.}$ – допустимый уровень звука постоянного шума в помещении.

По назначению помещения ожидаемый уровень фонового шума –67 дБ.

$$SPL_{сум.} = 67 + 15 = 82 \text{ дБ},$$

Необходимый уровень звукового давления, который должен развивать оповещатель в точке проводимого измерения, рассчитывается по формуле:

$$SPL_{он.} = SPL_{сум.} - 20 \text{Log}(1/L), \quad (3.4.2)$$

где 20 – постоянный коэффициент;

L – расстояние от оповещателя до точки измерения.

Так как максимальное расстояние в производственном помещении равно 24 м и запланировано установить два оповещателя по линии оси, то необходимый уровень звукового давления находится как:

$$SPL_{он.} = 82 - 20 \text{Log}(1/12), \text{ дБ}$$

$$SPL_{он.} = 103,6 \text{ дБ}$$

Для осуществления оповещения в здании цеха рекомендуется использовать прибор речевого оповещения «Рокот» (рисунок 8). Он

предназначен для трансляции речевой информации, предварительно записанных речевых сообщений при возникновении пожара или других экстремальных ситуаций, рассчитан на круглосуточную непрерывную работу.



Рисунок 8 – Прибор речевого оповещения пожарный «Рокот»

В качестве акустических систем рекомендуется использование АС-2-1. Система состоит из корпуса, крышки, платы подключения и динамической головки.

Площадь озвучивания одним оповещателем при условии обеспечения им звукового давления 82 дБ, рассчитывается как:

$$S_{on.} = L \cdot (L/1,5), \text{ м}^2 \quad (3.4.3)$$

где L – расстояние от оповещателя до дальней точки по оси оповещения;
 $(L/1,5)$ – ширина озвучивания по фронту оповещателя.

Расчет значения L производится как:

$$L = 1/10^{[SPL_{\text{сум.}} - SPL_{\text{оп.}}]/20}, \text{ м} \quad (3.4.4)$$

$$L = 1/10^{[82 - 103,6]/20} = 11,75 \text{ м.}$$

Тогда:

$$S_{on.} = 11,75 \cdot (11,75/1,5) = 92 \text{ м}^2$$

В здании цеха предлагается установить световой оповещатель «Молния – 12».

Расстановка оповещателей и световых табло «Выход» представлена на чертеже 5.

3.5 Определение расчетного времени эвакуации людей из здания фанерного цеха

Расчетное (фактическое) время эвакуации людей из помещений и зданий устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей.

При расчете весь путь движения людского потока разделяется на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной l_i и шириной δ_i . Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т. п. При определении расчетного времени длина и ширина каждого участка пути эвакуации принимаются по проекту.

В дверном проеме длина пути принимается равной 0,15 и 0,45 м. Проем, расположенный в стене толщиной более 0,7 м, а также тамбур, следует считать самостоятельным участком горизонтального пути, имеющим конечную длину l_i .

Расчет производится для варианта пребывания максимального количества людей в здании.

Время движения людского потока по первому участку пути t_1 вычисляется по формуле:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1}, \text{ мин} \quad (3.5.1)$$

где l_1 - длина первого участка пути, м;

v_1 - значение скорости движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, которое определяется по таблице 3 в зависимости от плотности людского потока D_1 .

Плотность потока D_i ($\text{м}^2/\text{м}^2$) характеризует размещение людей на участке эвакуационного пути и степень свободы их перемещения в потоке. Плотность людского потока определяется только для первоначальных

участков:

$$D_i = \frac{N_i \cdot f}{\delta_i \cdot l_i}, \text{ м}^2/\text{м}^2 \quad (3.5.2)$$

где N_1 - количество людей на участке;

f - средняя площадь горизонтальной проекции человека, м^2 ;

δ_i - ширина участка, м;

Средняя площадь горизонтальной проекции человека, м^2 :

– взрослого в домашней одежде – 0,1;

– взрослого в зимней одежде – 0,125;

– подростка – 0,07;

– взрослого с сумкой или портфелем – 0,16;

– взрослого с чемоданом – 0,35;

– взрослого с ребенком на руках и сумкой – 0,26.

Скорость движения людского потока на участках пути, следующих после первого участка, принимается в зависимости от значения интенсивности движения людского потока по каждому из этих участков пути q_i , которое определяется для всех участков пути, в том числе и для дверных проемов:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \text{ м/мин} \quad (3.5.3)$$

где δ_i, δ_{i-1} - ширина рассматриваемого i -го и предшествующего ему участка пути, м;

q_i, q_{i-1} - значения интенсивности движения людского потока по рассматриваемому i -му и предшествующему участкам пути, м/мин.

Если значение q_i меньше или равно значению q_{max} , то время движения по участку пути t_i вычисляется по формуле:

$$t_i = \frac{l_i}{v_i}, \text{ мин} \quad (3.5.4)$$

где l_i - длина i -го участка пути, м.

При этом значения q_{max} следует принимать:

- для горизонтальных путей - 16,5 м/мин;
- для дверных проемов - 19,6 м/мин;
- для лестницы вниз - 16 м/мин;
- для лестницы вверх - 11 м/мин.

Таблица 6 – Данные для определения скорости и интенсивности движения

Плотность потока D_i $м^2/м^2$	Горизонтальный путь		Дверной проем	Лестница вниз	
	Скорость v м/мин.	Интенсив-ность q м/мин	Интенсив-ность q м/мин	Скорость v м/мин.	Интенсив-ность q м/мин
0,01	100,0	1,0	1,0	100,0	1,0
0,05	100,0	5,0	5,0	100,0	5,0
0,10	80,0	8,0	8,7	95,0	9,5
0,20	60,0	12,0	13,4	63,0	13,6
0,30	47,0	14,1	16,5	52,0	15,6
0,40	39,0	15,6	18,4	40,0	16,0
0,50	33,0	16,5	19,6	31,0	15,5
0,60	27,0	16,2	19,0	24,0	14,4
0,70	23,0	16,5	18,0	18,0	12,6
0,80	19,0	15,2	17,3	13,0	10,4
0,90 и более	15,0	13,5	8,5	8,0	7,2

Примечание: в случае, если известные величины имеют промежуточные значения, то искомая величина определяется методом линейной интерполяции. Сущность метода интерполяции представлена формулой:

$$N = N_1 + \frac{(N_2 - N_1) \cdot (Z - Z_1)}{(Z_2 - Z_1)} \quad (3.5.5)$$

где N - искомая величина;

N_1, N_2 - граничные значения искомой величины ($N_2 > N_1$);

Z - известная величина;

Z_1, Z_2 - граничные значения известной величины ($Z_2 > Z_1$).

Метод экстраполяции применим для нахождения значений за

пределами зоны, определенной в таблице:

$$H = H_2 + \frac{(H_2 - H_1) \cdot (3 - 3_2)}{(3_2 - 3_1)} \quad (3.5.6)$$

Если значение $q_i > q_{max}$, то на данном участке пути из-за образования скоплений будут задержки.

Задержки учитываются путем дополнительного расчета времени задержки t_i^3 по формуле Предтеченского В. М.:

$$t_i^3 = N \cdot f \cdot \left(\frac{1}{q_{пред} \cdot \delta_i} - \frac{1}{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}} \right), \text{ мин} \quad (3.5.7)$$

где N - количество людей на участке;

$q_{пред}$ - предельное значение интенсивности движения потока, м/мин.

Параметр $q_{пред}$ находится по таблице 3.1 при значении $D = 0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ и более.

Табличное значение интенсивности движения в дверном проеме при значении $D = 0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ и более, равное 8,5 м/мин установлено для дверного проема шириной 1,6 м и более, а при дверном проеме меньшей ширины интенсивность движения следует определять по формуле:

$$q_{пред} = 2,5 + 3,75 \cdot \delta_i, \text{ м/мин} \quad (3.5.8)$$

В дальнейших расчетах для последующего участка значения параметров интенсивности принимаются по предельному значению.

Время движения на участке в случае расчета на данном участке времени задержки определяется по формуле:

$$t_i = \frac{l_i}{v_{пред}} + t_i^3, \text{ мин} \quad (3.5.9)$$

где $v_{пред}$ - предельное значение скорости движения людского потока, м/мин.

При слиянии в начале i -го участка двух и более людских потоков интенсивность движения q_i определяется по формуле:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \text{ м/мин} \quad (3.5.10)$$

где q_{i-1} - интенсивность движения людских потоков, слившихся в начале i -го участка, м/мин;

δ_i - ширина рассматриваемого участка пути, м.

Расчетное время эвакуации людей (t_p) следует определять как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути t_i по формуле:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i, \text{ мин} \quad (3.5.11)$$

где t_1 – время движения людского потока на первом (начальном) участке, мин;

t_2, t_3, \dots, t_i – время движения людского потока на каждом из следующих после первого участка пути мин.

3.5.1 Определение расчетного времени эвакуации из помещений фанерного цеха

Данные, необходимые для расчетов, приняты в соответствии с техническим паспортом объекта.

Расчетная схема эвакуации из помещений цеха приведена на рисунке 9.

Средняя площадь горизонтальной проекции человека – $0,1 \text{ м}^2$.

Маршрут № 1 (участки 1-5).

Участок 1 (длина 16,62 м, ширина 36,4 м, количество людей 10 человек). Плотность потока на данном участке составит:

$$D_1 = \frac{10 \cdot 0,1}{16,62 \cdot 36,4} = 0,001$$

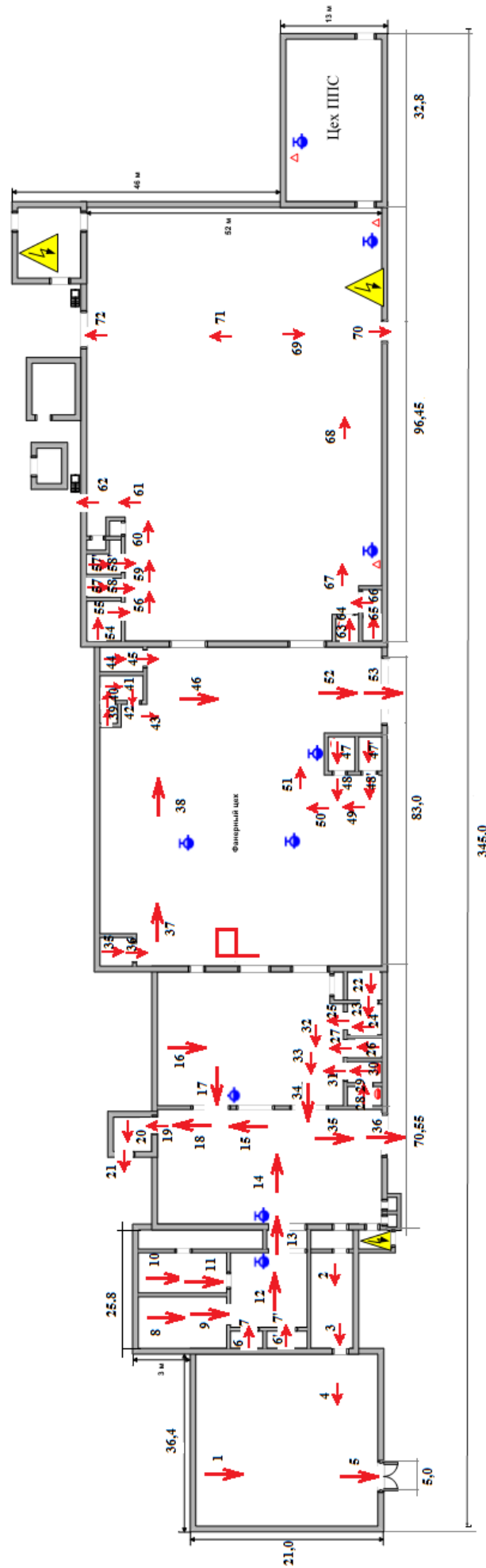


Рисунок 9 - Расчетная схема эвакуации людей из помещений фанерного цеха

$$q_1 = 1 \text{ м/мин}, \quad v_1 = 100 \text{ м/мин.}$$

Время движения на первом участке составит:

$$t_1 = \frac{16,62}{100} = 0,166 \text{ мин}$$

Участок 2 (длина 19,8 м, ширина 4,9 м, количество людей 4 человека).

$$D_2 = \frac{4 \cdot 0,1}{4,9 \cdot 19,8} = 0,004 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

По таблице 3.1 $q_2 = 1 \text{ м/мин}$, $v_2 = 100 \text{ м/мин}$.

$$t_2 = \frac{19,8}{100} = 0,198 \text{ мин}$$

Участок 3. Дверной проем (ширина 1,2 м, длина участка 0,65 м)

Интенсивность движения на данном участке составит:

$$q_3 = \frac{1,0 \cdot 4,9}{1,2} = 4,0 \text{ м/мин.}$$

По таблице 3.1 $v_3 = 100 \text{ м/мин}$.

$$t_3 = \frac{0,65}{100} = 0,006 \text{ мин}$$

Участок 4 (ширина 6,85 м, длина участка 22,1 м).

$$q_4 = \frac{4,0 \cdot 1,2}{6,85} = 0,7 \text{ м/мин.}$$

По таблице 3.1 $v_4 = 100 \text{ м/мин}$.

$$t_4 = \frac{22,1}{100} = 0,221 \text{ мин}$$

Участок 5. Слияние участков 1 и 4, дверной проем (ширина 5,0 м, длина 0,65 м)

Интенсивность движения на данном участке составит:

$$q_5 = \frac{1,0 \cdot 36,4 + 0,7 \cdot 6,85}{5,0} = 8,24 \text{ м/мин.}$$

Скорость на данном участке определяется методом интерполяции:

$$v_5 = 80 + \frac{(100 - 80) \cdot (8,24 - 5,0)}{8,7 - 5,0} = 97,5 \text{ м/мин.}$$

Время движения составит:

$$t_5 = \frac{0,65}{97,5} = 0,006 \text{ мин.}$$

Маршрут № 2 (участки 6-21).

Участок 6 (6') (длина 3,18 м, ширина 4,6 м, количество людей 1 человек). Плотность потока на данном участке составит:

$$D_6 = \frac{1 \cdot 0,1}{3,18 \cdot 4,6} = 0,007 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

По таблице 3.1 $q_6 = 1$ м/мин, $v_6 = 100$ м/мин.

$$t_6 = \frac{3,18}{100} = 0,032 \text{ мин}$$

Участок 7 (7'). Дверной проем (ширина 1,2 м, длина участка 0,65 м)

Интенсивность движения на данном участке составит:

$$q_7 = \frac{1,0 \cdot 4,6}{1,2} = 3,83 \text{ м/мин.}$$

По таблице 3.1 $v_7 = 100$ м/мин.

$$t_7 = \frac{0,65}{100} = 0,006 \text{ мин}$$

Участок 8 (длина 6,11 м, ширина 4,4 м, количество людей 4 человека).

Плотность потока на данном участке составит:

$$D_8 = \frac{4 \cdot 0,1}{6,11 \cdot 4,4} = 0,015 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

По таблице 3.1 $q_8 = 1,5$ м/мин, $v_8 = 100$ м/мин.

$$t_8 = \frac{6,11}{100} = 0,061 \text{ мин}$$

Участок 9. Дверной проем (ширина 0,9 м, длина участка 0,65 м)

$$q_9 = \frac{1,5 \cdot 4,4}{0,9} = 7,33 \text{ м/мин.}$$

$$v_9 = 80 + \frac{(100 - 80) \cdot (7,33 - 5,0)}{8,7 - 5,0} = 92,6 \text{ м/мин.}$$

$$t_9 = \frac{0,65}{92,6} = 0,007 \text{ мин}$$

Участок 10 (длина 6,11 м, ширина 3,88 м, количество людей 4 человека).

$$D_{10} = \frac{4 \cdot 0,1}{6,11 \cdot 3,88} = 0,017 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

По таблице 3.1 $q_{10} = 1,7$ м/мин, $v_{10} = 100$ м/мин.

$$t_{10} = \frac{6,11}{100} = 0,061 \text{ мин}$$

Участок 11. Дверной проем (ширина 0,9 м, длина участка 0,65 м)

$$q_{11} = \frac{1,7 \cdot 3,88}{0,9} = 7,33 \text{ м/мин.}$$

$$v_{11} = 80 + \frac{(100 - 80) \cdot (7,33 - 5,0)}{8,7 - 5,0} = 92,6 \text{ м/мин.}$$

$$t_{11} = \frac{0,65}{92,6} = 0,007 \text{ мин}$$

Участок 12 (длина 16,14 м, ширина 14,05 м). Слияние участков 7, 7', 9 и 11. Интенсивность движения на данном участке составит:

$$q_{12} = \frac{3,83 \cdot 1,2 + 3,83 \cdot 1,2 + 7,33 \cdot 0,9 + 7,33 \cdot 0,9}{14,05} = 1,6 \text{ м/мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{12} = 100$ м/мин.

$$t_{12} = \frac{16,14}{100} = 0,161 \text{ мин}$$

Участок 13 (длина 4,2 м, ширина 7,05 м)

$$q_{13} = \frac{1,6 \cdot 14,05}{7,05} = 3,2 \text{ м/мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{13} = 100$ м/мин.

Время движения составит:

$$t_{13} = \frac{4,2}{100} = 0,042 \text{ мин.}$$

Участок 14 (длина 30,6 м, ширина 3,70 м)

$$q_{14} = \frac{3,2 \cdot 7,05}{3,7} = 6,1 \text{ м/мин.}$$

$$v_{14} = 80 + \frac{(100 - 80) \cdot (6,1 - 5,0)}{8,0 - 5,0} = 87,33 \text{ м/мин.}$$

$$t_{14} = \frac{30,6}{87,33} = 0,35 \text{ мин}$$

Участок 15 (длина 4,25 м, ширина 3,88 м)

$$q_{15} = \frac{6,1 \cdot 3,7}{3,88} = 5,82 \text{ м/мин.}$$

$$v_{15} = 80 + \frac{(100 - 80) \cdot (5,82 - 5,0)}{8,0 - 5,0} = 85,46 \text{ м/мин.}$$

$$t_{15} = \frac{4,25}{85,46} = 0,05 \text{ мин}$$

Участок 16 (длина 5,81 м, ширина 2,4 м, количество людей 6 человек)

$$D_{16} = \frac{6 \cdot 0,1}{5,81 \cdot 2,4} = 0,043 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

По таблице 3.1 $q_{16} = 4,3$ м/мин, $v_{16} = 100$ м/мин.

$$t_{16} = \frac{5,81}{100} = 0,058 \text{ мин}$$

Участок 17 (длина 5,66 м, ширина 2,37 м).

Интенсивность на данном участке составит:

$$q_{17} = \frac{4,3 \cdot 2,4}{2,37} = 4,35 \text{ м / мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{17} = 100$ м/мин, тогда время движения людского потока на участке составит:

$$t_{17} = \frac{5,66}{100} = 0,056 \text{ мин}$$

Участок 18 (длина 5,66 м, ширина 3,90 м). Слияние участков 15 и 17.

Интенсивность движения на данном участке составит:

$$q_{18} = \frac{5,82 \cdot 3,88 + 4,35 \cdot 2,37}{3,90} = 8,43 \text{ м / мин.}$$

Скорость на данном участке определяется методом интерполяции:

$$v_{18} = 60 + \frac{(80 - 60) \cdot (8,43 - 8,0)}{12,0 - 8,0} = 62,15 \text{ м / мин.}$$

Время движения составит:

$$t_{18} = \frac{5,66}{62,15} = 0,091 \text{ мин.}$$

Участок 19. Дверной проем (ширина 1,88 м, длина участка 0,65 м)

$$q_{19} = \frac{8,43 \cdot 3,9}{1,88} = 17,5 \text{ м / мин.}$$

Так как $q_{19} (17,5) < q_{max} (19,6)$, то на данном участке пути задержек из-за скопления людей не будет.

$$v_{19} = 39 + \frac{(47 - 39) \cdot (17,5 - 16,5)}{18,4 - 16,5} = 43,2 \text{ м/мин.}$$

Время движения составит:

$$t_{19} = \frac{0,65}{43,2} = 0,015 \text{ мин.}$$

Участок 20 (длина 8,10 м, ширина 6,84 м)

$$q_{20} = \frac{17,5 \cdot 1,88}{6,84} = 4,8 \text{ м/мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{20} = 100$ м/мин, тогда время движения людского потока на участке составит:

$$t_{20} = \frac{8,10}{100} = 0,081 \text{ мин.}$$

Участок 21. Дверной проем (ширина 1,88 м, длина участка 0,65 м)

$$q_{21} = \frac{4,8 \cdot 6,84}{1,88} = 17,5 \text{ м/мин.}$$

$$v_{21} = 39 + \frac{(47 - 39) \cdot (17,5 - 16,5)}{18,4 - 16,5} = 43,2 \text{ м/мин.}$$

Время движения составит:

$$t_{21} = \frac{0,65}{43,2} = 0,015 \text{ мин.}$$

Маршрут № 3 (участки 22-34).

Участок 22 (длина 4,8 м, ширина 5,14 м, количество людей 1 человек).

Плотность потока на данном участке составит:

$$D_{22} = \frac{1 \cdot 0,1}{4,8 \cdot 5,14} = 0,004 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

По таблице 3.1 $q_{22} = 1$ м/мин, $v_{22} = 100$ м/мин.

$$t_{22} = \frac{4,8}{100} = 0,048 \text{ мин}$$

Участок 23. Дверной проем (ширина 1,2 м, длина участка 0,65 м)

Интенсивность движения на данном участке составит:

$$q_{23} = \frac{1,0 \cdot 5,14}{1,2} = 4,3 \text{ м / мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{23} = 100$ м/мин.

$$t_{23} = \frac{0,65}{100} = 0,006 \text{ мин}$$

Участок 24 (длина 5,14 м, ширина 4,8 м)

$$q_{24} = \frac{4,3 \cdot 1,2}{4,8} = 1,075 \text{ м / мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{24} = 100$ м/мин.

$$t_{24} = \frac{5,14}{100} = 0,051 \text{ мин}$$

Участок 25. Дверной проем (ширина 1,2 м, длина участка 0,65 м)

Интенсивность движения на данном участке составит:

$$q_{25} = \frac{1,075 \cdot 4,8}{1,2} = 4,3 \text{ м / мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{25} = 100$ м/мин.

$$t_{25} = \frac{0,65}{100} = 0,006 \text{ мин}$$

Участок 26 (длина 5,14 м, ширина 2,62 м, 2 человека)

Плотность потока на данном участке составит:

$$D_{26} = \frac{2 \cdot 0,1}{5,14 \cdot 2,62} = 0,01 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

По таблице 3.1 $q_{26} = 1$ м/мин, $v_{26} = 100$ м/мин.

$$t_{26} = \frac{5,14}{100} = 0,051 \text{ мин}$$

Участок 27. Дверной проем (ширина 1,2 м, длина участка 0,65 м)

Интенсивность движения на данном участке составит:

$$q_{27} = \frac{1,0 \cdot 2,62}{1,2} = 2,18 \text{ м / мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{27} = 100$ м/мин.

$$t_{27} = \frac{0,65}{100} = 0,006 \text{ мин}$$

Участок 28 (длина 4,8 м, ширина 5,14 м, количество людей 1 человек).

Плотность потока на данном участке составит:

$$D_{28} = \frac{1 \cdot 0,1}{4,8 \cdot 5,14} = 0,004 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

По таблице 3.1 $q_{28} = 1$ м/мин, $v_{28} = 100$ м/мин.

$$t_{28} = \frac{4,8}{100} = 0,048 \text{ мин}$$

Участок 29. Дверной проем (ширина 1,2 м, длина участка 0,65 м)

Интенсивность движения на данном участке составит:

$$q_{29} = \frac{1,0 \cdot 5,14}{1,2} = 4,3 \text{ м / мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{29} = 100$ м/мин.

$$t_{29} = \frac{0,65}{100} = 0,006 \text{ мин}$$

Участок 30 (длина 5,14 м, ширина 4,8 м)

$$q_{30} = \frac{4,3 \cdot 1,2}{4,8} = 1,075 \text{ м/мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{30} = 100$ м/мин.

$$t_{30} = \frac{5,14}{100} = 0,051 \text{ мин}$$

Участок 31. Дверной проем (ширина 1,2 м, длина участка 0,65 м)

Интенсивность движения на данном участке составит:

$$q_{31} = \frac{1,075 \cdot 4,8}{1,2} = 4,3 \text{ м/мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{31} = 100$ м/мин.

$$t_{31} = \frac{0,65}{100} = 0,006 \text{ мин}$$

Участок 32 (длина 6,3 м, ширина 3,45 м)

$$q_{32} = \frac{4,3 \cdot 1,2}{3,45} = 1,5 \text{ м/мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{32} = 100$ м/мин.

$$t_{32} = \frac{6,3}{100} = 0,063 \text{ мин}$$

Участок 33 (длина 6,11 м, ширина 3,45 м), слияние участков 27 и 32.

Интенсивность движения на данном участке составит:

$$q_{33} = \frac{2,18 \cdot 1,2 + 1,5 \cdot 3,45}{3,45} = 2,26 \text{ м/мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{33} = 100$ м/мин.

Время движения составит:

$$t_{33} = \frac{6,11}{100} = 0,061 \text{ мин.}$$

Участок 34. Дверной проем (длина 4,8 м, ширина 4,8 м), слияние участков 31 и 33.

Интенсивность движения на данном участке составит:

$$q_{34} = \frac{4,3 \cdot 1,2 + 2,26 \cdot 3,45}{4,8} = 2,7 \text{ м/мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{34} = 100$ м/мин.

Время движения составит:

$$t_{34} = \frac{4,8}{100} = 0,048 \text{ мин.}$$

Участок 35 (длина 8,74 м, ширина 5,20 м)

$$q_{35} = \frac{2,7 \cdot 4,8}{5,2} = 2,5 \text{ м/мин.}$$

По таблице 3.1 $v_{35} = 100$ м/мин.

Время движения составит:

$$t_{35} = \frac{8,74}{100} = 0,087 \text{ мин.}$$

Участок 36. Дверной проем (ширина 2,08 м, длина участка 0,65 м)

$$q_{36} = \frac{2,5 \cdot 5,2}{2,08} = 6,25 \text{ м/мин.}$$

Скорость на данном участке определяется методом интерполяции:

$$v_{36} = 80 + \frac{(100 - 80) \cdot (6,25 - 5,0)}{8,7 - 5,0} = 86,75 \text{ м/мин.}$$

Время движения составит:

$$t_{36} = \frac{0,65}{86,75} = 0,007 \text{ мин.}$$

Маршрут № 4 (участки 35-53).

Таблица 7 – Эвакуация по четвертому маршруту

№ уч.	Длина, м	Ширина, м	Количество людей	Интенсивность, м/мин	Скорость, м/мин	Время, мин
35	5,14	2,62	2	1,0	100	0,051
36	0,65	1,2	2	2,18	100	0,006
37	32,4	2,4	2	1,09	100	0,324
38	18,1	2,66	2	1,0	100	0,181
39	4,8	5,14	1	1,0	100	0,048
40	0,65	1,2	1	4,3	100	0,006
41	5,14	4,8	1	1,075	100	0,051
42	0,65	1,2	2	4,3	100	0,006
43	2,9	1,84	2	2,8	100	0,029
44	5,14	2,62	2	1,0	100	0,051
45	0,65	1,2	2	2,18	100	0,006
46	16,22	4,01	6	2,6	100	0,162
47	5,14	2,62	2	1,0	100	0,051
48	0,65	1,2	2	2,18	100	0,006
49	2,58	3,8	2	0,7	100	0,026
50	3,91	2,06	4	2,56	100	0,039
51	10,3	4,05	4	1,3	100	0,103
52	6,18	5,94	10	2,64	100	0,062
53	0,65	2,44	10	6,42	87,7	0,007

Маршрут № 5 (участки 54-62).

Таблица 8 – Эвакуация по пятому маршруту

№ уч.	Длина, м	Ширина, м	Количество людей	Интенсивность, м/мин	Скорость, м/мин	Время, мин
54	5,14	2,62	2	1,0	100	0,051
55	0,65	1,2	2	2,18	100	0,006
56	4,6	2,88	2	0,9	100	0,046
57	2,62	1,9	1	1,0	100	0,026
58	0,65	0,9	1	2,11	100	0,006
59	2,11	1,12	3	4,0	100	0,021
60	4,6	1,12	4	4,0	100	0,046
61	2,63	4,4	4	1,02	100	0,026
62	0,66	0,98	4	4,6	100	0,006

Маршрут № 6 (участки 63-70).

Таблица 9 – Эвакуация по шестому маршруту

№ уч.	Длина, м	Ширина, м	Количество людей	Интенсивность, м/мин	Скорость, м/мин	Время, мин
63	5,14	2,62	2	1,0	100	0,051
64	0,65	1,2	2	2,18	100	0,006
65	7,04	2,82	1	1,0	100	0,07
66	3,1	2,9	1	1,0	100	0,031
67	18,11	1,18	3	4,67	100	0,181
68	30,2	3,8	3	1,45	100	0,302
69	11,5	4,02	2	1,0	100	0,115
70	0,68	1,2	5	3,35	100	0,007

Маршрут № 7 (участки 71-72).

Таблица 10 – Эвакуация по седьмому маршруту

№ уч.	Длина, м	Ширина, м	Количество людей	Интенсивность, м/мин	Скорость, м/мин	Время, мин
71	40,5	4,18	2	1,0	100	0,405
72	0,72	2,14	2	1,95	100	0,007

Маршрут № 8 (участки 73-74).

Таблица 11 – Эвакуация по восьмому маршруту

№ уч.	Длина, м	Ширина, м	Количество людей	Интенсивность, м/мин	Скорость, м/мин	Время, мин
73	28,5	8,6	4	1,0	100	0,285
74	0,7	1,92	4	4,48	100	0,007

Наибольшее время эвакуации людей по первому маршруту составляет:

$$t_{м.1(1)} = t_1 + t_5 = 0,166 + 0,006 = 0,172 \text{ мин}$$

$$t_{м.1(2)} = t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 0,198 + 0,006 + 0,221 + 0,006 = 0,431 \text{ мин}$$

Наибольшее время эвакуации людей по второму маршруту составляет:

$$t_{м.2(1)} = t_6 + t_7 + t_{12} + \dots + t_{15} + t_{18} + \dots + t_{21} = 0,032 + 0,006 + 0,161 + 0,042 + 0,35 + 0,05 + 0,091 + 0,015 + 0,081 + 0,015 = 0,843 \text{ мин}$$

$$t_{м.2(2)} = t_8 + t_9 + t_{12} + \dots + t_{15} + t_{18} + \dots + t_{21} = 0,061 + 0,007 + 0,161 + 0,042 + 0,35 + 0,05 + 0,091 + 0,015 + 0,081 + 0,015 = 0,873 \text{ мин}$$

$$t_{м.2(3)} = t_{16} + \dots + t_{21} = 0,058 + 0,056 + 0,091 + 0,015 + 0,081 + 0,015 = 0,316 \text{ мин}$$

Наибольшее время эвакуации людей по третьему маршруту составляет:

$$t_{м.3(1)} = t_{22} + \dots + t_{25} + t_{32} + \dots + t_{36} = 0,048 + 0,006 + 0,051 + 0,006 + 0,063 + 0,061 + 0,048 + 0,087 + 0,007 = 0,377 \text{ мин}$$

$$t_{м.3(2)} = t_{26} + t_{27} + t_{33} + \dots + t_{36} = 0,051 + 0,006 + 0,061 + 0,048 + 0,087 + 0,007 = 0,26 \text{ мин}$$

$$t_{м.3(3)} = t_{28} + \dots + t_{31} + t_{34} + \dots + t_{36} = 0,048 + 0,006 + 0,051 + 0,006 + 0,048 + 0,087 + 0,007 = 0,253 \text{ мин}$$

Наибольшее время эвакуации людей по четвертому маршруту находится как:

$$t_{м.4(1)} = t_{35} + t_{36} + t_{37} + t_{38} + t_{46} + t_{52} + t_{53} = 0,051 + 0,006 + 0,324 + 0,181 + 0,162 + 0,062 + 0,007 = 0,793 \text{ мин}$$

$$t_{м.4(2)} = t_{39} + \dots + t_{43} + t_{46} + t_{52} + t_{53} = 0,048 + 0,006 + 0,051 + 0,006 + 0,029 + 0,162 + 0,062 + 0,007 = 0,371 \text{ мин}$$

$$t_{м.4(3)} = t_{44} + t_{45} + t_{46} + t_{52} + t_{53} = 0,051 + 0,006 + 0,162 + 0,062 + 0,007 = 0,288 \text{ мин}$$

$$t_{м.4(4)} = t_{47} + t_{48} + t_{49} + t_{50} + t_{51} + t_{52} + t_{53} = 0,051 + 0,006 + 0,026 + 0,039 + 0,103 + 0,062 + 0,007 = 0,294 \text{ мин}$$

Наибольшее время эвакуации людей по пятому маршруту составляет:

$$t_{м.5(1)} = t_{54} + t_{55} + t_{56} + t_{59} + t_{60} + t_{61} + t_{62} = 0,051 + 0,006 + 0,046 + 0,021 + 0,046 + 0,026 + 0,006 = 0,202 \text{ мин}$$

Наибольшее время эвакуации людей по шестому маршруту находится как:

$$t_{м.6(1)} = t_{63} + t_{64} + t_{67} + t_{68} + t_{70} = 0,051 + 0,006 + 0,181 + 0,302 + 0,007 = 0,547 \text{ мин}$$

$$t_{м.6(2)} = t_{65} + t_{66} + t_{67} + t_{68} + t_{70} = 0,07 + 0,031 + 0,181 + 0,302 + 0,007 = 0,591 \text{ мин}$$

$$t_{м.6(3)} = t_{69} + t_{70} = 0,115 + 0,007 = 0,122 \text{ мин}$$

Наибольшее время эвакуации людей по седьмому маршруту составляет:

$$t_{м.7} = t_{71} + t_{72} = 0,405 + 0,007 = 0,412 \text{ мин}$$

Наибольшее время эвакуации людей по восьмому маршруту составляет:

$$t_{м.8} = t_{73} + t_{74} = 0,285 + 0,007 = 0,292 \text{ мин}$$

Таким образом, наиболее продолжительным по времени является маршрут эвакуации людей, состоящий из участков 8, 9, 12-15, 18-21, который составляет 0,873 минуты.

Общее фактическое время эвакуации людей из всех помещений здания фанерного цеха ООО «УФПК» составляет 0,873 минуты.

3.6 Определение необходимого времени эвакуации людей из здания фанерного цеха

Для каждой из выбранных схем развития пожара рассчитывается критическая для человека продолжительность пожара по следующим факторам: повышенной температуре $t_{крj}^T$; потере видимости в дыму $t_{крj}^{ПВ}$; токсичным газам $t_{крj}^{ТГ}$; пониженному содержанию кислорода $t_{крj}^{O_2}$. Полученные значения сравниваются между собой и из них выбирается минимальное, которое и является критической продолжительностью пожара по j -й расчетной схеме.

Затем определяется наиболее опасная схема развития пожара в данном помещении. С этой целью по каждой из схем рассчитывается количество выгоревшего к моменту $t_{крj}$ материала m_j и сравнивается с общим количеством данного материала M_j , которое может быть охвачено пожаром по рассматриваемой схеме. Полученное значение $t_{кр}$ принимается в качестве критической продолжительности пожара для рассматриваемого помещения.

По значению $t_{кр}$ определяется необходимое время эвакуации людей из данного помещения.

Для одиночного помещения высотой не более 6 м допускается определять критические времена по каждому из ОФП с помощью аналитических соотношений:

- по повышенной температуре

$$t_{кр}^{m.z.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (3.6.1)$$

- по потере видимости

$$t_{кр}^{П.В.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot \ln \cdot (1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (3.6.2)$$

- по пониженному содержанию кислорода

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (3.6.3)$$

- по каждому из газообразных токсичных продуктов горения

$$t_{кр}^{m.z.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (3.6.4)$$

где $B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_n}$ – размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания

материала и свободного объема помещения, кг;

t_0 – начальная температура воздуха в помещении, °С;

n – показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени;

A – размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара, кг/с;

Z – безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения;

Q_n – низшая теплота сгорания материала, МДж/кг;

C_p – удельная изобарная теплоемкость газа, МДж/кг;

φ – коэффициент теплопотерь (принимается по данным справочной литературы, при отсутствии данных может быть принят равным 0,25);

η – коэффициент полноты горения;

V – свободный объем помещения, м³;

a – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;

E – начальная освещенность, лк;

l_{np} – предельная дальность видимости в дыму, м;

D_m – дымообразующая способность горящего материала, Нп·м²/кг;

L – удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг/кг;

X – предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг м⁻³;

L_{O_2} – удельный расход кислорода, кг/кг.

Если под знаком логарифма получается отрицательное число, то ОФП не представляет опасности.

Параметр z вычисляется по формуле:

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right), \text{ при } h \leq 6 \text{ м} \quad (3.6.5)$$

где h – высота рабочей зоны, м;

H – высота помещения, м.

Определяется высота рабочей зоны:

$$h = h_{нл} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta \quad (3.6.6)$$

где $h_{нл}$ – высота площадки, на которой находятся люди, над полом помещения, м;

δ – разность высот пола, равная нулю при горизонтальном его расположении, м.

Параметр A определяется по формуле:

$$A = 1,05 \cdot \psi_F \cdot v^2 \quad (3.6.7)$$

где ψ_F – удельная массовая скорость выгорания материала, кг/(м²·с);

v – линейная скорость распространения, м·с⁻¹

Предполагается, что пожар произошел в помещении фанерного цеха, в результате замыкания проводки произошло возгорание.

Время наступления ОФП происходит при горении фанеры.

Начальная температура воздуха в помещении $t_o = 20^\circ\text{C}$.

1. Показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени $n = 3$ [Рекомендации по расчету параметров эвакуации людей на основании положений ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования].

2. Низшая теплота сгорания материала $Q = 16,1$ МДж/кг [Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов. – М.: ВНИИПО, 2012. – 242 с].

Удельная изобарная теплоемкость газа $C_p = 0,00134$ МДж/кг.

Коэффициент теплопотерь φ (принимается по данным справочной литературы, при отсутствии данных может быть принят равным 0,25).

Коэффициент полноты горения $\eta = 0,93$.

Коэффициент отражения предметов на путях эвакуации $\alpha = 0,3$.

Начальная освещенность $E = 50$ лк.

Предельная дальность видимости в дыму $l_{пр} = 20$ м.

Дымообразующая способность горящего материала $D_m = 81$ Нп·м²/кг.

Удельная массовая скорость выгорания жидкости $\psi_F = 0,012$ кг/(м²·с).

Линейная скорость распространения $v = 0,019$ м·с⁻¹ [36]

Предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении [36]:

$$- X_{CO} = 0,00116 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3};$$

$$- X_{CO_2} = 0,11 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$$

Выделение токсичных продуктов горения [36]:

$$- L_{CO_2} = 1,06 \text{ кг/кг};$$

$$- L_{CO} = 0,072 \text{ кг/кг}.$$

Удельный расход кислорода $L_{O_2} = 1,18$ кг/кг [36].

Параметр A :

$$A = 1,05 \cdot 0,012 \cdot 0,019^2 = 0,0000045 \text{ кг/с}.$$

Высота рабочей зоны:

$$h = 0 + 1,7 - 0,5 \cdot 0 = 1,7 \text{ м}.$$

Параметр Z :

$$Z = \frac{1,7}{7} \cdot \exp \left(1,4 \cdot \frac{1,7}{7} \right) = 0,33$$

Свободный объем помещения:

$$V_{св} = 0,8 \cdot 83 \cdot 52 \cdot 7 = 24169 \text{ м}^3.$$

Параметр B :

$$B = \frac{353 \cdot 0,00134 \cdot 24169}{(1 - 0,25) \cdot 0,93 \cdot 16,1} = 1018,9 \text{ кг.}$$

Определяется время наступление опасного фактора пожара:

- по повышенной температуре

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{1018,9}{0,0000045} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - 20}{(273 + 20) \cdot 0,33} \right] \right\}^{\frac{1}{3}} = 422 \text{ сек,}$$

- по потере видимости

$$t_{кр}^{н.в.} = \left\{ \frac{1018,9}{0,0000045} \cdot \ln \left[1 - \frac{24169 \cdot \ln \cdot (1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 1018,9 \cdot 81 \cdot 0,33} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = 197 \text{ сек,}$$

- по пониженному содержанию кислорода

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{1018,9}{0,0000045} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{1018,9 \cdot 1,18}{24169} + 0,27 \right) \cdot 0,33} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = 458 \text{ сек,}$$

- по каждому из газообразных токсичных продуктов горения

по CO_2

$$t_{кр}^{CO_2} = \left\{ \frac{1018,9}{0,0000045} \cdot \ln \left[1 - \frac{24169 \cdot 0,11}{1018,9 \cdot 1,06 \cdot 0,33} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = \ln(-6,46),$$

по CO :

$$t_{кр}^{CO} = \left\{ \frac{1018,9}{0,0000045} \cdot \ln \left[1 - \frac{24169 \cdot 0,00116}{1018,9 \cdot 0,072 \cdot 0,33} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = \ln(-0,158).$$

Отрицательное число под знаком логарифма означает, что двуокись углерода CO_2 (углекислый газ) и оксид углерода CO (угарный газ) в данном случае не представляет для человека опасность и в расчет не берется.

Критическая продолжительность пожара рассчитывается по формуле:

$$t_{кр} = \min t_{ф}; t_{кр}^{ПВ}; t_{кр}^{O_2}, \quad (3.6.8)$$

$$t_{кр} = \min 42; 197; 458,$$

$$t_{кр} = t_{кр}^{ПВ} = 197 \text{ сек.}$$

Таким образом, время блокирования путей эвакуации наступает при потере видимости и составляет 197 сек.

Необходимое время эвакуации людей из данной рабочей зоны рассматриваемого помещения рассчитывается по формуле:

$$t_{нб} = K_{б} \cdot t_{кр}, \text{ с} \quad (3.6.9)$$

где $K_{б}$ – коэффициент безопасности ($K_{б} = 0,8$).

$$t_{нб} = 0,8 \cdot 197 = 157 \text{ сек.}$$

Сравнивая значения необходимого и фактического (расчетного) времени эвакуации, можно сделать вывод о том, что до наступления предельно-допустимых значений ОФП, люди успевают покинуть фанерный цех.

$$t_{нб} \geq t_{ф} \quad (3.6.10)$$

$$157 \geq 48,5 \text{ сек.}$$

3.7 Расчет величины пожарного риска

В соответствие со ст. 93 ФЗ № 123 установлены следующие нормативные значения пожарного риска для производственных объектов:

- величина индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях и на территориях производственных объектов не должна превышать одну миллионную в год (т. е. $R < 10^{-6} \text{ год}^{-1}$);

К производственным объектам, для которых в связи со спецификой функционирования технологических процессов допускается увеличение индивидуального пожарного риска, рекомендуется относить:

- опасные производственные объекты в соответствии с ФЗ № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
- производственные объекты, на которых обращаются горючие вещества и материалы, нагретые выше температуры самовоспламенения;
- используется оборудование, работающее под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля:
 - а) пара, газа (в газообразном, сжиженном состоянии);
 - б) воды при температуре нагрева более 115 градусов Цельсия;

3.7.1 Потенциальный риск в зданиях объекта

Величина потенциального риска P_i , год⁻¹, в *i*-ом помещении здания или пожарного отсека здания (далее - здания) объекта определяется по формуле:

$$P_i = \sum_{j=1}^J Q_j \cdot Q_{dij} \quad (3.7.1)$$

где J – число сценариев возникновения пожара в здании;

Q_j - частота реализации в течение года *j*-го сценария пожара, год⁻¹;

Для промышленного помещения вероятность возникновения пожара $Q = 4,4 \cdot 10^{-2}$ год⁻¹.

Q_{dij} - условная вероятность поражения человека при его нахождении в *i*-ом помещении при реализации *j*-го сценария пожара.

Условная вероятность поражения человека Q_{dij} определяется по формуле:

$$Q_{dij} = (1 - P_{эij}) \cdot (1 - D_{ij}) \quad (3.7.2)$$

где $P_{Эij}$ – вероятность эвакуации людей, находящихся в i -ом помещении здания, при реализации j -го сценария пожара;

D_{ij} – вероятность эффективной работы технических средств по обеспечению безопасности людей в i -ом помещении при реализации j -го сценария пожара.

Вероятность эвакуации $P_{Эij}$ определяется по формуле:

$$P_{Эij} = 1 - (1 - P_{Э.Пij}) \cdot (1 - P_{Д.Вij}) \quad (3.7.3)$$

где $P_{Э.Пij}$ - вероятность эвакуации людей, находящихся в i -ом помещении здания, по эвакуационным путям при реализации j -го сценария пожара;

$P_{Д.Вij}$ - вероятность выхода из здания людей, находящихся в i -ом помещении, через аварийные или иные выходы.

При отсутствии данных вероятность $P_{Д.Вij}$ допускается принимать равной 0,03 при наличии аварийных или иных выходов и 0,001 при их отсутствии.

Вероятность эвакуации по эвакуационным путям $P_{Э.Пij}$ определяется по формуле:

$$P_{Эij} = \begin{cases} 0,999 & t_{Pij} + \tau_{H.} \leq t_{Pij} + t_{H.} \\ 0,001 & , \text{ если } t_{Pij} \geq 0,8 \cdot \tau \\ 0,8 \cdot \frac{\tau_{\text{бл}} - t_{Pij}}{\tau_{H.Э.}} & t_{Pij} < 0,8 \cdot \tau_{\text{бл}ij} < t_{Pij} + t_{H.} \end{cases} \quad (3.7.4)$$

где $\tau_{\text{бл}ij}$ - время от начала реализации j -го сценария пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования эвакуационных путей), мин;

t_{Pij} - расчетное время эвакуации людей из i -го помещения, мин;

$\tau_{H.эij}$ - интервал времени от начала реализации j-го сценария пожара до начала эвакуации людей из i-го помещения, мин.

При наличии в здании системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в зданиях (далее - СОУЭ) $\tau_{H.э}$ принимается равным времени срабатывания системы с учетом ее инерционности. При отсутствии необходимых исходных данных для определения времени начала эвакуации в зданиях без СОУЭ $\tau_{H.э}$ допускается принимать равным 0,5 мин.

Если местом возникновения пожара является зальное помещение, где пожар может быть обнаружен одновременно всеми находящимися в нем людьми, то $\tau_{H.э}$ допускается принимать равным нулю.

В этом случае вероятность $P_{э.л.ij}$ определяется по формуле:

$$P_{э.л.ij} = \begin{cases} 0,999 & t_{Pij} < 0,8 \cdot \tau_{б.л.ij} \\ 0,001 & \text{если } t_{Pij} \geq 0,8 \cdot \tau_{б.л.ij} \end{cases} \quad (3.7.5)$$

В помещении фанерного цеха пожар может быть обнаружен одновременно всеми находящимися в нем людьми, тогда вероятность эвакуации по эвакуационным путям $P_{э.л.ij}$ определяется по формуле:

$$t_p = 17,64 \text{ сек} = 0,29 \text{ мин},$$

$$t_{б.л} = 157 \text{ сек} = 2,6 \text{ мин}.$$

$$0,29 < 2,6 \cdot 0,8,$$

$$0,29 < 2,08,$$

$$P_{э.л} = 0,999$$

Определяется вероятность эвакуации $P_э$:

$$P_э = 1 - (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,03) = 0,999$$

Вероятность D_{ij} эффективной работы технических средств по

обеспечению пожарной безопасности *i*-го помещения при реализации *j*-го сценария пожара определяется по формуле:

$$D_{ij} = 1 - \prod_{k=1}^K (1 - D_{ijk}) \quad (3.7.6)$$

где K - число технических средств противопожарной защиты;

D_{ijk} - вероятность эффективного срабатывания (выполнения задачи) *k*-го технического средства при *j*-ом сценарии пожара для *i*-го помещения здания.

При определении значений D_{ij} следует учитывать только технические средства, направленные на обеспечение пожарной безопасности находящихся (эвакуирующихся) в *i*-ом помещении здания людей при реализации *j*-го сценария пожара. При этом учитываются следующие мероприятия:

- применение объемно-планировочных и конструктивных решений, обеспечивающих ограничение распространения пожара в безопасную зону (при организации эвакуации в безопасную зону);
- наличие систем противодымной защиты рассматриваемого помещения и путей эвакуации;
- использование автоматических установок пожарной сигнализации (далее - АУПС) в сочетании с СОУЭ;
- наличие установок пожаротушения в помещении очага пожара.

По данным ФГУ ВНИИПО МЧС России, реальная эффективность работы установок пожарной автоматики при пожарах в 2014 г. составляет:

- для установок пожарной сигнализации из 1179 установок при пожаре задачу выполнили только 948, то есть сработали с вероятностью 0,8;
- для установок пожаротушения из 87 установок при пожаре задачу выполнили только 37, то есть сработали с вероятностью 0,4;
- для систем противодымной защиты из 189 систем при пожаре задачу выполнили только 108, то есть сработали с вероятностью 0,57;
- для систем оповещения и управления эвакуацией людей из 200 систем

при пожаре задачу выполнили только 160, то есть сработали с вероятностью 0,8.

$$D = 1 - (1 - 0,8) \cdot (1 - 0,4) \cdot (1 - 0,57) \cdot (1 - 0,8) = 0,989$$

Определяется условная вероятность поражения человека Q_d :

$$Q_d = (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,989) = 1,1 \cdot 10^{-5}$$

Определяется величина потенциального риска P в участке:

$$P = 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 4,4 \cdot 10^{-2} = 4,84 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}.$$

3.7.2 Индивидуальный пожарный риск в здании фанерного цеха

Величина индивидуального риска R_m , год⁻¹, для работника m при его нахождении в здании объекта, обусловленная опасностью пожаров в здании, определяется по формуле:

$$R_m = \sum_{i=1}^N q_{im} \cdot P_i \quad (3.7.7)$$

где P_i - величина потенциального риска в i -ом помещении здания, год⁻¹;

q_{im} - вероятность присутствия работника m в i -ом помещении;

N - число помещений в здании, сооружении и строении.

Принимается, что, у каждого представителя участка при 40 часовой рабочей неделе, с учетом праздничных и предпраздничных дней, в году выходит 1971 рабочих часов. Вероятность присутствия работника в помещении составит:

$$q = \frac{1971}{365 \cdot 24} = 0,225$$

Величина индивидуального риска R_m для работника при его нахождении в участке составит:

$$R = 0,225 \cdot 4,84 \cdot 10^{-7} = 1,09 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}.$$

Из сравнения расчетной величины индивидуального риска в помещении и нормативного значения индивидуального пожарного риска в производственных зданиях следует:

$$1,09 \cdot 10^{-7} < 1 \cdot 10^{-6}.$$

Расчетная величина индивидуального риска при возможном пожаре соответствует требуемому значению индивидуального пожарного риска.

4 ОХРАНА ТРУДА

4.1 Составление перечня мероприятий по охране труда

Согласно штатному расписанию работников фанерного цеха ООО «УФПК» за охрану труда на объекте отвечает инженер по охране труда и технике безопасности. Одной из должностных обязанностей инженера по ОТ и ТБ является составление плана мероприятий по охране труда, который представляет собой заранее намеченный порядок с заданной в нем последовательностью действий по охране труда на предприятии. Основной целью такого плана является обеспечение своевременного соблюдения законодательных требований, сохранение жизни и здоровья работников цеха, а также непрерывное совершенствование системы управления охраной труда на предприятии.

План работы должен содержать предупредительные и контрольные меры, реализуемые в следующем порядке:

- удаление опасных и вредных факторов;
- отслеживание негативного влияния в источнике с помощью методов инженерного контроля или организационных мер;
- снижение влияния производственных факторов до минимума путем проектирования безопасных систем труда, включающих меры административного контроля;
- там, где остаточные опасные и вредные производственные факторы невозможно проконтролировать коллективными мерами, работникам бесплатно предоставляют СИЗ, включая спецодежду и спецобувь;
- организация предварительных и периодических медосмотров;
- обучение работников безопасным приемам труда и т. д.

Примерный перечень мероприятий по охране труда в фанерном цехе приведен в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 Разработка плана мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности в здании фанерного цеха ООО «УФПК»

План мероприятий разрабатывается ответственным за пожарную безопасность и утверждается руководителем организации, т.е. директором ООО «УФПК».

План мероприятий приведен в таблице 12.

Таблица 12 – План мероприятий

Мероприятие	Срок исполнения	Ответственное лицо
1 Издать приказы об утверждении ответственного по пожарной безопасности и назначении ответственных за противопожарное состояние зданий и помещений, об установлении противопожарного режима	Срок исполнения не позднее 15 октября (ежегодно)	Руководитель Учреждения
2 Проводить с работниками цеха инструктажи с регистрацией в журнале, беседы и занятия по Правилам пожарной безопасности	Один раз в четверть	Ответственный за пожарную безопасность
3 Проводить тренировки действий работников цеха в ЧС (пожар, минирование).	По заранее составленному графику	Ответственный за пожарную безопасность
4 Провести проверку, сохранности действия огнезащитного состава сгораемых конструкций чердачных помещений.	Ежегодно	Ответственный за пожарную безопасность
5 Провести проверку сопротивления изоляции электросети и заземления оборудования с составлением протокола.	Ежегодно	Электрик
6 Регулярно проверять состояние первичных средств пожаротушения, контролировать проведение технического обслуживания системы автоматической пожарной сигнализации.	Ежемесячно	Ответственный за пожарную безопасность
7 Проводить проверку сохранности оборудования АПС здания цеха.	Один раз в неделю	Ответственный за пожарную безопасность
8 Регулярно проверять состояние путей эвакуации.	Ежемесячно	Ответственный за пожарную безопасность

Продолжение таблицы 12

9 Запасные выходы из здания цеха закрывать легкооткрывающимися без ключа запорами.	Постоянно	Ответственный за пожарную безопасность
10 Держать закрытыми на замки люки чердачных помещений.	Постоянно	Ответственный за пожарную безопасность
11 Проверять исправность электроустановок, электровыключателей, наличие в электрощитах стандартных предохранителей и отсутствие оголенных проводов.	Ежемесячно	Электрик
12 Систематически очищать территорию ООО «УФПК» от мусора, не допускать его сжигания на территории.	Постоянно	Дворник

5.2 Определение интегрального экономического эффекта от противопожарных мероприятий

Производственное помещение фанерного цеха – пожарная нагрузка состоит из подготовленной древесины, готовой продукции (фанеры) и электростанков. Стены и перегородки кирпичные с пределом огнестойкости не менее 45 мин, перекрытия – железобетонные с пределом огнестойкости не менее 45 мин.

Система пожаротушения в цехе отсутствует.

Рассмотрим следующие варианты развития пожаров:

1. Существующее состояние объекта:

- система автоматической пожарной сигнализации находится в рабочем состоянии;
- используются первичные средства пожаротушения, автоматически подается сигнал на приемный пункт связи с пожарной частью.
- система пожаротушения не сработала ввиду окончания срока эксплуатации ее отдельных элементов.

2. На объекте смонтирована усовершенствованная система автоматического пожаротушения.

Таблица 13 – Смета затрат на установку АУПТ

Статья затрат	Сумма, руб.
Строительно-монтажные работы	150 000
Стоимость оборудования	1000000
Материалы и комплектующие	-
Пуско-наладочные работы	-
Итого:	1150000

Исходные данные для расчетов представлены в ПРИЛОЖЕНИИ В.

При своевременном прибытии подразделений пожарной охраны по сигналу системы автоматической пожарной сигнализации в пределах 10 мин принимаем условие, что развитие пожара происходит в пределах одного помещения на участке размещения пожарной нагрузки. Площадь пожара в этом случае определяется линейной скоростью распространения горения и временем до начала тушения:

$$F'_{пож} = n \cdot (v_{л} \cdot B_{св.з.})^2 = 0,5 \cdot (1,0 \cdot 4)^2 = 8 \text{ м}^2$$

Рассчитываем ожидаемые годовые потери для различных сценариев развития пожаров.

Для 1-го варианта:

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

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) \quad (5.2.1)$$

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

$$M(\Pi_1) = J \cdot F \cdot C_m \cdot F_{пож} \cdot (1+k) \cdot p_1 \quad (5.2.2)$$

$$M(\Pi_1) = 4,4 \cdot 10^{-2} \cdot 17940 \cdot 400000 \cdot 3 (1 + 1,63) \cdot 0,79 = 1945614,5 \text{ тыс.руб./год}$$

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_m \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot 0,52 \cdot (1+k) \cdot (1-p_1) \cdot p_2 \quad (5.2.3)$$

$$M(\Pi_2) = 4,4 \cdot 10^{-2} \cdot 17940 \cdot (400000 \cdot 8 + 30000) \cdot 0,52 \cdot (1 + 1,63) \cdot (1 - 0,79) \cdot 0,95 = 695632,1 \text{ тыс.руб./год}$$

Для 2-го варианта:

При оборудовании объекта средствами автоматического пожаротушения материальные годовые потери от пожара рассчитываются по формуле

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

где $M(\Pi_1)$, $M(\Pi_3)$ математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных соответственно первичными средствами пожаротушения; установками автоматического пожаротушения; определяемое по формулам:

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot C_m \cdot F''_{\text{пож}} \cdot (1+k) \cdot (1-p_1) \cdot p_3 \quad (5.2.4)$$

$$M(\Pi_3) = 4,4 \cdot 10^{-2} \cdot 17940 \cdot 40000 \cdot 3 \cdot (1+1,63) \cdot (1-0,79) \cdot 0,95 = 496998,4 \text{ тыс. руб./год}$$

Таким образом, общие ожидаемые годовые потери составят:

- при рабочем состоянии системы автоматической пожарной сигнализации, но неработоспособной системы пожаротушения:

$$M(\Pi)1 = 1945614,5 + 695632,1 = 2641246,6 \text{ тыс. руб./год}$$

- при оборудовании объекта системой автоматического пожаротушения:

$$M(\Pi)2 = 1945614,5 + 496998,4 = 2442612,9 \text{ тыс. руб./год}$$

Рассчитываем интегральный экономический эффект I при норме дисконта 10%.

$$I = \sum_{m=0}^T (M(\Pi_1) - M(\Pi_2)) \cdot \frac{1}{(1+HД)^m} - (K_2 - K_1) \quad (5.2.5)$$

где $M(\Pi_1)$ и $M(\Pi_2)$ - расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

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

C_2 и C_1 - эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в t -м году, руб./год.

В качестве расчетного периода T принимаем 10 лет.

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

$$C_2 = C_{ам} + C_{к.р} + C_{т.р} + C_{с.о.п} + C_{о.в} + C_{эл}$$

$$C_2 = 1\,200 + 78\,000 + 24,19 = 79\,224,19 \text{ руб.}$$

Годовые амортизационные отчисления АУП составят:

$$C_{ам} = K_2 \cdot N_{ам} / 100$$

$$C_{ам} = 1150000 \cdot 1 / 100 = 11\,500 \text{ руб.}$$

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

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

$$C_{о.в} = W_{о.в} \times \Pi_{о.в} \times k_{тр.з.с}$$

$$C_{о.в} = 60 \times 1000 \times 1,3 = 78\,000 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию ($C_{эл}$) определяют по формуле:

$$C_{эл} = \Pi_{эл} \times N \times T_p \times k_{и.м}$$

$$C_{эл} = 0,8 \times 0,84 \times 0,12 \times 30 = 24,19 \text{ руб.}$$

где N – установленная электрическая мощность, кВт; $C_{эл}$ – стоимость 1 кВт/ч электроэнергии, руб., принимают тариф соответствующего субъекта Российской Федерации; T_p – годовой фонд времени работы установленной мощности, ч; $k_{и.м}$ – коэффициент использования установленной мощности.

Вывод: Согласно расчету и при условии, что в здании фанерного цеха будут установлены автоматические установки пожаротушения материальные потери за год значительно снижаются и перекрывают затраты на установку АУПТ. Следовательно, установка АУПТ в фанерном цехе целесообразна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе составлена оперативно-тактическая характеристика здания фанерного цеха ООО «УФПК». Составлен прогноз развития пожара, а также выявлены возможные места его возникновения.

Выполненный расчет фактического времени эвакуации людей из здания фанерного цеха показал. Сравнивая значения необходимого и фактического (расчетного) времени эвакуации, видно, что до наступления предельно-допустимых значений ОФП, люди успевают покинуть фанерный цех.

Выявлено, что расчетная величина индивидуального риска фанерного цеха не обеспеченного техническими средствами по обеспечению пожарной безопасности соответствует требуемому значению индивидуального пожарного риска, но превышает величину индивидуального риска в цехе, обеспеченного техническими средствами защиты.

Изучен порядок действий по организации тушения возникшего пожара обслуживающим персоналом фанерного цеха до прибытия пожарных подразделений.

Составлен план действий по организации спасательных работ на объекте в случае возникновения пожара.

Изучен порядок организация несения службы караулом во внутреннем наряде в подразделении пожарной охраны.

Проведены расчеты размера вреда, причиненного окружающей среде загрязнением атмосферного воздуха в результате пожара без учета систем противопожарной защиты и с их установкой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рагимов Р.Р. Основы пожарной безопасности объектов: учебное пособие / Р.Р. Рагимов. – Ростов-на-Дону: Просвещение, 2006. – 76 с.
2. Исаева Л.К. Экология пожаров, техногенных и природных катастроф: учебное пособие / Л.К. Исаева. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 301 с.
3. Терещнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. – М.: ПожКнига, 2004. – 248 с.
4. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования»
5. ГОСТ 22.3.03-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях»
6. Строительные нормы и правила СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений». Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП, 2002
7. Строительные нормы и правила СНиП 31-05-2003* «Общественные здания административного назначения». Госстрой России. - М.:2004
8. СП 1.13130-2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы»
9. СП 2.13130-2009 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты»
10. СП 3.13130-2009 «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре»
11. СП 4.13130-2009 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям»
12. СП 5.13130-2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические»
13. СП 7.13130-2009 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
14. Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008г. – М. : 2008/Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс] <http://www.consultant.ru>

15. Федеральный закон № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» от 21.12.1994г (с изм. и доп., вступающий в силу с 01.08.2011). – М. : 2002 /Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс] <http://www.consultant.ru>
16. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 N 390 "О противопожарном режиме" (вместе с "Правилами противопожарного режима в Российской Федерации"). – М.: 2012/Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс] <http://www.consultant.ru>
17. Luke Bisby, Ann Jeffers, Bart Merci, Jose Torero: Fire safety journal. ISSN: 0379-7112
18. Publisher Anness Publishing: Fire engines. – London, United Kingdom, 2012. – 264 pic
19. John D. De Haan, David Icove: Kirk's Fire Investigation. - Prentice Hall, 2011. – 800 pic
20. Björn Karlsson , By (author) James G. Quintiere: Enclosure Fire Dynamics. - CRC Press Inc, 1999. – 336 pic
21. John Wiley и Sons Ltd: An Introduction to fire dynamics. - Hoboken, United States, 2011. – 574 pic.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Гидравлический расчет трубопроводов для проектируемой системы пожаротушения в здании фанерного цеха

Размещение распылителей производится на расстоянии 3 м один от другого, при этом площадь, защищаемая одним оросителем, составляет $S_{PAC} = 7,065 \text{ м}^2$, расчетный расход воды через распылитель при давлении перед оросителем 0,6 МПа находится по формуле:

$$Q_{PAC} = 10 \cdot K \cdot (P_{PAC})^{0,5}, \text{ л/с} \quad (\text{A.1})$$

где Q_{PAC} – расход воды через распылитель, л/с;

K – коэффициент производительности оросителя;

P_{PAC} – площадь, защищаемая одним оросителем, м^2 .

$$Q_{PAC} = 10 \cdot 0,077 \cdot (0,6)^{0,5} = 0,596 \text{ л/с},$$

Расчетная интенсивность орошения находится как отношение расчетного расхода воды к площади, защищаемой одним оросителем:

$$i = \frac{Q_{PAC}}{S_{PAC}}, \text{ л/с} \quad (\text{A.2})$$

где i – интенсивность орошения, л/с

$$i = \frac{0,596}{7,065} = 0,08 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$$

В отдаленной части здания цеха выделяется диктуемая защищаемая орошаемая площадь $S=90 \text{ м}^2$, на которой в расчетной точке №1 расположен диктующий распылитель, наиболее высокорасположенный и удаленный от узла управления. Давление, которое необходимо обеспечить у диктующего оросителя для обеспечения нормативной интенсивности орошения, должно составлять не менее 0,6 МПа. Расчет гидравлических параметров сетей

установки для здания фанерного цеха выполнен по методике приложения «В» СП 5.13130.2009.

Расчетная гидравлическая схема приведена на рисунке А.1.

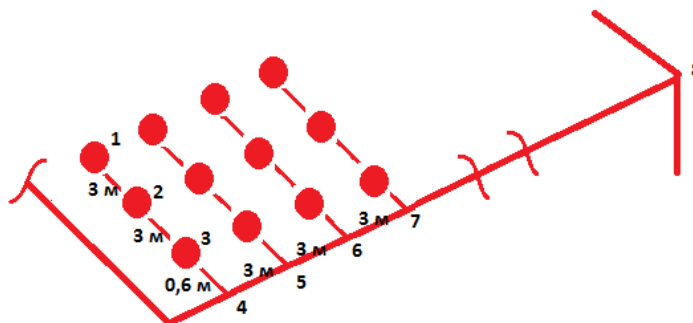


Рисунок А.1 – Расчетная гидравлическая схема

Расход перед «диктующим оросителем» определяется по формуле:

$$Q = k\sqrt{H}, \text{ л/с} \quad (\text{A.3})$$

где k – коэффициент производительности оросителя, принимаемый по технической документации на изделие;

Расход «диктующего» оросителя должен обеспечивать нормативную интенсивность орошения, поэтому:

$$Q_I = 10 \cdot k \cdot (P_1)^{0,5}, \text{ л/с}$$

$$Q_I = 10 \cdot 0,077 \cdot (0,6)^{0,5} = 0,596 \text{ л/с.}$$

Потери напора на участке 1-2 определяем по формуле:

$$H_{1-2} = \frac{Q_1^2}{k_n} \cdot l_{1-2}, \text{ МПа} \quad (\text{A.4})$$

где K_m - удельная характеристика трубопровода, л⁶/с²;

l_{1-2} - длина участка между первым и вторым оросителем, м.

Удельная гидравлическая характеристика трубопроводов для труб (стальные водогазопроводные) различного диаметра приведена в таблице В.2

СП 5.13130.2009.

$$H_{1-2} = \frac{0,596^2}{3,65 \cdot 100} \cdot 3 = 0,0029 \text{ МПа}$$

Напор перед вторым оросителем равен:

$$H_2 = 0,6 + 0,0029 = 0,6029 \text{ МПа}$$

Расход из второго оросителя рассчитывается по формуле:

$$Q_2 = 10 \cdot k \cdot (P_2)^{0,5}, \text{ л/с} \quad (\text{A.5})$$

$$Q_2 = 10 \cdot 0,077 \cdot (0,6029)^{0,5} = 0,598 \text{ л/с.}$$

Расход на участке 2-3:

$$Q_{2-3} = 0,596 + 0,598 = 1,194 \text{ л/с.}$$

Потери напора на участке 2-3:

$$H_{2-3} = \frac{1,194^2}{16,5 \cdot 100} \cdot 3 = 0,0026 \text{ МПа}$$

Напор перед оросителем 3 равен:

$$H_3 = 0,6029 + 0,0026 = 0,6055 \text{ МПа}$$

Расход из третьего оросителя равен:

$$Q_3 = 10 \cdot 0,077 \cdot (0,6055)^{0,5} = 0,599 \text{ л/с.}$$

Расход на участке 3-4:

$$Q_{3-4} = 1,194 + 0,599 = 1,793 \text{ л/с.}$$

Потери напора на участке 3-4:

$$H_{3-4} = \frac{1,793^2}{16,5 \cdot 100} \cdot 3 = 0,0012 \text{ МПа}$$

Напор в т.4 равен:

$$H_4 = 0,6055 + 0,0012 = 0,606 \text{ МПа}$$

Обобщенная характеристика рядка определяется по формуле:

$$B_I = \frac{Q_4^2}{P_4} \quad (\text{A.6})$$

$$B_I = \frac{1,793^2}{0,6067} = 5,3$$

Расход на участке 4-5:

$$Q_{4-5} = 1,793 \text{ л/с.}$$

Потери напора на участке 4-5:

$$H_{4-5} = \frac{1,793^2}{5205 \cdot 100} \cdot 3,0 = 0,00002 \text{ МПа}$$

Напор в т.5 равен:

$$H_5 = 0,6067 + 0,00002 = 0,60672 \text{ МПа}$$

Расход из рядка в т.5 находится по формуле:

$$Q_5 = (B_I \cdot P_5)^{0,5}, \text{ л/с} \quad (\text{A.7})$$

$$Q_5 = (5,3 \cdot 0,60672)^{0,5} = 1,793 \text{ л/с.}$$

Расход на участке 5-6 равен:

$$Q_{5-6} = 1,793 + 1,793 = 3,586 \text{ л/с.}$$

Потери напора на участке 5-6:

$$H_{5-6} = \frac{3,586^2}{5205 \cdot 100} \cdot 3,0 = 0,00007 \text{ МПа}$$

Напор в т.6 равен:

$$H_6 = 0,60672 + 0,00007 = 0,60679 \text{ МПа}$$

Расход из рядка в т.6:

$$Q_6 = (B_I \cdot P_6)^{0,5}, \text{ л/с} \quad (\text{A.8})$$

$$Q_6 = (5,3 \cdot 0,60679)^{0,5} = 1,793 \text{ л/с.}$$

Расход на участке 6-7:

$$Q_{6-7} = 3,586 + 1,793 = 5,379 \text{ л/с.}$$

Потери напора на участке 6-7:

$$H_{6-7} = \frac{5,379^2}{5205 \cdot 100} \cdot 3,0 = 0,0002 \text{ МПа}$$

Напор в т.7 равен:

$$H_7 = 0,60679 + 0,0002 = 0,607 \text{ МПа}$$

Расход из рядка в т.7 находится по формуле:

$$Q_7 = (B_I \cdot P_7)^{0,5}, \text{ л/с} \quad (\text{A.8})$$

$$Q_7 = (5,3 \cdot 0,607)^{0,5} = 1,793 \text{ л/с.}$$

Расход на участке 7-8:

$$Q_{7-8} = 5,379 + 1,793 = 7,172 \text{ л/с.}$$

Потери напора на участке 7-8:

$$H_{7-8} = \frac{7,172^2}{5205 \cdot 100} \cdot 59,0 = 0,0058 \text{ МПа}$$

Напор в т.8 равен:

$$H_8 = 0,607 + 0,0058 = 0,6128 \text{ Па}$$

Расход на участке 8 – до насоса:

$$Q_{8-н} = 7,172 \text{ л/с.}$$

Потери напора на участке 8-н:

$$H_{8-n} = \frac{7,172^2}{5205 \cdot 100} \cdot 204,0 = 0,02 \text{ МПа}$$

Напор в т. Н рассчитывается по формуле:

$$H_n = 0,6128 + 0,02 = 0,6328 \text{ Па}$$

Результаты расчетов приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 – Результаты гидравлического расчета

Расчетный участок (точка)	Длина участка, м	Диаметр трубы, мм (значение k_1)	Расход на участке, л/с	Потери давления на участке, МПа	Давление в расчетной точке, МПа (номер точки)
ороситель в точке 1	-	-	0,596	-	0,6 (1)
участок 1-2	3	33,5×2,8 (3,65)	0,596	0,0029	0,6029 (2)
ороситель в точке 2	-	-	0,598	-	0,6029 (2)
участок 2-3	3	42,3×2,8 (16,5)	1,194	0,0026	0,6055 (3)
ороситель в точке 3	-	-	0,599	-	0,6055 (3)
участок 3-4	0,6	42,3×2,8 (16,5)	1,793	0,0012	0,6067 (4)
Обобщенная характеристика рядка $B_1 = 5,3$					
участок 4-5	3	114×4,0 (5205)	1,793	0,00002	0,60672 (5)
рядок в точке 5	-	114×4,0 (5205)	1,793	-	0,60672 (5)
участок 5-6	3	114×4,0 (5205)	3,586	0,00007	0,60679 (6)
рядок в точке 6	-	114×4,0 (5205)	1,793	-	0,60679 (6)
участок 6-7	3	114×4,0 (5205)	5,379	0,0002	0,607 (7)
рядок в точке 7	-	114×4,0 (5205)	1,793	-	0,607 (7)
участок 7-8	59	114×4,0 (5205)	7,172	0,0058	0,6128 (8)
участок от т.8 до выкида насоса	204	114×4,0 (5205)	7,172	0,02	0,6328 (н)
потери в местных сопротивлениях, с учетом потерь в узле управления (20%)					(0,6328-0,6)·0,2 = 0,007

Максимальный расход в АУВП равен 7,172 л/с (25,82 м³/ч).

Максимальный напор в АУВП равен 68,8 м (0,688 МПа).

Максимальный общий расход (на пожаротушение автоматической установкой, наружное пожаротушение и пожарные краны) составит 86,66 м³/ч.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Перечень мероприятий по охране труда в фанерном цехе

Тип мероприятий	Мероприятия
Технические	<ul style="list-style-type: none"> – Внедрение систем автоматического управления и регулирования производственным оборудованием, технологическими процессами, подъемными и транспортными устройствами; – приобретение и монтаж средств сигнализации о нарушении нормального режима работы оборудования; – ограждение элементов производственного оборудования от воздействия движущихся частей, а также разлетающихся предметов, включая наличие фиксаторов, блокировок, герметизирующих и других элементов; – модернизация средств коллективной защиты работников; – нанесение на оборудование и другие объекты сигнальных цветов и знаков безопасности; – внедрение систем автоматического контроля уровней опасных и вредных производственных факторов; – модернизация защиты работников от поражения электрическим током; – установка предохранительных, защитных и сигнализирующих устройств (приспособлений) в целях обеспечения безопасной эксплуатации и аварийной защиты паровых, водяных, газовых, кислотных, щелочных, расплавных и других производственных коммуникаций, оборудования и сооружений; – механизация работ при складировании и транспортировании опасных веществ и сырья; – приведение уровня освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами и т. д.
Организационные	<ul style="list-style-type: none"> – Проведение спецоценки условий труда; – устройство мест отдыха для работников - помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева, а также укрытий от солнца и осадков при работах на открытом воздухе; – расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений; – установка автоматов с питьевой водой для работников; – обеспечение работников СИЗ; – приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда; – организация обучения, инструктажа, проверки знаний по охране труда; – проведение предварительных и периодических медосмотров; – организация и проведение производственного контроля; – перепланировка помещений с целью обеспечения безопасности работников и т. д.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Исходные данные для расчета экономической эффективности для автоматических установок пожаротушения.

Таблица В.1 – Данные для расчета экономической эффективности

Наименование показателя	Ед. измер.	Усл. обоз.	Базовый вариант	Проектный вариант
Общая площадь	m^2	F	17 940	
Стоимость поврежденного оборудования и оборотных фондов	Руб/ m^2	C_T	400 000	
Стоимость поврежденных частей здания	руб/ m^2	C_K	30 000	30 000
Вероятность возникновения пожара	$1/m^2$ в год	J	$4,4 \cdot 10^{-2}$	
Площадь пожара на время тушения первичными средствами	m^2	$F_{\text{пож}}$	3	
Площадь пожара при тушении средствами автоматического пожаротушения	m^2	$F^*_{\text{пож}}$	-	3
Вероятность тушения пожара первичными средствами	-	p_1	0,79	
Вероятность тушения пожара привозными средствами	-	p_2	0,86	
Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения	-	p_3	0,95	
Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами	-	-	0,52	
Коэффициент, учитывающий косвенные потери	-	K	1,63	
Линейная скорость распространения горения по поверхности	м/мин	v_L	1	
Время свободного горения	Мин	$B_{\text{свг}}$	9	
Стоимость оборудования	Руб.	K	-	1 150 000
Норма амортизационных отчислений	%	$H_{\text{ам}}$	-	1
Суммарный годовой расход	Т	$W_{\text{ов}}$	-	60

Продолжение таблицы В.1

Оптовая цена огнетушащего вещества	Руб.	$C_{ов}$	-	1000
Коэффициент транспортно-заготовительно-складских расходов	-	$k_{тзсп}$	-	1,3
Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии	Руб.	$C_{эл}$	-	0,8
Годовой фонд времени работы установленной мощности	Ч	T_p	-	0,84
Установленная электрическая мощность	кВт	N	-	0,12
Коэффициент использования установленной мощности	-	$k_{им}$	-	30