

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет

**промышленных технологий,
электроэнергетики и транспорта
Направление подготовки**

Профиль

Кафедра

Техносферная безопасность

20.03.01 Техносферная безопасность

Инженерная защита окружающей среды

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

**«Управление риском возникновения чрезвычайных ситуаций на мебельном
предприятии»**

Студент

(подпись, дата) Ермаков Даниил
Вячеславович

Руководитель

(подпись, дата) Полянская Е.А.

Консультанты:

по БЖД

(подпись, дата) Костиневич В.В.

по экономике

(подпись, дата) Камардина Н.В.

Нормоконтролер

(подпись, дата) Полянская Е.А.

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от _____ № _____)

Заведующий кафедрой

(подпись, дата) Безбородова О. Е.

Работа защищена с отметкой _____ (протокол заседания ГЭК от _____ № _____)

Секретарь ГЭК

(подпись) Камардина Н.В.

Пенза, 2026

Реферат

Выпускная квалификационная работа (ВКР) бакалавра выполнена на тему: «Управление риском возникновения чрезвычайных ситуаций на мебельном предприятии».

Пояснительная записка – 65 страниц, 4 рисунка, 11 таблиц, 28 источников.

Графические материалы ВКР составляют 6 листов в формате А1.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, риск, мебельное предприятие, оценка рисков, пожар.

Цель работы – оценить риски возникновения чрезвычайных ситуаций на мебельном производстве и разработать мероприятия по их снижению.

Задачи: выявить основы управления риском возникновения чрезвычайных ситуаций на промышленных предприятиях; проанализировать риски возникновения чрезвычайных ситуаций на мебельном предприятии; разработать мероприятия по снижению рисков чрезвычайных ситуаций на мебельном предприятии; предусмотреть защиту работников мебельного предприятия от вредных производственных факторов; оценить экономическую эффективность мероприятий по снижению рисков чрезвычайных ситуаций.

В работе представлены: общие сведения о чрезвычайных ситуациях на промышленных предприятиях; методология управления рисками; общие сведения о предприятии; технологический процесс производства корпусной мебели; идентификация и расчет рисков; разработка мероприятий по снижению рисков; защита работников мебельного предприятия от вредных производственных факторов; оценка экономической эффективности в результате внедрения мероприятий по снижению рисков чрезвычайных ситуаций.

Содержание

Введение.....	5
1 Основы управления риском возникновения чрезвычайных ситуаций на промышленных предприятиях.....	7
1.1 Понятие и классификация чрезвычайных ситуаций техногенного характера на промышленных объектах	7
1.2 Нормативная правовая база в области предупреждения чрезвычайных ситуаций и управления рисками на промышленных предприятиях	9
1.3 Методология управления рисками.....	11
1.4 Специфика опасных производственных факторов и источников чрезвычайных ситуаций на предприятиях мебельной промышленности.....	15
2 Анализ риска возникновения чрезвычайных ситуаций на мебельном предприятии «Мебликон»	20
2.1 Общая характеристика предприятия.....	20
2.2 Идентификация рисков возникновения чрезвычайных ситуаций	22
2.3 Расчет рисков возникновения аварий	29
2.4 Анализ результатов оценки и установление приемлемого риска.....	32
3 Разработка мероприятий по снижению рисков чрезвычайных ситуаций на мебельном предприятии	35
3.1 Технические меры снижения риска чрезвычайных ситуаций	35
3.2 Организационные и инженерные меры по минимизации последствий чрезвычайных ситуаций	39
3.3 Программа внедрения мероприятий и оценка их эффективности.....	44
4 Защита работников мебельного предприятия от вредных производственных факторов.....	47
4.1 Характеристика основных производственных факторов на мебельном предприятии.....	47
4.2 Анализ существующих мероприятий по защите персонала от основных производственных факторов	49

4.3 Разработка мероприятий по защите персонала от основных производственных факторов	50
5 Оценка экономической эффективности мероприятий по снижению рисков чрезвычайных ситуаций	53
Заключение	57
Список использованных источников	61
Приложение А. Графическая часть работы	
Перечень графического материала:	
Лист 1. Карта-схема предприятия	
Лист 2. Блок-схема технологического процесса производства мебели	
Лист 3. Сценарии возникновения и развития аварий на мебельном производстве	
Лист 4. Сценарии возникновения и развития аварий на мебельном производстве	
Лист 5. Схема спринклерной системы пожаротушения	
Лист 6. Схема мероприятий по защите персонала и оборудования от рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на мебельном предприятии	

Введение

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на определенной территории или объекте, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления или иного события, которая может повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. На производственных объектах наиболее распространенными являются чрезвычайные ситуации техногенного характера, связанные с пожарами, взрывами, выбросами опасных веществ.

Риск – это мера опасности, характеризующая возможность возникновения неблагоприятного события и тяжести его последствий. В области промышленной безопасности риск понимается как сочетание вероятности возникновения аварии или инцидента и тяжести возможных последствий.

Управление риском направлено на выявление опасностей, их оценку и разработку мер по снижению до приемлемого уровня.

Мебельные производства относятся к категории объектов, где риск возникновения чрезвычайных ситуаций достаточно высок. Это обусловлено наличием большого количества горючих материалов (древесная пыль, плиты ЛДСП и МДФ, клеи, растворители), а также оборудования, способного стать источником зажигания. Основными рисками на таких предприятиях являются пожар, взрыв древесной пыли, травмирование персонала.

В связи с этим возникает необходимость системного подхода к управлению риском возникновения чрезвычайных ситуаций. Такой подход должен включать выявление потенциальных источников опасности, анализ возможных сценариев, оценку рисков с использованием как статистических данных, так и экспертных методов, а также разработку обоснованных и экономически целесообразных мероприятий по их снижению.

Целью данной работы бакалаврской работы является оценка рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на мебельном производстве и разработка мероприятий по их снижению до приемлемого уровня.

Задачи работы:

- провести анализ производственной деятельности предприятия и выявить источники опасности;
- идентифицировать возможные сценарии чрезвычайных ситуаций;
- выполнить качественную и количественную оценку рисков;
- разработать комплекс мер по снижению выявленных рисков;
- оценить экономическую эффективность предлагаемых решений.

Объектом исследования является мебельное производство, расположенное в Кузнецком районе Пензенской области, специализирующееся на выпуске корпусной мебели из ЛДСП и МДФ. Предметом исследования выступают риски возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера на данном объекте.

Значимость данной работы заключается в том, что разработанные мероприятия могут быть непосредственно внедрены на рассматриваемом предприятии. Это позволит снизить вероятность возникновения аварий, уменьшить возможный материальный ущерб и обеспечить безопасность персонала.

1 Основы управления риском возникновения чрезвычайных ситуаций на промышленных предприятиях

1.1 Понятие и классификация чрезвычайных ситуаций техногенного характера на промышленных объектах

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющего опасность для окружающих, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [1].

ЧС классифицируются согласно постановлению Правительства РФ от 21.05.2007 №304 (ред. от 27.03.2025) «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» по масштабу (локальные, муниципальные, межмуниципальные, региональные, межрегиональные и федеральные) и по типу (техногенные и природные) [2].

ЧС локального характера не выходит за пределы территории объекта, при этом количество пострадавших не более 10 человек или размер ущерба не более 100 тыс. руб.

ЧС муниципального характера не выходит за пределы территории одного поселения или внутри городской территории города федерального значения, при этом количество пострадавших составляет не более 50 человек либо размер ущерба составляет не более 5 млн. руб.

ЧС межмуниципального характера затрагивает территорию двух и более поселений, внутригородских территорий города федерального значения или межселенную территорию, при этом количество пострадавших либо ущерба аналогично критериям ЧС муниципального характера.

ЧС регионального характера не выходит за пределы территории одного субъекта РФ, количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не

более 500 человек, либо размер ущерба составляет свыше 5 млн. руб., но не более 500 млн. руб.

ЧС межрегионального характера затрагивает территорию двух и более субъектов РФ, количество пострадавших либо размер ущерба аналогичен критериям ЧС регионального характера.

При ЧС федерального характера количество пострадавших свыше 500 человек либо размер ущерба свыше 500 млн.

По природе ЧС могут быть классифицированы на природные (стихийные) и техногенные:

– к природным (стихийным) ЧС относятся опасные природные явления или процессы, имеющие чрезвычайный характер, приводящие к человеческим жертвам, уничтожению материальных ценностей, к ним относятся землетрясения, наводнения, цунами, ураганы, оползни и т.д.;

– к техногенным ЧС – ситуации, возникающие на объектах, созданных человеком или при использовании созданных им технологий (аварии на промышленных объектах, строительстве, на железнодорожном, воздушном, трубопроводном транспорте и т. п.).

В основе планирования мероприятий по предупреждению ЧС лежит последовательность взаимосвязанных этапов развития ЧС, характеризующаяся специфическими условиями и признаками. Основными стадиями развития ЧС являются:

– стадия зарождения: условия, предпосылки будущей ЧС (активизируются неблагоприятные природные процессы, накапливаются проектно-производственные дефекты сооружений и многочисленные технические неисправности, происходят сбои в работе оборудования, персонала и т. д.);

– стадия инициирования: запуск ЧС, при этом наиболее существенно влияние человеческого фактора;

– кульминационная стадия: высвобождение энергии или вещества, оказывающих неблагоприятное воздействие на население и окружающую среду;

– стадия затухания ЧС: период от перекрытия (ограничения) источника опасности до локализации ЧС и до полной ликвидации ее прямых и косвенных последствий (продолжительность данной стадии может составлять годы, а то и десятилетия) [2].

Для повышения безопасности в условиях роста техногенных катастроф необходим переход от методов управления рисками, основанных на анализе и оценке рисков, к управлению рисками, реагирующих на ЧС.

1.2 Нормативная правовая база в области предупреждения чрезвычайных ситуаций и управления рисками на промышленных предприятиях

Нормативная правовая база в области предупреждения чрезвычайных ситуаций и управления рисками на промышленных предприятиях включает в себя следующие документы:

1. Федеральный уровень законодательства:

– Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» устанавливает правовые основы для предотвращения, минимизации и ликвидации последствий ЧС, в том числе техногенных аварий [1,2];

– Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», в котором определены правовые, экономические, социальные основы безопасности на производствах [3];

– Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

устанавливает систему обязательных требований к пожарной безопасности объектов, направленную на предотвращение возникновения пожаров, а также на снижение тяжести последствий [4];

– Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» в рамках риска аварий на промышленных предприятиях играет превентивную и контрольно-допусковую роль (не допустить к опасной деятельности организации и персонал, не соответствующие обязательным требованиям безопасности, тем самым снизив вероятность аварий, вызванных человеческим фактором, недостаточной компетенцией или неудовлетворительным состоянием предприятия) [5];

– Постановление Правительства РФ от 28 марта 2001 г. № 241 «О мерах по обеспечению промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации» устанавливает основные направления и конкретные мероприятия, которые должны реализовываться на всех уровнях (от федеральных органов власти до конкретного предприятия) для предотвращения аварий на ОПО [6];

– Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 №1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в РФ», по которому устанавливают требования пожарной безопасности, организации производства и содержания территорий, зданий, сооружений и др. [7];

– Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1437 «Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах» направлен на снижение тяжести последствий в случае аварии [8].

2. Нормативно-техническая документация:

– ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности» регламентирует наличие средств защиты, блокировок, аварийной остановки [9];

– ГОСТ 12.3.002-2014 «Процессы производственные. Общие требования безопасности» регламентирует применения технологий, исключающих или снижающих воздействие опасных факторов, использования средств защиты, контроля параметров [10];

– ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство», описывающий общие принципы, структуру и процесс управления рисками любой природы [11];

– Свод правил СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности», документ, который предписывает обязательный к исполнению алгоритм оценки и классификации пожаровзрывоопасности [12];

3. Регламенты по оценке и управлению рисками:

– Приказ Ростехнадзора от 03.11.2022 №387 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» по проведению качественного и количественного анализа рисков [13].

Нормативная база в области предупреждения ЧС и управления рисками на промышленных предприятиях представляет собой многоуровневую систему, где законодательные акты задают общие рамки ответственности, а подзаконные и технические документы (правила, ГОСТы, методики Ростехнадзора) детализируют конкретные требования к анализу опасностей, разработке превентивных мер и планов действий при авариях. Соблюдение этих требований является обязательным условием для легальной и безопасной эксплуатации опасных производственных объектов.

1.3 Методология управления рисками

Методологическое обеспечение анализа риска – это совокупность методов, методик и программных средств, позволяющих всесторонне выявить опасности и оценить риск чрезвычайной ситуации, источником

которой может являться промышленный объект. Выполнение требований к методологическому обеспечению анализа опасностей и риска необходимо для повышения точности и объективности результатов исследования опасностей промышленного объекта, а также для повышения эффективности выработки мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций.

Оценка риска – это анализ происхождения (возникновения) и масштабы риска в конкретной ситуации.

Предлагается рассматривать риск или степень риска как сочетание частоты (вероятности) и последствий конкретного опасного события.

Различают индивидуальный риск(вероятность гибели человека при данном виде деятельности) и социальный риск(зависимость числа погибших людей от частоты возникновения события, вызывающего поражение этих людей) [11].

При проведении анализа риска аварий рекомендуется последовательно выполнять следующие этапы:

- планирования и организации работ, сбора сведений;
- идентификации опасностей;
- оценки риска аварий на ОПО и (или) его составных частях;
- обобщения результатов оценок риска;
- разработки (корректировки) мер по снижению риска аварий.

При этом под идентификацией опасностей аварии понимается выявление источников возникновения аварий и определение соответствующих им типовых сценариев аварии, а состав и комплектность этапов рекомендуется уточнять в зависимости от конкретизации задач анализа риска аварий.

Общая схема анализа опасностей и оценки риска аварий на ОПО представлена на рисунке 1.

После того как риски выявлены необходимо понять, насколько каждый из них серьезен. Для этого переходят к методу оценки, который может быть как качественным, так и количественным.

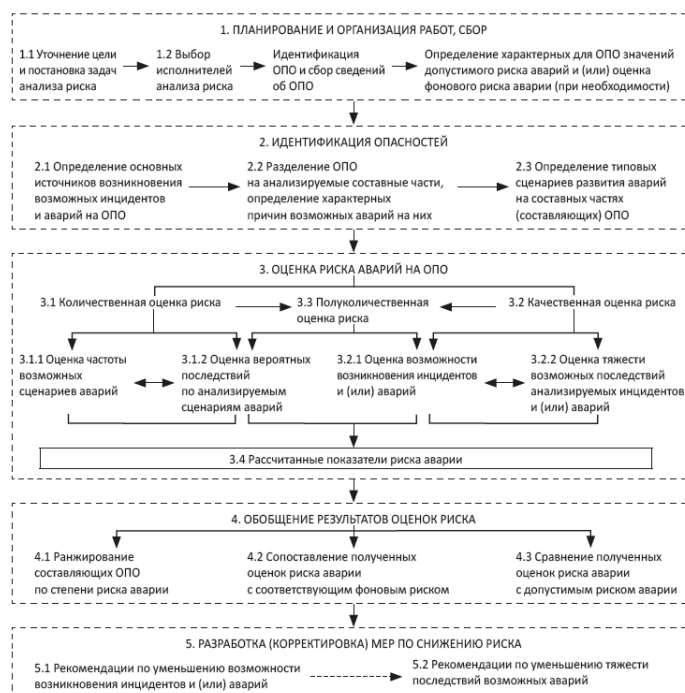


Рисунок 1 – Общая схема анализа опасностей и оценки риска аварий

Под качественным методом оценки риска аварии рекомендуется понимать представление качественных характеристик и признаков возможности возникновения и соответствующей тяжести последствий реализации аварии для жизни и здоровья человека, имущества и окружающей среды. Для первоначального качественного ранжирования рисков используется матрица рисков, представленная на рисунке 2.

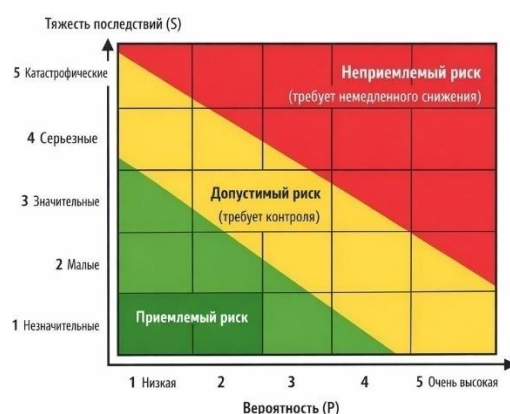


Рисунок 2 – Матрица рисков

Для более точного и обоснованного управления безопасностью требуется переход к количественным методам оценки риска аварии.

Под количественной оценкой риска аварии (или количественным анализом риска аварии) понимается процесс расчета показателей риска. Поражающими факторами аварии являются физические процессы и явления, возникающие при разрушении сооружений и (или) технических устройств, применяемых на ОПО, неконтролируемых взрыве и (или) выбросе опасных веществ и определяющие термическое, барическое и иное энергетическое воздействие или токсическое, поражающее человека, имущество и окружающую среду.

Одним из аналитических инструментов, который объединяет задачи качественного и количественного анализа причин аварии, является метод «Анализа дерева отказов» (АДО), который предназначен для качественного или количественного анализа комбинации отказов технических устройств, инцидентов, ошибок персонала и нерасчетных внешних (техногенных, природных) воздействий, приводящих к аварии на ОПО [13].

Метод АДО используется как для выявления всех возможных причинных цепочек, ведущих к головному событию, так и для расчета его частоты на основе статистики исходных событий. Дерево отказов представляет из себя логическую схему причинно-следственных закономерностей возникновения аварии, показывающую последовательность и сочетание различных событий (отказов, ошибок), возникновение которых может приводить к разгерметизации и последующей аварийной ситуации (рисунок 3).

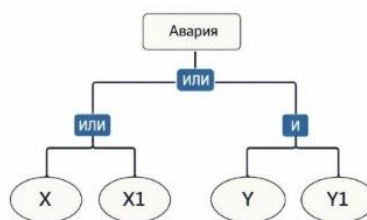


Рисунок 3 – Дерево отказов

Из рисунка видно, структура дерева отказов строится вокруг одного головного события (аварии), которое через систему логических вентиляей

(типа «И», означающее одновременное возникновение и «ИЛИ», означает любое из них) соединяется с нижестоящими событиями, формируя полный набор причинных цепей или сценариев аварии. Модель управления риском состоит из четырех этапов:

1. Характеристика риска – проводится сравнительная характеристика рисков с целью установления приоритетов и степени опасности (вредности).

2. Определение приемлемости риска. Риск сопоставляется с рядом социально-экономических факторов, сравнивается выгода от вида хозяйственной деятельности, а также потери, обусловленные использованием вида деятельности и меры, направленные на снижение негативного влияния на среду и человека. Результатом может быть решение: риск приемлем полностью, риск приемлем частично, риск неприемлем полностью.

3. Определение мер контроля – заключается в выборе одной из «типовых» мер, способствующей уменьшению или устранению риска.

4. Принятие регулирующего решения – заключительный этап, определяющий нормативные акты (законов, постановление, инструкций) и их положений, соответствующих реализации той «типовой» меры, которая была установлена на предшествующей стадии.

Таким образом, наиболее эффективной стратегией управления рисками является превентивный подход, который через комплекс мер (от планирования размещения объектов до поддержания готовности систем реагирования) направлен на устранение источников опасности и минимизацию потенциального ущерба.

1.4 Специфика опасных производственных факторов и источников чрезвычайных ситуаций на предприятиях мебельной промышленности

Теоретические основы управления безопасностью и рисками приобретают практическое значение при их привязке к конкретной отрасли производства.

В мебельной промышленности технологические процессы, применяемые материалы и специфика оборудования формируют уникальную совокупность опасных производственных факторов (ОПФ) и потенциальных источников чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Ключевые риски в данной отрасли можно систематизировать по двум основным группам: пожаровзрывоопасные факторы и факторы техногенного характера.

Наибольшую угрозу представляют опасности, способные привести к аварии и массовым поражениям, к которым относятся:

- древесная пыль, присутствующая прежде всего возле деревообрабатывающих машин и в вентиляционных системах, которая представляет собой мелкодисперсную пыль размером частиц 15-20 мкм. Вследствие своей летучести пыль угрожает здоровью людей и представляет собой подходящую среду для возникновения пожара и взрыва;

- горючие плитные материалы, такие как ДСП, МДФ, применяемые в мебельной промышленности и образующие горючую пыль в процессе производства также являются легковоспламеняющейся нагрузкой в помещении. Их пожарная опасность характеризуется высокой скоростью распространения пламени и дымообразованием;

- легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ), преимущественно краски, растворители и лаки. Большинство из используемых химикатов являются опасными. Пары этих жидкостей создают взрывоопасные концентрации;

- газовые баллоны (пропан-бутан, ацетилен, кислород), используемые при изготовлении мебели на металлокаркасе представляют собой объекты повышенной опасности. Их неправильное хранение, эксплуатация могут привести к взрыву с последующим интенсивным пожаром.

Таким образом, данные факторы создают на мебельном производстве комплексную пожароопасную среду, требующую непрерывного контроля.

Помимо факторов ЧС, производственная деятельность сопряжена с постоянными опасности для работников производства, среди которых:

– движущиеся части станков и оборудования: обрезающие, фрезерные, сверлильные, шлифовальные станки. Контакт с ними приводит к тяжелым механическим травмам;

– острые кромки, шероховатость на поверхности заготовок из ДСП, МДФ являются причинами получения травм. При обработке древесины на высоких скоростях возможен отлет стружки и обломков инструмента, также представляющий риск травмирования;

– шум, производственное оборудование при работе создает шум различного уровня и частоты, часто превышающие допустимые уровни.

Анализ производственных факторов и рисков на мебельном производстве представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Специфика опасных производственных факторов и источников чрезвычайных ситуаций на предприятиях мебельной промышленности

Категория анализа	Конкретные элементы / Участки	Опасные производственные факторы	Потенциальные источники чрезвычайных ситуаций
1	2	3	4
1. Ключевые технологические процессы	Заготовительное и деревообрабатывающее производство (раскрой, пиление, фрезерование, шлифование)	Физические: повышенный уровень шума, вибрации, движущиеся части станков, острые кромки. Пожаровзрывоопасные: образование горючей древесной пыли (особенно от ДСП/МДФ)	Взрыв и пожар из-за воспламенения древесной пыли в системах аспирации, воздуховодах, на поверхностях. Техногенная авария (обрыв ремней, разлет инструмента)
	Отделочное производство (окраска, лакировка, сушка, нанесение пленок)	Химические: пары растворителей (толуол, ацетон), компоненты лаков (изоцианаты), аэрозоли ЛКМ. Выделение формальдегида, фенола из ДСП, пары клеев Физические: повышенная температура от сушек, риск пожара	Взрыв паровоздушной смеси в окрасочной камере или сушилке. Крупный пожар с быстрым распространением

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
2. Основное оборудование	Оборудование для резания/обработки (форматно-раскроечные, фрезерные, сверлильные станки)	Физические: травмирование движущимися и режущими частями, шум, вибрация. Источник пылеобразования	Пожар от искры при обработке металла или неисправности электродвигателя в запыленной среде
	Оборудование для шлифования/полировки и (шлифмашины, полировальные станки)	Физические: высокая запыленность, шум, вибрация. Пожаровзрывоопасные: образование мелкодисперсной взрывоопасной пыли	Первичный источник для взрыва пылевоздушной смеси
	Вспомогательные системы (аспирация, вентиляция, компрессорные, котельные)	Физические: шум, давление, температура. Пожаровзрывоопасные: пыль в воздуховодах, горючие газы, масла	Авария в системе аспирации (взрыв пыли) – наиболее характерная ЧС для отрасли
3. Характерные опасные вещества и материалы	Древесные материалы (массив, ДСП, МДФ, фанера)	Физические: травмы, запыленность. Химические: выделение формальдегида. Пожаровзрывоопасные: горючесть, пыль	Распространение пожара, образование вторичных очагов
	Лакокрасочные материалы, растворители, клеи.	Химические: токсичность, раздражающее действие. Пожаровзрывоопасные: высокая горючесть, летучесть	Быстроразвивающийся пожар, взрыв
	Наполнители и ткани (поролон, синтепон, ткани).	Пожаровзрывоопасные: быстрая воспламеняемость, выделение токсичных газов при горении	Интенсивное горение с большим количеством дыма и токсичных продуктов
4. Классификация помещений по взрывопожароопасность	Категории А, Б (повышенная)	Пожаровзрывоопасные: Горючие газы, ЛВЖ, пыль в смеси с воздухом	Взрыв с разрушением конструкций, последующий пожар
	Категория В (пожароопасные)	Пожаровзрывоопасные: Горючие твердые материалы, пыль.	Крупный пожар (цеха деревообработки, склады пиломатериалов)

Из таблицы видно, что специфика мебельного производства заключается в комбинации классических механических рисков с высокими химическими и пожаровзрывоопасными рисками. Наиболее опасны в плане развития ЧС участки, где образуется горючая пыль (заготовительные) и где используются ЛВЖ (отделочные). Ключевой источник ЧС – системы аспирации и вентиляции, где скапливается древесная пыль, и окрасочное оборудование, где образуются взрывоопасные паровоздушные смеси[12].

Таким образом, ЧС представляет собой сложное явление, возникающее в результате аварии, катастрофы или иного события, способного привести к человеческим жертвам, материальному ущербу и нарушению условий жизнедеятельности. Анализ показал, что для промышленных объектов наиболее значимыми являются техногенные ЧС, требующие системного подхода к прогнозированию, предупреждению и минимизации последствий.

Нормативная правовая база в области предупреждения ЧС и управления рисками на промышленных предприятиях это многоуровневая система. Установлено, что федеральные законы (№ 68-ФЗ, № 116-ФЗ, № 123-ФЗ и др.) формируют основу ответственности и обязательных требований к промышленной безопасности, а подзаконные акты (постановления Правительства РФ, приказы Ростехнадзора) детализируют порядок действий при анализе опасностей и локализации аварий.

Анализ специфики опасных производственных факторов и источников чрезвычайных ситуаций на предприятиях мебельной промышленности показал, что для данной отрасли характерно сочетание физических (движущиеся части оборудования, шум, вибрация), химических (пары растворителей, формальдегид) и пожаровзрывоопасных факторов (древесная пыль, ЛВЖ, горючие материалы). Наиболее критическими участками с точки зрения возникновения ЧС являются заготовительные и отделочные цеха, а также системы аспирации и вентиляции, где возможно образование взрывоопасных пылевоздушных и паровоздушных смесей.

2 Анализ риска возникновения чрезвычайных ситуаций на мебельном предприятии «Мебликон»

2.1 Общая характеристика предприятия

Объектом исследования в выпускной квалификационной работе является мебельная фабрика, расположенная в Кузнецком районе, с. Сухановка, специализирующаяся на выпуске различной мебельной продукции (кухонные гарнитуры, шкафы, детские, прихожие).

Особенностью данного предприятия является производство полного цикла до стадии готовых к сборке деталей и фасадов, которые отгружаются поставщикам для окончательной сборки на месте установки.

Предприятие располагается на производственной территории общей площадью 3800 м², из которых производственные цеха и складские помещения занимают 1000 м², остальную площадь занимают административно - бытовые корпуса, подъездные пути, зоны погрузки – разгрузки. Карта-схема предприятия представлена в приложении А.

Организационная структура предприятия относится к функциональному типу, что подразумевает разделение управленческих обязанностей по направлениям деятельности. Численность персонала, занятого в производственном процессе, составляет 20 человек. Непосредственное руководство производственным процессом осуществляет заведующий производством. Согласно статье 223 Трудового кодекса РФ, если численность работников не превышает 50 человек, работодатель принимает решение о создании службы охраны труда или введении должности специалиста по охране труда с учетом специфики своей производственной деятельности. Обязанности ответственного за охрану труда на производстве возложены на заведующего производства.

Производственная структура предприятия является линейно-технологической, построенная на принципе последовательной и

параллельной обработки материалов. Она включает следующие основные участки:

1. Подготовка производства. Происходит разработка и формирование чертежей деталей и раскройных карт, спецификация и ведомость фурнитуры. На основе документов закупаются необходимые материалы и фурнитура (если такие отсутствуют на складе) и принимаются на складе сырья.

2. Участок раскроя. Первый технологический процесс для всех видов плитных материалов. На форматно-раскроечных станках (ФРС) с числовым программным управлением (ЧПУ) происходит распил материалов согласно картам раскроя. Далее заготовки отправляются на дальнейшую обработку.

3. Участок обработки ЛДСП

3.1. Участок обработки кромки. На данном этапе происходит обработка торцов деталей, изготовленных из ЛДСП, кромочным материалом (акриловая и меламиновая кромка, кромка на основе ПВХ) на кромкооблицовочном станке процессом нанесения клея-расплава на торец детали и прикаткой роликами кромочного материала.

4. Участок обработки МДФ

4.1 Участок фрезерования и вакуумного прессования (фасадное производство). Отдельное направление по обработке МДФ. На фрезерных станках с ЧПУ изготавливаются фигурные фасады (фигурная обработка). Затем заготовки отправляются на шлифовку, где удаляется лишний материал и выравнивается поверхность для получения гладкой поверхности перед оклейкой пленкой. Для покрытия сложных профилированных заготовок используется мембранно-вакуумный пресс, который обтягивает фасады в пленку. Детали, покрытые компонентным клеем, укладываются на стол прессы, под воздействием вакуума из под пленки откачивается воздух, далее происходит нагрев пленки (120-160 °C), которая размягчается до эластичного состояния, параллельно подается сжатый воздух, в результате чего пленка обтягивает все углубления на детали.

5. Участок присадки технологических отверстий. Основной технологический узел для всех видов деталей. На сверлильных станках с ЧПУ в деталях из ЛДСП и МДФ создаются высокоточные технологические отверстия под крепеж и монтаж фурнитуры.

6. Участок контроля качества. Контрольные оценки производятся на всех этапах производства, целью является выявить дефекты, а также проверка продукции на соответствие стандартам.

7. Участок упаковки и хранения готовой продукции. Проверенные детали маркируются и упаковываются в защитные материалы (гофрокартон) для обеспечения сохранности при транспортировке и отправляются на склад готовой продукции.

9. Доукомплектация фурнитурой. В заказ добавляются направляющие, петли, заглушки и прочие комплектующие. Фурнитура фасуется в коробку.

8. Склад готовой продукции. Готовые упакованные заказы устанавливаются на поддоны или в ячейки стеллажей.

Карта-схема предприятия, анализ технологического процесса представлены в приложении А.

2.2 Идентификация рисков возникновения чрезвычайных ситуаций

Ключевыми источниками опасности, с учетом особенностей технологического процесса и свойств используемых материалов, способствующих возникновению ЧС на мебельном предприятии являются:

1. Горючие материалы, к которым относятся плотные горючие материалы (плиты ЛДСП, МДФ, гофрокартон), представляющую высокую удельную пожарную нагрузку. Дополнительную опасность представляют используемые в производстве кромочные материалы и пленка ПВХ (при горении выделяющие высокотоксичные вещества), а также химические вещества, таких как клей.

2. Оборудование, к которому относятся форматно-раскроечные и фрезерные станки, являющиеся источниками тепло- и пылевых выделений, централизованная система аспирации, в воздуховодах и бункерах накопителя которой возможно накопление горючих отложений пыли, кромкооблицовочные станки с нагревательными элементами, вакуумный пресс и пневмосистемы (такие как компрессор), работающие под избыточным давлением.

3. Технологические особенности производства. Наличие многозонных систем вентиляции, участков нанесения покрытий на детали, складов готовой продукции и ЛВЖ создает дополнительные источники риска, связанные с возможными нарушениями технологического регламента [7, 12].

В таблице 2 указаны вероятные опасные события и разработаны соответствующие сценарии их развития, описывающие цепочку «инициирующее событие → развитие → последствия».

Таблица 2 – Вероятные сценарии возникновения и развития аварии

Сценарий	Иницирующее событие	Развитие	Последствия
1	2	3	4
С1. Возгорание древесной пыли в системе аспирации	Локальный перегрев или короткое замыкание в электрооборудовании системы	Быстрое распространение пламени в сети воздуховодов и выделение большого количества дыма в различные производственные зоны	Отравление продуктами горения
С2. Пожар из-за возгорания клеевого отложения на кромкооблицовочном станке	Воспламенение отложений, возникающее при нарушении режима технического обслуживания на нагревательных элементах (термоваликах) и прилегающих поверхностях, накапливаются отвердевшие отложения клея	Открытый источник огня мгновенно поджигает легковоспламеняющуюся кромочную ленту	Угроза получения травм оператора и быстрое развитие локального пожара на рабочем месте с риском распространения на другие участки производства

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
СЗ. Пожар на складе сырья	Короткое замыкания в электропроводке складского помещения	Воспламенение упаковочного материала и сырьевой продукции, клея, кромочного материала	Переход в объемный неконтролируемый пожар с высокой тепловой мощностью

Анализ вероятных сценариев развития аварий показывает, что каждый из возможных вариантов развития критической ситуации имеет свои иницирующие события, механизм развития и характерные последствия. Общим для всех сценариев является то, что в результате их реализации происходит полная остановка производства, а тяжесть последствий различаются от травмирования персонала и локального повреждения оборудования до полной утраты производственных и материальных запасов.

Проведенная идентификация рисков возникновения ЧС выявила три ключевых угрозы, представляющие наибольшую опасность для мебельного производства. Для углубленного анализа и разработки мер по снижению рисков необходимо перейти к качественному ранжированию этих рисков.

Для каждого сценария оценка вероятности и тяжести последствий проводилась на основе логического анализа, а также особенностей технологического процесса и состояния оборудования на производстве. Согласно Приказу Минтруда № 926н «Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков» и ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска» вероятности (Р) можно оценить следующим образом: Р1 (очень низкая) – событие практически невозможно; Р2 (низкая) – событие маловероятно, требует стечения редких обстоятельств; Р3 (средняя) – событие возможно при определенных условиях; Р4 (высокая) – событие вероятно, факторы риска присутствуют постоянно; Р5 (очень высокая) – событие происходит регулярно. Тяжесть последствий (S): S1 (незначительные) – незначительный ущерб, кратковременная остановка

производства; S2 (умеренные) – заметный ущерб, легкие травмы, остановка производства на несколько дней; S3 (средние) – средние травмы, значительный материальный ущерб, остановка до месяца; S4 (критические) – тяжелые травмы, крупный материальный ущерб, остановка до года; S5 (катастрофические) – гибель людей, полная утрата производственных мощностей, остановка более года.

В таблице 3 приведен анализ вероятности и тяжести последствий возможных рисков на предприятии.

Таблица 3 – Анализ вероятности и тяжести последствий возможных рисков на предприятии

Сценарий	Вероятность (P)	Тяжесть последствий (S)
C1	Вероятность данного события на мебельном предприятии оценивается как низкая (P2). Это обусловлено тем, что для реализации возникновения пожара необходимо нарушение технических регламентов обслуживания, накопление большого количества отложений, а также наличие источников зажигания (перегрев, короткое замыкание).	Тяжесть последствий оценивается как катастрофическая (S5). Существует риск отравления персонала продуктами горения и распространение огня на другие производственные участки.
C2	Вероятность события пожара из-за возгорания клеевого отложения на кромкооблицовочном станке оценивается как низкая (P2). Процесс накопления клеевых отложений на прилегающих поверхностях станка является постепенным. При отсутствии регламентированной очистки вероятность возникновения данного события существенно возрастает.	Тяжесть последствий оценивается как катастрофическая (S5). Возникающее горение моментально перекидывается на легковоспламеняющуюся кромочную ленту и емкостью с клеевым составом, которые при горении выделяют высокотоксичные вещества. Локальный пожар может привести к уничтожению других участков производства и травмам персонала.
C3	Вероятность иницилирующего сценария (короткого замыкания в электропроводке складского помещения) является средней (P3). Однако пожары в складских помещениях с высокой плотностью размещения горючих материалов отличаются исключительно быстрым развитием.	Тяжесть последствий в данном случае оценивается как катастрофическая (S5). Возможны структурные повреждения или обрушение складских конструкций, полная утрата сырьевых ресурсов.

Все рассмотренные сценарии характеризуются катастрофической тяжестью последствий (риск гибели людей, полной утраты мощностей или длительной остановки производства). При этом вероятность событий варьируется от низкой (P2) до средней (P3). При относительно невысокой вероятности каждый из сценариев относится к зоне неприемлемого (критического) риска и требует обязательного внедрения дополнительных мер контроля, поскольку потенциальный ущерб чрезвычайно велик. Особого внимания заслуживает сценарий С3 (короткое замыкание на складе) как имеющий наиболее высокую вероятность среди представленных.

Проведенная качественная оценка сценариев возникновения ЧС позволила присвоить каждому из них значения по шкалам вероятности и тяжести последствий.

Следующим этапом является переход к количественным методам, позволяющий определить численные значения вероятности и возможного ущерба для наиболее значимых рисков, необходимых для обоснования затрат на мероприятия по их снижению. Для расчетов был выбран риск пожара древесной пыли в системе аспирации, представляющий наибольшую потенциальную угрозу. Анализ проводится в несколько этапов: определение категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, оценка вероятности реализации сценария на основе статистических данных, расчет прямого материального ущерба.

Первым этапом является определение категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с СП 12.13130.2009. Категория определяется на основе веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении [11, 12].

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности представлены в таблице 4. Согласно таблице, производственные и складские помещения мебельного производства относятся к категории помещения В1–В4, так как в помещении находятся твердые горючие материалы, горючие жидкости.

Таблица 4 – Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А повышенная взрывоопасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожаро- опасность	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1–В4 пожароопасность	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б
Г умеренная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д пониженная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Более подробное определение категорий помещений В1–В4 осуществляют путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки.

Способы размещения для категорий В1–В4 по удельной пожарной нагрузке представлены в таблице 5.

Для проведения оценочного расчета рассматривается производственное и складское помещения, в котором располагаются горючие вещества и жидкости.

Таблица 5 – Удельная пожарная нагрузка и способы размещения для категорий В1–В4

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка g на любом из участков, МДж * м	Способ размещения
В1	Более 2200	Не нормируется
В2	1401–2200	В соответствии с формулами (1), (2) (с учетом $S \geq 10 \text{ м}^2$)
В3	181–1400	В соответствии с формулами (1), (2) (с учетом $S \geq 10 \text{ м}^2$)
В4	1–180	На любом участке пола помещения площадь каждого из участков пожарной нагрузки не более 10 м^2

Необходимые для расчета удельной пожарной нагрузки данные представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Исходные данные

Вещество	Теплота сгорания кДж/кг	Плотность кг/м ³	Объем, м ³	Площадь пожарной нагрузки
ЛДСП	$13,8 \times 10^3$	700	14	80
МДФ	18×10^3	790	7	50
Гофрокартон	$15,1 \times 10^3$	57	21	10
ДВП	21×10^3	600	1,8	10
Меламиновая кромка	$15,67 \times 10^3$	320	0,5	3
ПВХ пленка	$20,7 \times 10^3$	20	0,6	3
Клей	16×10^3	1500	0,77	1
Пыль древесная	$13,8 \times 10^3$	250	1,5	20

Определим пожарную нагрузку Q для веществ, МДж по формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \times Q_{Hi}^P, \quad (1)$$

где G_i – полная масса i -го материала, кг;

Q_{Hi}^P – низшая теплота сгорания i -го материала, МДж/кг.

$$G_i = \rho_i \times V_i, \quad (2)$$

где ρ_i – плотность i -го материала, кг/м³;

V_i – объем i -го материала, м³.

Тогда:

$$Q = Q_{ЛДСП} \times \rho_{ЛДСП} \times V_{ЛДСП} + Q_{МДФ} \times \rho_{МДФ} \times V_{МДФ} + Q_{\text{картон}} \times \rho_{\text{картон}} \times V_{\text{картон}} +$$

$$\begin{aligned}
& + Q_{\text{ДВП}} \times \rho_{\text{ДВП}} \times V_{\text{ДВП}} + Q_{\text{кромка}} \times \rho_{\text{кромка}} \times V_{\text{кромка}} + Q_{\text{ПВХ}} \times \rho_{\text{ПВХ}} \times V_{\text{ПВХ}} + \\
& + Q_{\text{клей}} \times \rho_{\text{клей}} \times V_{\text{клей}} + Q_{\text{пыль}} \times \rho_{\text{пыль}} \times V_{\text{пыль}} \\
Q = & 13800 \times 700 \times 14 + 18000 \times 790 \times 7 + 15100 \times 57 \times 2 + 21000 \times 600 \times \\
& \times 1,8 + 15670 \times 320 \times 0,2 + 20700 \times 20 \times 0,6 + 16000 \times 1500 \times 0,77 \\
& + 13800 \times 250 \times 1,5 = 300440,98 \text{ МДж}
\end{aligned}$$

Удельная пожарная нагрузка g , МДж/ м², определяется по формуле:

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (3)$$

где S – суммарная площадь размещения пожарной нагрузки,

$$S = 80 + 50 + 10 + 10 + 3 + 3 + 1 + 20 = 177 \text{ м}^2$$

Отсюда удельная пожарная нагрузка, определяемая по формуле (3) равна:

$$g = \frac{300440,98}{177} = 1697 \text{ МДж/ м}^2$$

Пользуясь таблицей 5, присваиваем помещениям категорию В2.

2.3 Расчет рисков возникновения аварий

Для количественной оценки уровня опасности персонала от реализации сценария пожара выполнен расчет индивидуального пожарного риска в соответствии с методикой, утвержденной Приказом МЧС России от 14.11.2022 №1140 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности» [13, 14].

Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому, если:

$$R \leq R_{\text{норм}},$$

где $R_{\text{норм}}$ – нормативное значение индивидуального пожарного риска, $R_{\text{норм}} = 10^{-6} \text{ год}^{-1}$.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска для группы эвакуируемого контингента при реализации сценария пожара рассчитывается по формуле:

$$R = Q_n \times (1 - K_{ап}) \times P_{пр} \times (1 - P_э) \times (1 - K_{п.з.}), \quad (4)$$

где Q_n – частота возникновения пожара в здании в течение года, которая определяется на основании статистических данных $Q_n = 1,9 \times 10^{-2}$;

$K_{ап}$ – коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения (АУП) требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Значение параметра $K_{ап}$ принимается равным $K_{ап} = 0,9$.

$P_{пр}$ – вероятность присутствия эвакуируемого контингента в здании;

$P_э$ – вероятность эвакуации людей группы эвакуируемого контингента в общем потоке, эвакуирующихся при реализации сценария пожара, принимается равным $P_э = 0,999$;

$K_{п.з.}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Вероятность присутствия эвакуируемого контингента в здании (рассматриваемой части здания) определяется из соотношения:

$$P_{пр} = \frac{t_{пр}}{24}, \quad (5)$$

где $t_{пр}$ – время присутствия эвакуируемого контингента в части здания, рассматриваемой в сценарии пожара в часах в течение суток.

$$P_{пр} = \frac{9}{24} = 0,375$$

Коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, $K_{п.з.}$ рассчитывается по формуле:

$$K_{п.з.} = 1 - (1 - K_{обн} \times K_{СОУЭ}) \times (1 - K_{обн} \times K_{ПДЗ}), \quad (6)$$

где $K_{обн}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной сигнализации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Значение параметра $K_{обн}$ принимается равным 0,8, так как

здание оборудовано системой пожарной сигнализации;

$K_{соуэ}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Значение параметра $K_{соуэ}$ принимается 0,8, объект оборудован системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;

$K_{пдз}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противодымной защиты, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Система противодымной защиты не установлена, значение параметра $K_{пдз}$ принимается равным нулю.

Определяем коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты по формуле (6):

$$K_{н.з} = 1 - (1 - 0,8 \times 0,8) \times (1 - 0,8 \times 0) = 0,64$$

Тогда, индивидуальный пожарный риск $R_{по}$ формуле (4) равен:

$$R = 1,9 \times 10^{-2} \times (1 - 0,9) \times 0,375 \times (1 - 0,999) \times (1 - 0,64) = 2,565 \times 10^{-7}$$

Для количественной оценки вероятностей реализации аварийных сценариев с помощью программы «Редактор построения дерева событий» построены деревья событий для трех наиболее характерных сценариев.

Сценарии развития аварий представлены в приложении А.

На основе анализа сценариев развития аварий можно сделать следующие выводы:

1. Наибольшая частота инициирующих событий характерна для сценария 2 (воспламенение клеевых отложений на кромкооблицовочном станке) – $F = 3,34 \times 10^{-1}$ (0,334 событий в год). Это делает его самым вероятным с точки зрения возникновения аварийной ситуации.

2. Наиболее высокий риск неблагоприятного исхода (распространение пожара при отказе защиты) также наблюдается в сценарии 2 – условная вероятность 0,0299, что при заданной частоте дает ожидаемую годовую частоту распространения $\approx 0,01$. В сценарии 1 вероятность

неблагоприятного исхода менее 0,01, в сценарии 3 – 0,0019.

3. Эффективность систем защиты существенно различается:

В сценарии 1 (возгорание пыли в воздуховоде) система защиты обеспечивает локализацию с вероятностью 0,48 при частоте 0,1 –наиболее надежный сценарий с точки зрения предотвращения развития аварии.

В сценарии 2 локализация достигается с вероятностью 0,3503, но при этом вероятность отказа защиты достаточно высока (0,2994), что требует повышенного внимания к техническому состоянию оборудования.

В сценарии 3 (короткое замыкание на складе) абсолютные вероятности благоприятного (0,0072) и неблагоприятного (0,0019) исходов очень низки, что объясняется высокой долей событий, заканчивающихся вспышкой без возгорания (вероятность 0,6).

4. Наиболее опасным с точки зрения интегрального риска признается сценарий 2, так как он сочетает относительно высокую частоту инициирования, заметную вероятность отказа защиты и неблагоприятного развития пожара. Для снижения риска рекомендуется усилить контроль за состоянием кромкооблицовочного станка, очистку от клеевых отложений и повысить надежность системы автоматической защиты.

2.4 Анализ результатов оценки и установление приемлемого риска

Проведенная идентификация, качественная и количественная оценка рисков возникновения ЧС на мебельном производстве позволяет перейти к заключительному этапу анализа – сопоставлению полученных результатов с установленными нормами приемлемости рисков.

Полученное значение индивидуального пожарного риска R составляет $2,565 \times 10^{-7} \text{ год}^{-1}$, что не превышает нормативно допустимый уровень 10^{-6} год^{-1} , установленный Федеральным законом от 22.07.2008 №123-ФЗ.

С нормативной точки зрения рассматриваемый риск классифицирован как приемлемый. Это свидетельствует, что существующие меры безопасности выполняют нормативные требования по защите персонала.

Категория В2 для рассматриваемого помещения не является неприемлемой, однако обязывает соблюдать требования пожарной безопасности:

- оснащение системами автоматического пожаротушения (АУП), согласно СП 486.1311500.2020 для производственных помещений категорий В2-В3 и при наличии выходов непосредственно наружу, площадь помещения должна быть 700 м² и более;

- наличие двух эвакуационных выходов, согласно СП 1.13130.2020 для зданий производственного или складского назначения (класс функциональной пожарной опасности Ф5) категории В с численностью рабочих в наиболее многочисленной смене более 25 человек или площадью более 1000 м²;

- регулярная проверка состояния системы пожарной безопасности;

- проведение инструктажей по пожарной безопасности [12, 14, 15, 16].

Таким образом, идентифицированы основные источники опасности мебельного производства: горючие материалы (ЛДСП, МДФ, гофрокартон, кромка ПВХ, клеевые составы, древесная пыль), технологическое оборудование с нагревательными элементами и системами аспирации, а также складские зоны с высокой пожарной нагрузкой. Выделены три ключевых сценария развития аварий: возгорание пыли в воздуховоде, воспламенение клеевых отложений на кромкооблицовочном станке и короткое замыкание на складе сырья.

Качественная оценка рисков показала, что все три сценария имеют катастрофическую тяжесть последствий (S5 – гибель людей, полная утрата мощностей), при этом вероятность событий варьируется от низкой (P2) до средней (P3). Наиболее вероятным иницирующим событием признано

воспламенение клеевых отложений (сценарий 2), наименее вероятным – возгорание пыли в системе аспирации (сценарий 1).

Расчет удельной пожарной нагрузки (1697 МДж/м^2) позволил отнести производственные и складские помещения предприятия к категории В2 по взрывопожарной и пожарной опасности согласно СП 12.13130.2009. Данная категория обязывает соблюдать требования к системам автоматического пожаротушения, эвакуационным выходам и регулярному контролю.

Количественная оценка индивидуального пожарного риска для персонала, выполненная по методике МЧС России, дала значение $R = 2,565 \times 10^{-7} \text{ год}^{-1}$, что не превышает нормативного уровня 10^{-6} год^{-1} . С нормативной точки зрения риск является приемлемым, что свидетельствует о достаточности существующих мер пожарной безопасности (пожарная сигнализация, оповещение, план эвакуации) для защиты людей.

Анализ деревьев событий для трех сценариев выявил: наибольшую частоту инициирования у сценария 2 ($F = 3,34 \cdot 10^{-1}$); наиболее высокую вероятность неблагоприятного исхода (распространение пожара) также у сценария 2 (0,0299); наилучшую эффективность системы защиты – у сценария 1 (локализация с вероятностью 0,48 при частоте 0,1); низкие абсолютные вероятности исходов в сценарии 3 из-за высокой доли вспышек без возгорания. Наиболее опасным с точки зрения интегрального риска признан сценарий 2 (воспламенение клеевых отложений на кромкооблицовочном станке). Для его снижения рекомендовано усилить контроль за очисткой станка от клея, повысить надежность автоматической системы защиты и проводить регулярные технические осмотры нагревательных элементов. В целом существующий уровень пожарной безопасности на предприятии соответствует нормативным требованиям по защите персонала, однако для снижения риска материального ущерба и предотвращения перехода пожаров в неконтролируемую стадию целесообразно внедрение дополнительных организационно-технических мер.

3 Разработка мероприятий по снижению рисков чрезвычайных ситуаций на мебельном предприятии

Выполненная идентификация и оценка рисков на мебельном предприятии «Мебликон» выявила три ключевых сценария возникновения чрезвычайных ситуаций: возгорание древесной пыли в системе аспирации, воспламенение клеевых отложений на кромкооблицовочном станке и короткое замыкание на складе сырья. Качественный анализ показал, что все сценарии характеризуются катастрофической тяжестью последствий, а количественная оценка индивидуального пожарного риска подтвердила его формальную приемлемость с нормативной точки зрения.

Таким образом, существующий уровень пожарной безопасности обеспечивает защиту персонала в пределах нормативных требований, но не в полной мере предотвращает риск значительного материального ущерба и перехода пожара в неконтролируемую стадию. В связи с этим возникает объективная необходимость разработки и внедрения дополнительных предупреждающих и защитных мероприятий, направленных на снижение вероятности реализации аварийных сценариев, раннее обнаружение возгораний, локализацию пожара и минимизацию его последствий.

3.1 Технические меры снижения риска чрезвычайных ситуаций

По результатам проведенной количественной оценки установлена необходимость разработки дополнительных мер защиты. Для обработки рисков необходима стратегия снижения неприемлемых рисков. Стратегия реализуется через комплекс предупреждающих и защитных мероприятий, направленных на источник опасности – технологическое оборудование. Данные меры можно разделить на основные направления: автоматизация процессов для снижения человеческого фактора, модернизация систем

аспирации, защита оборудования.

Предупреждающие мероприятия направлены на снижение вероятности события. Для предприятия «Мебликон» на снижение возникновения пожара. К таким мероприятиям относятся:

- внедрение журнала учета очистки воздуховодов, что позволяет исключить пропуски очистки и обеспечить контроль за накоплением горючих отложений;
- очистка вентиляционных камер, циклонов, фильтров и воздуховодов от горючих материалов и отложений не реже 1 раза в год в соответствии с п. 43 Постановления Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479;
- своевременное обслуживание оборудования в соответствии с технической документацией, в том числе подшипников, исключаящие перегрев как источник зажигания;
- заземление металлических воздуховодов и оборудования вентиляционных систем согласно правовым актам по устройству электроустановок;
- установка искрогасителей на входах в воздуховоды для предотвращения заноса искр в систему аспирации [17, 18].

Защитные мероприятия направлены на снижение тяжести последствий при наступлении событий. К ним относятся:

- запрет на эксплуатацию технологического оборудования во взрывопожароопасных помещениях при неисправных или отключенных гидрофильтрах, сухих фильтрах, пылеулавливающих и других устройствах систем аспирации согласно Постановления Правительства РФ от 16.09.2020 №1479;
- оснащение производственных аспирационных систем средствами противопожарной защиты, среди которых огнепреградители и пламяпреградители;

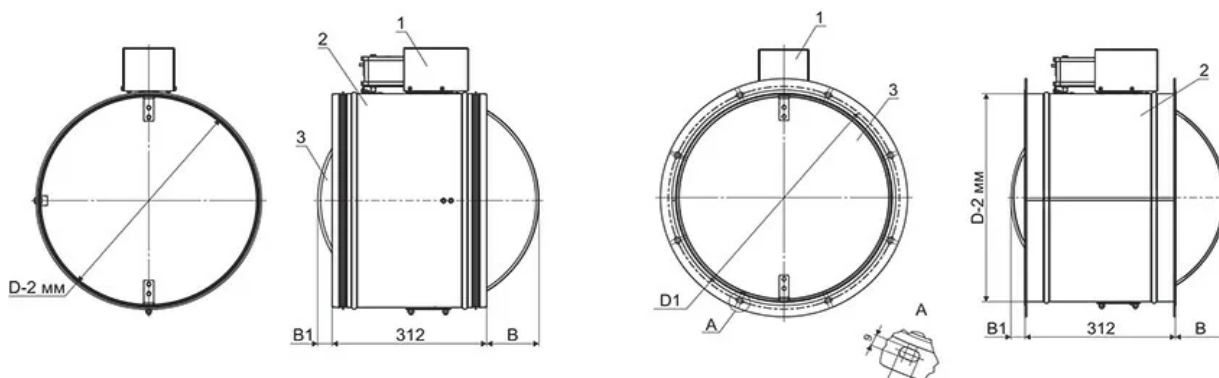
– монтаж пожарных извещателей внутри воздуховодов и фильтра, обеспечивающие раннее обнаружение возгорания в скрытых полостях системы [19, 20].

Воздуховоды и фильтр являются потенциальными путями распространения огня в скрытых полостях, где возгорание может оставаться незамеченным длительное время. В соответствии с ГОСТ Р 71814-2024 для устранения данного недостатка предлагается установка датчика дыма внутри воздуховодов и установка огнезадерживающих клапанов на магистральных участках воздуховодов.

Для раннего обнаружения возгорания в скрытых полостях системы аспирации предлагается установка извещателя пожарного аспирационного ИП 212-5, принцип действия которого основан на обнаружении дыма через систему воздухозаборных труб, запуска системы оповещения и автоматическом отключении системы аспирации.

Для предотвращения распространения пламени по воздуховодам системы аспирации предлагается установка противопожарных клапанов ОЗ-60 круглого сечения. В штатном режиме заслонка открыта. При срабатывании системы пожарной сигнализации пружина перекрывает сечение воздуховода, локализуя пожар в пределах одного участка. Предел огнестойкости клапана составляет EI 60.

На рисунке 4 представлена схема устройства противопожарного клапана.



а) клапан на ниппеле

б) клапан на фланце

Рисунок 4 – Схема устройства противопожарного клапана ОЗ-60:

1 – электромеханический/реверсивный привод или электромагнитный привод; 2 – корпус клапана; 3 – заслонка. D – диаметр клапана, мм; D1 – диаметр расположения присоединительных отверстий

Реализация предложенного комплекса технических мероприятий позволит достичь следующих результатов:

1. Снижение вероятности возникновения пожара в системе аспирации за счет предотвращения исключения перегрева оборудования и автоматизации контроля состояния системы.
2. Обеспечение раннего обнаружения возгорания с помощью пожарных извещателей, установленных непосредственно в воздуховодах и фильтрах.
3. Локализация пожара в пределах одного участка благодаря установке средств противопожарной защиты, что предотвращает распространение огня и дыма по всей системе и в производственные помещения.
4. Исключение возможности работы оборудования при неработающей аспирации, что предотвращает накопление пыли в рабочей зоне.
5. Минимизация влияния человеческого фактора благодаря автоматизации процессов контроля и очистки.

3.2 Организационные и инженерные меры по минимизации последствий чрезвычайных ситуаций

Наряду с техническими мерами, направленными на снижение вероятности возникновения пожара, важное значение имеет также комплекс организационных и инженерных мер. Под инженерными мерами, в отличие от технических, понимаются строительные и объемно-планировочные решения, а также инженерные системы здания, создающие физические барьеры для распространения огня. Если технические меры встраиваются в оборудование и технологические процессы, то инженерные меры относятся к зданию в целом (системы пожаротушения, водоснабжения, эвакуационные пути, оповещение). На предприятии уже установлена автоматическая спринклерная система пожаротушения (АУПТ) в количестве 87 оросителей. Для подтверждения соответствия существующей АУПТ нормативным требованиям выполнен расчет требуемого количества оросителей N по формуле, установленной в СП 485.1311500.2020:

$$N = \frac{S_d}{\Omega}, \quad (7)$$

где S_d – диктующая площадь, защищаемая водяной или пенной АУП, м^2 .
Суммарная площадь защищаемых помещений 1000 м^2 ;

Ω – условная расчетная площадь, приходящаяся согласно сетке распределительной сети, на один ороситель, м^2 . Площадь, защищаемая одним оросителем (расстановка $3 \times 4 \text{ м}$) равна 12 м^2 .

Таким образом, требуемое количество оросителей по формуле (7) составляет:

$$N = \frac{1000}{12} = 84 \text{ шт.}$$

Далее, для обеспечения работы АУПТ в течение нормативного времени необходим соответствующий запас воды. На предприятии имеется пожарный резервуар объемом 500 м^3 .

Требуемый объем воды для работы АУПТ рассчитан по формуле, установленной СП 485.1311500.2020 [14]:

$$V = Q \times t \times \frac{60}{1000}, \quad (8)$$

где Q – расчетный расход воды, л/с;

t – нормативное время работы для спринклерных водозаполненных установок в помещениях категории В (согласно СП 485.1311500.2020, $t = 60$ мин).

Расчет требуемого расхода воды Q находится по формуле:

$$Q = S \times I, \quad (9)$$

где S – суммарная площадь защищаемых помещений, равная 1000 м^2 ;

I – нормативная интенсивность орошения для помещений категории В, согласно СП 485.1311500.2020, принимается равной $0,12 \frac{\text{л}}{\text{с} \times \text{м}^2}$.

Требуемый расход воды по формуле (9) равен:

$$Q = 1000 \times 0,12 = 120 \text{ л/с}$$

Таким образом, требуемый объем воды по формуле (8) составляет:

$$V = 120 \times 60 \times \frac{60}{1000} = 432 \text{ м}^3.$$

Фактический объем резервуара (500 м^3) превышает требуемый объем (432 м^3), что подтверждает полное соответствие существующей системы противопожарного водоснабжения и достаточным для работы АУПТ на всей защищаемой площади 1000 м^2 .

Для предотвращения распространения огня необходимо оценить достаточность имеющихся первичных средств пожаротушения. В связи с этим проведем расчет требуемого количества огнетушителей и проверка соответствия существующего оснащения нормативным требованиям[21].

Расчет количества огнетушителей производится по нормативной площади, защищаемой одним огнетушителем. Согласно паспортным данным, для огнетушителей ОП-5, установленных на производстве, нормативная защищаемая площадь составляет 50 м^2 .

Требуемое количество огнетушителей N находится по формуле:

$$N = \frac{S}{P}, \quad (10)$$

где S – суммарная площадь помещения, м^2 ;

P – нормативная защищаемая площадь одним огнетушителем, м^2 .

Тогда, требуемое количество по формуле (10) равно:

$$N = \frac{1000}{50} = 20 \text{ шт.}$$

Фактическое наличие огнетушителей на производстве составляет 15 штук, что недостаточно для защиты помещений. Предлагается дооснастить помещения дополнительными огнетушителями ОП-5 в количестве 5 штук, разместив их в соответствии с требованиями (не далее 20 м от возможного очага). Бетонно-кирпичные перегородки, разделяющие производственные помещения, являются эффективной противопожарной преградой, однако система оповещения должна обеспечивать своевременное информирование персонала во всех зонах [7, 8, 11, 16].

Предлагаемые мероприятия представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Мероприятия по совершенствованию системы оповещения и эвакуации

Мероприятия	Назначение	Нормативное обоснование
1. Установка дополнительных световых указателей	Четкое направление движения при задымлении	СП 3.13130.2009
2. Проведение тренировок по эвакуации не реже 1 раза в полугодие	Отработка практических навыков персонала	Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 года №1479
3. Замена технических средств системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) в соответствии с регламентом	Не допускается эксплуатация технических средств с истекшим сроком службы	ГОСТ Р 59639-2021

Таким образом, реализация мероприятий позволит повысить эффективность информирования персонала о пожаре и обеспечить организованную и безопасную эвакуацию людей.

На предприятии отсутствует единый документ, регламентирующий действия персонала при возникновении аварийных ситуаций [8].

Структура и содержание ПЛА представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Структура плана ликвидации аварии

Раздел ПЛА	Содержание
1	2
1. Общая характеристика объекта	Мебельное производство, расположенное в Кузнецком районе. Основные участки: раскройный цех (станки с ЧПУ), участок кромления, участок фрезерования и вакуумного прессования, склад сырья (ЛДСП, МДФ, ДСП, кромка, ЛВЖ), склад готовой продукции. Пожароопасные вещества: древесная пыль, плиты ЛДСП/МДФ, кромка ПВХ (выделяет токсичные вещества при горении), клеи и растворители (ЛВЖ). Численность персонала: 20 человек. Здание с бетонно-кирпичными перегородками, два эвакуационных выхода. Имеется автоматическая пожарная сигнализация (АПС), первичные средства пожаротушения.
2. Вероятные сценарии аварий	Сценарий 1. Пожар в системе аспирации. Причина: искра от станка, перегрев подшипника. Последствия: задымление цехов, остановка производства. Сценарий 2. Возгорание на участке кромления. Причина: воспламенение клеевых отложений на нагревательных элементах. Последствия: ожоги персонала, выход станка из строя. Сценарий 3. Пожар на складе сырья. Причина: КЗ в электропроводке. Последствия: уничтожение запасов, простой.
3. Силы и средства для ликвидации аварий	Добровольная пожарная дружина: 5 человек (начальник цеха, операторы станков). Огнетушители порошковые ОП-5: 15 шт. (размещены в производственных помещениях, на складе). Аптечки первой помощи: 3 шт. Лом, багор, ведро, ящик с песком: у пожарного щита.
4. Оперативная часть (действия при авариях)	Сценарий 1: остановить станки, отключить аспирацию, тушить через лючки, эвакуация. Руководитель: вызов 112, встреча пожарных. Сценарий 2: остановить станок, применить огнетушитель, помощь пострадавшему, сообщить руководителю. Сценарий 3: обесточить склад, тушить огнетушителями, вызвать 112, эвакуация.
5. Распределение обязанностей при ликвидации аварии	Руководитель производства: общее руководство, вызов спецслужб, контроль эвакуации. Начальник цеха: оценка обстановки, организация тушения, отключение электроэнергии. Операторы: остановка оборудования, тушение, эвакуация, первая помощь. Электромонтер: отключение аварийного участка.
6. Порядок оповещения об аварии	Обнаруживший аварию → руководителю производства. Руководитель → 101, 112 (немедленно). При пострадавших → 103. Оповещение соседних участков при угрозе.

Продолжение таблицы 8

1	2
7. Мероприятия по защите персонала	1. Включение звуковой сигнализации (сирена) при срабатывании АПС или по команде руководителя. 2. Оповещение всех работающих об аварии. 3. Организованный вывод людей из опасной зоны согласно планам эвакуации (направление – центральный выход или запасные выходы). 4. Проверка наличия всех работников после эвакуации (сбор на общей площадке, переключка по списку). 5. Оказание первой помощи пострадавшим (из аптек, силами обученных сотрудников до прибытия скорой). 6. Выставление постов безопасности на путях эвакуации и входах в опасную зону для предотвращения доступа посторонних.
8. Ответственные лица	Общее руководство ликвидацией аварии: руководитель производства (Ф.И.О., должность). Ответственный за пожарную безопасность: руководитель производства (Ф.И.О.). Ответственный за отключение электроэнергии: электромонтер (Ф.И.О.) или лицо, его замещающее. Ответственный за эвакуацию: начальник цеха (Ф.И.О.). Ответственный за оказание первой помощи: начальник цеха (Ф.И.О.) и обученные сотрудники. Лица, имеющие право принимать решения о вызове спецслужб: руководитель производства, начальник цеха.
9. Порядок ввода в действие и пересмотра	План ликвидации аварий вводится в действие с момента его утверждения руководителем организации и действует до замены новым или внесения изменений. Пересмотр ПЛА осуществляется не реже одного раза в год, а также после каждого инцидента (пожара, аварии) или существенных изменений в технологии производства, планировке помещений, замене оборудования. С планом должны быть ознакомлены все работники предприятия под роспись. Вновь принимаемые работники ознакомляются с ПЛА в день оформления на работу (под роспись).
10. Согласование и утверждение	СОГЛАСОВАНО: (должность руководителя подразделения МЧС / пожарной части, Ф.И.О., подпись, дата). УТВЕРЖДАЮ: (должность руководителя организации, Ф.И.О., подпись, дата, печать).

Таким образом, разработанная структура плана ликвидации аварий охватывает все необходимые разделы. Наличие согласования с подразделением МЧС и утверждения руководителем организации подтверждает соответствие ПЛА нормативным требованиям, а регламентированный порядок пересмотра обеспечивает его актуальность и применение при возникновении любой из идентифицированных ЧС.

3.3 Программа внедрения мероприятий и оценка их эффективности

Разработанный комплекс предупреждающих и защитных мероприятий требует системного подхода к организации внедрения, оценки результативности и последующего контроля. В соответствии с рекомендациями ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство», процесс обработки риска должен включать разработку планов действий, оценку остаточного риска, мониторинг и пересмотр принятых мер. В таблице 9 представлен план-график внедрения мероприятий, разработанный с учетом положений примерной формы плана мероприятий по улучшению условий и охраны труда, ликвидации или снижению уровней профессиональных рисков.

При планировании учитывались приоритетность мероприятий (первоочередная реализация защитных мер, влияющих на безопасность персонала), технологическая последовательность выполнения работ, а также возможность привлечения специализированных организаций для монтажа систем пожаротушения и сигнализации. В таблице 9 под «1-м месяцем» понимается первый месяц после утверждения программы внедрения, под «2-3» – второй и третий месяцы и т. д. Конкретные календарные месяцы выполнения мероприятий определяются от начала утверждения руководителем предприятия плана-графика.

Разработанный план-график предусматривает поэтапное внедрение мероприятий в течение шести месяцев: первоочередные организационные меры (разработка ПЛА, дооснащение огнетушителями) реализуются на первом-втором месяце, затем модернизация систем обнаружения (монтаж аспирационных извещателей, объединение с АПС), а завершающим этапом (пятый-шестой месяц) устанавливаются средства пассивной защиты (тепловые извещатели, огне- и пламяпреградители).

Таблица 9 – План-график внедрения мероприятий по снижению риска

Наименование мероприятия	Срок (месяц от начала внедрения) мероприятий	Ответственный исполнитель
1. Оснащение аспирационных систем средствами пожарной защиты (огне и пламяпреградители)	6-й месяц	Специализированная организация
2. Дооснащение огнетушителей ОП-5 в количестве 5 шт.	1-й месяц	Руководитель организации
3. Проведение тренировок по эвакуации не реже 1 раза в полугодие	3-й и 9-й месяц	Руководитель производства
4. Разработка и утверждение ПЛА	1-2-й месяц	Руководитель организации
5. Объединение дополнительных извещателей с общей системой АПС	2-3-й месяц	Специализированная организация
6. Установка линейных тепловых извещателей	5-й месяц	Специализированная организация
7. Монтаж извещателей пожарных дымовых аспирационных (ИПДА) внутри воздуховодов и фильтра	3-4-й месяц	Специализированная организация

Таким образом, в соответствии с методологией менеджмента риска, после реализации запланированных мер необходимо оценить уровень остаточного риска. Исходное значение индивидуального пожарного риска составляло $2,565 \times 10^{-7} \text{ год}^{-1}$. После внедрения мероприятий ожидается снижение вероятности возникновения пожара и повышение эффективности систем противопожарной защиты. Прогнозное значение остаточного риска после внедрения мероприятий рассчитывается по формуле, составленной на основе структуры показателя индивидуального риска из Приказа МЧС №1140, с учетом влияния предупреждающих и защитных мероприятий:

$$R_{\text{ост}} = R \times K_{\text{в}} \times \frac{(1 - K_{\text{о.нов}})}{(1 - K_{\text{о.тек}})}, \quad (11)$$

где R – индивидуальный пожарный риск, рассчитанный по формуле (4) и равный $2,565 \times 10^{-7} \text{ 1/год}$;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент снижения вероятности пожара за счет предупреждающих мероприятий, принят экспертным методом и равен 0,6;

$K_{\text{о.тек}}$ – коэффициент эффективности систем противопожарной защиты до внедрения мероприятий, для существующего состояния системы

аспирации, не оборудованной средствами автоматического тушения, принимается минимальное значение 0,1;

$K_{0.нов}$ – прогнозируемый коэффициент эффективности систем противопожарной защиты после внедрения мероприятий, значение 0,7 принято в соответствии с ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска» на основе экспертных значений.

Определяем остаточный риск по формуле (11):

$$R_{ост} = 2,565 \times 10^{-7} \times 0,6 \times \frac{(1 - 0,7)}{(1 - 0,1)} = 5,13 \times 10^{-8} \text{год}^{-1}.$$

Полученное прогнозное значение в 5 раз ниже исходного уровня и в 19,5 раз ниже нормативно допустимого значения. Это обеспечивает существенный запас безопасности и позволяет классифицировать остаточный риск как приемлемый [11, 14].

Таким образом, разработан комплекс мероприятий по снижению риска пожара, представленный в приложении А. Предупреждающие мероприятия направлены на снижение вероятности возникновения пожара.

Защитные меры обеспечивают ранее обнаружение, локализацию и тушение пожара на ранней стадии. Организационные меры включают актуализацию планов эвакуации, разработку плана ликвидации аварий и проведение тренировок персонала.

4 Защита работников мебельного предприятия от вредных производственных факторов

Обеспечение безопасных условий труда на мебельном производстве является важнейшей задачей охраны труда, поскольку работники предприятия ежедневно подвергаются воздействию комплекса вредных факторов, способных привести к развитию профессиональных заболеваний и снижению работоспособности. Для эффективной защиты персонала необходим системный подход, включающий выявление и оценку опасностей, внедрение технических и организационных мероприятий, а также применение средств индивидуальной защиты [22].

4.1 Характеристика основных производственных факторов на мебельном предприятии

В процессе изготовления деталей корпусной мебели из ЛДСП и МДФ на работников предприятия воздействует комплекс вредных производственных факторов, классифицируемых ГОСТ 12.0.003-2015 на физические, химические, биологические и психофизиологические [23]. Основными источниками данных факторов являются форматно-раскроечные и фрезерные станки с ЧПУ, кромкооблицовочные станки, сверлильно-присадочное оборудование, система аспирации, а также складские помещения для хранения плитных материалов, кромки, клеев.

Физические факторы

Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны. При механической обработке ЛДСП и МДФ образуется мелкодисперсная древесная пыль, преимущественно с размером частиц менее 10 мкм, способная проникать в нижние дыхательные пути. Согласно СанПиН 1.2.3685-21, ПДК древесной пыли в воздухе рабочей зоны составляет 4 мг/м³. Для пыли твердых пород

древесины установлена ПДК 6 мг/м³, однако пыль древесно-стружечных плит может содержать смолы и формальдегид, что требует более жесткого контроля [24].

Повышенный уровень шума. Нормируемым параметром является эквивалентный уровень звука за 8-часовую рабочую смену. Согласно [24] норматив – 80 дБА, максимальные уровни звука не должны превышать 110 дБА. Превышение норм приводит к профессиональной тугоухости, снижению внимания и утомляемости [24].

Локальная вибрация. Возникает при работе форматно-раскроечных и фрезерных станков с ЧПУ, передается через руки оператора. ПДУ локальной вибрации – 126 дБ. Длительное воздействие вызывает вибрационную болезнь с нарушением кровообращения и чувствительности пальцев рук [24].

Химические факторы. В технологическом процессе используются клеевые составы на основе синтетических смол, содержащие растворители (ацетон, толуол, этилацетат).

При нагревании в процессе кромления и прессования эти вещества выделяются в воздух рабочей зоны. Кроме того, древесные плиты (ЛДСП, МДФ) при нагревании выделяют формальдегид (2-й класс опасности).

Согласно [24], ПДК формальдегида – 0,5 мг/м³, ацетона – 200 мг/м³. Длительное воздействие формальдегида вызывает раздражение дыхательных путей, аллергические реакции и обладает канцерогенным действием.

Психофизиологические факторы. Монотонность труда и статические нагрузки. Операторы станков с ЧПУ длительно сохраняют вынужденную позу, выполняют однотипные движения. Это приводит к снижению работоспособности, повышенному утомлению и увеличивает риск ошибок.

4.2 Анализ существующих мероприятий по защите персонала от основных производственных факторов

На предприятии реализована система защиты работников, включающая технические и организационные мероприятия.

Защита от запыленности. Основным средством является система аспирации, обеспечивающая удаление пыли непосредственно от мест образования (форматно-раскроечные, фрезерные, шлифовальные станки). Приточная вентиляция подает чистый воздух в рабочую зону, создавая подпор и предотвращая проникновение пыли из смежных помещений. Организационные меры включают ежесменную влажную уборку производственных помещений, регулярную очистку воздуховодов и фильтров системы аспирации, а также периодический контроль запыленности воздуха аккредитованной лабораторией.

Защита от шума. Используются звукоизолирующие кожухи на наиболее шумных станках (например, на форматно-раскроечных центрах), виброизолирующие опоры под оборудование. Проводится регулярное техническое обслуживание станков (смазка, затяжка креплений), что снижает механический шум. Организационные меры: соблюдение режима труда и отдыха с регламентированными перерывами, периодический контроль уровня шума на рабочих местах.

Защита от химических вредных веществ. Основное средство – общеобменная приточно-вытяжная вентиляция. Локальная вытяжка устанавливается непосредственно над источниками выделения (кромкооблицовочный станок, вакуумный пресс). Места хранения ЛВЖ и клеев оборудованы автономной вытяжной вентиляцией. Организационные меры: инструктажи по безопасному обращению с химическими веществами, герметичное хранение клеев и растворителей в исправной таре, использование поддонов для сбора разливов жидкости, периодический

контроль концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Защита от вибрации и психофизиологических факторов. Для снижения локальной вибрации применяются виброизолирующие рукоятки инструмента. Для снижения монотонности и статических нагрузок вводятся регламентированные перерывы (каждый час по 5-10 минут), сменность работы на станках (не более 4-6 часов в смену), проводится производственная гимнастика.

Медицинские осмотры. Работники, занятые на работах с вредными производственными факторами, проходят предварительные (при приеме на работу) и периодические медицинские осмотры. Периодичность осмотров зависит от вида воздействующих факторов и составляет от одного раза в год до одного раза в два года [25].

4.3 Разработка мероприятий по защите персонала от основных производственных факторов

Хотя существующая система защиты позволяет снизить воздействие вредных факторов до допустимых уровней, рекомендуется внедрить следующие дополнительные меры для повышения безопасности труда:

1. Средства индивидуальной защиты (СИЗ):

- для защиты от пылиобеспечить всех операторов станков респираторами типа FFP2 или FFP3 (например, «Алина-200» или 3М 9332+);
- для защиты от шумаобязать работников использовать противοшумные наушники (например, 3М PeltorOptime III) или беруши на участках с уровнем шума выше 85 дБА (форматно-раскроечные центры, фрезерные станки);
- для защиты от вибрации выдавать работникам антивибрационные перчатки (например, с многослойным амортизирующим наполнителем) операторам ручного фрезерного и шлифовального инструмента;

– для защиты от химических веществ при работе с клеями и растворителями использовать защитные очки и перчатки из бутилкаучука.

2. Технические усовершенствования:

– оснастить форматно-раскроечные станки дополнительными звукопоглощающими экранами из перфорированного металла с акустическим наполнителем;

– установить датчики контроля запыленности и уровня формальдегида в воздухе рабочей зоны с автоматическим оповещением при превышении ПДК;

– заменить старые клеевые системы на клеи-расплавы с низким содержанием растворителей (бесформальдегидные составы на основе полиуретана или EVA);

– модернизировать систему аспирации: установить центральный пылеулавливающий агрегат с фильтром тонкой очистки (класс H13/H14) и системой автоматического удаления древесной пыли.

3. Организационные и профилактические меры:

– ввести регулярное (не реже одного раза в квартал) обучение работников правильному использованию СИЗ и уходу за ними;

– разработать график дополнительных перерывов для операторов станков: 5-минутный перерыв каждый час для активного отдыха и производственной гимнастики;

– проводить ежегодный углубленный медицинский осмотр с обязательной аудиометрией и спирографией для всех работников, контактирующих с шумом и пылью;

– установить информационные стенды в цехе с указанием актуальных ПДК, ПДУ и правил поведения в зонах с вредными факторами.

4. Мониторинг и контроль:

– заключить договор с аккредитованной лабораторией для проведения замеров запыленности, шума, вибрации и химических веществ не реже двух

раз в год (в зимний и летний периоды);

– создать журнал контроля параметров микроклимата и вредных факторов с ежесменной фиксацией [26, 27].

Внедрение предложенных мероприятий позволит снизить профессиональные риски, предотвратить развитие профессиональных заболеваний и повысить производительность труда за счет уменьшения утомляемости.

5 Оценка экономической эффективности мероприятий по снижению рисков чрезвычайных ситуаций

Экономическая оценка эффективности мероприятий по снижению рисков возникновения чрезвычайных ситуаций является неотъемлемой частью обоснования управленческих решений в области промышленной безопасности. Любая авария на производственном объекте влечет за собой не только материальные потери, но и создает угрозу жизни и здоровью человека. Поэтому важно не только технически обосновать необходимость тех или иных защитных мер, но и доказать, что затраты на их внедрение экономически оправданы и приведут к снижению возможного ущерба.

Полный экономический ущерб от аварии на ОПО определяется по формуле [28]:

$$П_a = П_{п.п.} + П_{л.а.} + П_{сз} + П_{н.в.}, \quad (12)$$

где $П_{п.п.}$ – прямые потери организации, руб.;

$П_{л.а.}$ – затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварий, руб.;

$П_{сз}$ – социально-экономические потери, составляют 430000 руб.;

$П_{н.в.}$ – косвенный ущерб, руб.

Прямые потери организации рассчитываются по формуле:

$$П_{п.п.} = П_{о.ф.} + П_{тм.ц.} + П_{им}, \quad (13)$$

где $П_{о.ф.}$ – потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) основных фондов (производственных и непроизводственных), руб.;

$П_{тм.ц.}$ – потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) товарно-материальных ценностей, руб.;

$П_{им}$ – потери в результате уничтожения (повреждения) имущества третьих лиц, руб., принимается равным 0, угрозы распространения на имущество третьих лиц нет.

Затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварий рассчитываются по формуле:

$$П_{л.а.} = П_{л.} + П_{р.}, \quad (14)$$

где $П_{л.}$ – расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварий, руб.;

$П_{р.}$ – расходы на расследование аварий, руб.

Потери от уничтожения (повреждения) основных фондов ($П_{о.ф.}$) представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Потери от уничтожения (повреждения) основных фондов

Наименование основных фондов	Стоимость, руб.
Система аспирации	1500000
Форматно-раскроечный центр с ЧПУ	2500000
Фрезерный станок с ЧПУ	1800000
Кромкооблицовочный станок	1200000
Сверлильно-присадочный станок с ЧПУ	9000000
Вакуумный пресс	8000000
Повреждение строительных конструкций	1500000
Итого	10200000

Потери от уничтожения товарно-материальных ценностей ($П_{т.м.ц.}$) представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Потери от уничтожения товарно-материальных ценностей

Наименование товарно-материальных ценностей	Стоимость, руб.
Плиты ЛДСП	2000000
Плиты МДФ	1500000
Кромка ПВХ	800000
Клеи, растворители, ЛВЖ	400000
Пленка ПВХ	300000
Упаковочные материалы	200000
Готовая продукция на складе	3000000
Итого	8200000

По формуле (13) прямые потери организации равны:

$$П_{п.п.} = 10200000 + 8200000 = 18400000 \text{ руб.}$$

Расходы на ликвидацию последствий аварии (P_L) составляют 300000 руб. (включая демонтаж поврежденного оборудования, очистку помещений и утилизацию поврежденных материалов). Расходы на расследование аварии (P_P) составляют 250000 руб.

Таким образом, затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии по формуле (14) составляют:

$$P_{L.a.} = 300000 + 250000 = 550000 \text{ руб.}$$

Косвенный ущерб ($P_{H.B.}$) определяется по формуле:

$$P_{H.B.} = P_{H.п.} + P_{з.п.} + P_{ш}, \quad (15)$$

где $P_{H.п.}$ – недополученная прибыль предприятия в результате простоя (60 дней), 1350000 руб.;

$P_{з.п.}$ – зарплата и условно-постоянные расходы предприятия за время простоя (2 месяца), 1800000 руб.;

$P_{ш}$ – убытки, вызванные уплатой неустоек, 500000 руб.

$$P_{H.B.} = 1350000 + 1800000 + 500000 = 3650000 \text{ руб.}$$

Таким образом, возможный полный экономический ущерб от аварии по формуле (12) составляет:

$$P_a = 18400000 + 550000 + 430000 + 3650000 = 23030000 \text{ руб.}$$

После внедрения разработанных в Главе 3 мероприятий происходит снижение вероятности возникновения аварии и смягчения ее последствий. Согласно расчетам, остаточный риск снизился в 5 раз по сравнению с исходным уровнем. Соответственно, остаточный ущерб составит:

$$P_{ост} = \frac{23030000}{5} = 4606000 \text{ руб.}$$

Предотвращенный ущерб от внедрения мероприятий определяется как разность между возможным ущербом и остаточным ущербом:

$$U_{пред} = P_a - P_{ост} = 23030000 - 4606000 = 18424000 \text{ руб.}$$

Отсюда, коэффициент экономической эффективности затрат определяется по формуле:

$$\Xi = \frac{Y_{\text{пред}}}{Z}, \quad (16)$$

где $Y_{\text{пред}}$ – предотвращенный ущерб от внедрения мероприятий, руб.;

Z – затраты на реализацию мероприятий, составляющие 891000 руб.

Коэффициент экономической эффективности по формуле (16) равен:

$$\Xi = \frac{18424000}{891000} = 20,7$$

Полученное значение коэффициента означает, что каждый рубль, вложенный в мероприятия по снижению рисков чрезвычайных ситуаций, позволяет предотвратить экономический ущерб в размере 20,7 руб.

Заключение

По результатам выполнения выпускной квалификационной работы цель была полностью достигнута. В ходе исследования решены все поставленные задачи: проведен анализ производственной деятельности предприятия и выявлены источники опасности, идентифицированы возможные сценарии чрезвычайных ситуаций, выполнена качественная и количественная оценка рисков, разработан комплекс мер по снижению выявленных рисков и оценена экономическая эффективность предлагаемых решений.

Нормативная правовая база в области предупреждения ЧС и управления рисками, включает федеральные законы № 68-ФЗ, № 116-ФЗ, № 123-ФЗ, постановления Правительства РФ, приказы Ростехнадзора и МЧС, а также своды правил и государственные стандарты. Существующее законодательство формирует многоуровневую систему обязательных требований к промышленной и пожарной безопасности, однако для мебельной отрасли требуется дополнительная детализация с учетом специфических пожаровзрывоопасных факторов. Методология управления рисками включает этапы идентификации опасностей, качественной и количественной оценки риска, а также методы анализа деревьев отказов и деревьев событий. Специфика опасных производственных факторов на предприятиях мебельной промышленности включает древесную пыль, горючие плитные материалы (ЛДСП, МДФ, ДВП), легковоспламеняющиеся жидкости (клеи, растворители, лаки), а также технологическое оборудование с нагревательными элементами и системы аспирации.

Идентифицированы три ключевых сценария развития аварий на конкретном мебельном предприятии «Мебликон»: возгорание древесной пыли в системе аспирации (С1), воспламенение клеевых отложений на кромкооблицовочном станке (С2) и короткое замыкание с последующим пожаром на складе сырья (С3). Качественная оценка рисков с

использованием матрицы рисков показала, что все три сценария характеризуются катастрофической тяжестью последствий (S5 – возможны человеческие жертвы и полная утрата производственных мощностей) при вероятности от низкой (P2) до средней (P3). Наиболее вероятным иницирующим событием признан сценарий С2.

Количественная оценка включала расчет пожарной нагрузки и определение категории помещения. Суммарная пожарная нагрузка составила около 300 441 МДж, а удельная пожарная нагрузка – 1697 МДж/м². В соответствии с СП 12.13130.2009 это позволяет отнести производственные и складские помещения предприятия к категории В2 (пожароопасные). Данная категория обязывает соблюдать требования к автоматическим установкам пожаротушения, эвакуационным выходам и регулярному контролю противопожарного состояния. Расчет индивидуального пожарного риска по методике Приказа МЧС России № 1140 дал значение $2,565 \times 10^{-7}$ год⁻¹, что не превышает нормативный уровень 10^{-6} год⁻¹. С нормативной точки зрения существующие меры пожарной безопасности (пожарная сигнализация, система оповещения, план эвакуации) признаны достаточными для защиты персонала. Однако анализ деревьев событий, построенных для трех сценариев, выявил, что наиболее опасным с точки зрения интегрального риска является сценарий С2, поскольку он сочетает относительно высокую частоту инициирования (0,334 событий в год) и заметную вероятность отказа систем защиты (около 0,03), что может привести к распространению пожара.

Предложен комплекс технических мер, направленных на предупреждение возникновения пожаров и их раннее обнаружение: внедрение журнала учета очистки воздуховодов, регулярная очистка вентиляционных систем, заземление металлических воздуховодов, установка искрогасителей, оснащение аспирационных систем огнепреградителями и пламяпреградителями, монтаж пожарных извещателей внутри воздуховодов и фильтра. В частности, рекомендована установка аспирационных дымовых извещателей ИП 212-5 и противопожарных клапанов ОЗ-60 круглого сечения

с пределом огнестойкости EI 60. Также разработаны организационные и инженерные меры: дооснащение помещений огнетушителями ОП-5 в количестве пяти штук до нормативного значения (20 штук), установка дополнительных световых указателей на путях эвакуации, проведение тренировок по эвакуации не реже одного раза в полугодие, замена технических средств системы оповещения и управления эвакуацией с истекшим сроком службы. Особое внимание уделено разработке плана ликвидации аварий (ПЛА). Наличие такого документа позволит обеспечить организованные и эффективные действия при возникновении любой из идентифицированных чрезвычайных ситуаций.

В разделе безопасности жизнедеятельности рассмотрены вопросы защиты работников мебельного предприятия от вредных производственных факторов. Выявлены основные физические (повышенная запыленность воздуха, повышенный уровень шума, локальная вибрация), химические (пары формальдегида, ацетона, толуола) и психофизиологические факторы. Для снижения их воздействия предложены дополнительные средства индивидуальной защиты (респираторы FFP2/FFP3, противошумные наушники, антивибрационные перчатки, защитные очки и перчатки из бутилкаучука), технические усовершенствования (датчики контроля запыленности и уровня формальдегида, замена клеевых систем на бесформальдегидные составы, модернизация системы аспирации с фильтрами тонкой очистки), а также организационные меры (регулярное обучение правильному использованию СИЗ, дополнительные перерывы для активного отдыха, углубленные медицинские осмотры с аудиометрией и спирографией, информационные стенды с указанием предельно допустимых концентраций).

Так же выполнена оценка экономической эффективности предлагаемых мероприятий. Рассчитан полный возможный экономический ущерб от аварии на предприятии, который включает прямые потери от уничтожения основных фондов (10,2 млн руб.) и товарно-материальных ценностей (8,2 млн руб.),

затраты на ликвидацию и расследование аварии (0,55 млн руб.), социально-экономические потери (0,43 млн руб.) и косвенный ущерб в виде недополученной прибыли, зарплаты за время простоя и уплаты неустоек (3,65 млн руб.). Общая величина возможного ущерба составила 23,03 млн руб. После внедрения разработанных мероприятий ожидается снижение остаточного риска в пять раз, соответственно остаточный ущерб составит 4,606 млн руб. Предотвращенный ущерб равен 18,424 млн руб. Затраты на реализацию всех мероприятий составляют 891 тыс. руб.

Таким образом, разработанный в работе комплекс организационных, технических и инженерных мероприятий позволяет снизить индивидуальный пожарный риск до значения $5,13 \times 10^{-8} \text{ год}^{-1}$, что существенно уменьшит вероятность реализации аварийных сценариев (особенно наиболее опасного сценария С2) и минимизировать возможный материальный ущерб.

Все предложения являются экономически обоснованными, соответствуют требованиям действующей нормативной правовой базы и могут быть непосредственно внедрены на мебельном предприятии «Мебликон» для обеспечения требуемого уровня промышленной и пожарной безопасности, защиты жизни и здоровья работников, а также сохранения материальных ценностей.

Список использованных источников

1. Федеральный закон от 21.12.94 № 68-ФЗ (ред. 08.08.2024) «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»// Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/10107960/> (дата обращения: 01.03.2026)
2. Постановление Правительства РФ от 21 мая 2007 г. № 304 (ред. от 27.03.2025) «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/12153609/> (дата обращения: 01.03.2026)
3. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/57597337/> (дата обращения: 01.03.2026)
4. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения: 15.03.2026)
5. Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» (ред. от 26.02.2025) // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/12185089/> (дата обращения: 15.03.2026)
6. Постановление Правительства РФ от 28.03.2001 № 241 «О мерах по обеспечению промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации» // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/12124896/> (дата обращения: 15.03.2026)
7. Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации»

(ред. от 26.04.2025) // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/74680206/> (дата обращения: 15.03.2026)

8. Постановление Правительства РФ от 15.09.2020 № 1437 «Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах» // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/74610014/> (дата обращения: 15.03.2026)

9. ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности (введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 06.06.1991 № 807) // Электронный фонд нормативно-технической документации «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200015713> (дата обращения: 20.03.2026)

10. ГОСТ 12.3.002-2014. Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности (введен в действие Приказом Росстандарта от 11.06.2014 № 610-ст) // Электронный фонд нормативно-технической документации «Кодекс». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118473> (дата обращения: 20.03.2026)

11. ГОСТ Р ИСО 31000-2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство (введен в действие Приказом Росстандарта от 31.10.2019 № 1069-ст) // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/73747582/> (дата обращения: 20.03.2026)

12. Свод правил СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (утв. Приказом МЧС РФ от 25.03.2009 № 182) // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/195520/> (дата обращения: 20.03.2026)

13. Приказ Ростехнадзора от 03.11.2022 № 387 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL:

<https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405790773/> (дата обращения: 20.03.2026)

14. Приказ МЧС России от 14 ноября 2022 года №1140 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности» // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/406577165/> (дата обращения: 20.03.2026)

15. Свод правил СП 486.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности» (утв. приказом МЧС РФ от 20 июля 2020 года №539) // Справочно-правовая система Контур – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=371103&ysclid=mp56skc5zw964184843> (дата обращения 25.03.2026)

16. Свод правил СП 1.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» (утв. приказом МЧС РФ от 19 марта 2020 года №194) // Электронный фонд нормативно-правовой информации Кодекс – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961?ysclid=mp57bpv2lu193959303> (дата обращения: 25.03.2026)

17. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации»// Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/74680206/> (дата обращения: 30.03.2026)

18. Приказ Ростехнадзора от 3 сентября 2020 года №331 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья» //

Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/75024293/>
(дата обращения: 25.03.2026)

19. ГОСТ Р 71814-2024 «Производственные аспирационные системы. Проверка работоспособности и пожарной безопасности» // Электронный фонд нормативно-правовой информации Кодекс – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1310353418?ysclid=mp58bzmknx709253035> (дата обращения 26.03.2026)

20. Свод правил СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования» // Электронный фонд нормативно-правовой информации Кодекс – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686?ysclid=mp58ectcnq677440618> (дата обращения 27.03.2026)

21. Свод правил СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» // Электронный фонд нормативно-правовой информации Кодекс – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573004280?ysclid=mp58gczsep502341540> (дата обращения: 10.04.2026)

22. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ (ТК РФ) (с изм. и доп. от 9 апреля 2026) // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/12125268/> (дата обращения: 14.04.2026)

23. ГОСТ 12.0.003-2015. «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/71454526/> (дата обращения: 25.04.2026);

24. СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утвержден Постановлением Главного государственного

санитарного врача РФ от 28 января 2021 года №2) // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/406508041/> (дата обращения: 25.04.2026);

25. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 28 января 2021 г. № 29н «Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 Трудового кодекса Российской Федерации, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры» // Справочно-правовая система ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/400258713/> (дата обращения: 26.04.2026).

26. Чернушевич, Г. А. Оценка риска безопасности труда в лесопромышленном производстве / Г. А. Чернушевич, В. В. Перетрухин // Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 2009. – № 2. – С. 274-276.

27. Шариков, Л. П. Охрана труда в малом бизнесе. Мебельное производство: практическое пособие / Л. П. Шариков. – Москва: Альфа-Пресс, 2009. – 201 с.

28. Безбородова, О. В. Методические указания к практическим занятиям по оценке экономического ущерба от аварий на опасных производственных объектах» / О. В. Безбородова. – Пенза: ПГУ, 2014. – 24 с.