

ТИТУЛЬНИК

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		1

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ПОЖАРНЫЕ РИСКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	7
1.1. Система пожарной безопасности предприятий пищевой промышленности.....	7
1.2. Пожарные риски в системе пожарной безопасности предприятий.....	12
1.3. Анализ нормативно-технической и законодательной базы в области пожарной безопасности ПМР.....	21
РАЗДЕЛ 2. АНАЛИЗ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ НА ЗАО «БЕНДЕРСКИЙ ПИВОВАРЕННЫЙ ЗАВОД».....	33
2.1. Характеристика объекта исследования.....	33
2.2. Анализ и расчет вероятности возникновения пожароопасной ситуации.....	37
2.3. Расчет опасных факторов пожара и количественная оценка пожарного риска.....	48
РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМИ РИСКАМИ НА ЗАО «БЕНДЕРСКИЙ ПИВОВАРЕННЫЙ ЗАВОД».....	73
3.1. Анализ факторов, влияющих на величину риска.....	73
3.2. Основные методы и способы снижения пожарных рисков.....	76
3.3. Система управления пожарным риском на объекте исследования.....	80

Список используемой литературы.....	84
Перечень условных обозначений.....	86
ПРИЛОЖЕНИЕ 1:Методы определения времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара и расчетного времени эвакуации.....	87
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	96
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....	
ПРИЛОЖЕНИЕ 6.....	
ПРИЛОЖЕНИЕ 7.....	

АНАЛИЗ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ НА ЗАО «БЕНДЕРСКИЙ ПИВОВАРЕННЫЙ ЗАВОД»

Актуальность. Роль огня в истории развития человечества переоценить невозможно. Овладение огнем, процессами горения создало человеческую цивилизацию. Однако диалектика развития человечества такова, что во многих случаях и по различным причинам огонь выходил и выходит из-под контроля человека, становится неуправляемым и превращается в грозного врага – пожар, который приносит людям огромные потери и несчастья.

За конец 2014 года на территории Приднестровья произошло на 21 случай пожаров, чем за аналогичный период прошлого года. Всего с начала года было зафиксировано 282 пожаров. В результате чего погибло 21 человек, включая двоих несовершеннолетних. Материальный ущерб от пожаров превысил 2,9 миллионов рублей.

В последнее время уровень пожарной опасности повышается вследствие постоянного усовершенствования и усложнения технологических процессов, увеличения площадей застройки, как объектов промышленности, так и жилого сектора. Во многом пожарную опасность повышает увеличение высоты строящихся зданий и сооружений вследствие дефицита земли под строительство.

Необходимо понимать, что возникновение пожаров полностью устранить невозможно. При оценке пожарной безопасности необходимо прежде всего знать об определенном уровне пожарной опасности допустимой для общества и государства.

Для поддержания определенного уровня пожарной опасности государство выработало систему обеспечения пожарной безопасности.

Система обеспечения пожарной безопасности – совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, соци-

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		4

ального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами, а также их предупреждения.

Соблюдение требований пожарной безопасности позволяет многократно снизить риск возникновения пожаров и число человеческих жертв. Предупредить пожар намного легче, чем ликвидировать уже возникший, который может привести необратимым последствиям.

Предупреждение чрезвычайных ситуаций – это комплекс мероприятий, проводимых заблаговременно и направленных на максимально возможное уменьшение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, а также на сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь в случае их возникновения.

Важность и актуальность обозначенной проблемы послужили основанием для определения темы дипломного проекта: «Анализ пожарных рисков на ЗАО «Бендерский пивоваренный завод».

Цель исследования: анализ и оценка пожарных рисков ЗАО “Бендерский пивоваренный завод ”для эффективного управления и повышения уровня пожарной безопасности предприятия.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить систему пожарной безопасности предприятий пищевой промышленности.
2. Изучить классификацию пожарных рисков и их роль в системе пожарной безопасности предприятий.
3. Изучить законодательные правовые и нормативные акты ПМР в области пожарной безопасности.
4. Провести анализ существующей системы пожарной безопасности объекта исследования

5. Рассчитать вероятность возникновения пожароопасной ситуации на предприятии
6. Рассчитать опасные факторы пожара и дать количественную оценку пожарным рискам.
7. Разработать схему управления пожарными рисками ЗАО «Бендерский пивоваренный завод».
8. Разработать дополнительные мероприятия по снижению пожарных рисков

Объект исследования — пожарные риски предприятий пищевой промышленности

Предмет исследования — анализ пожарных рисков на ЗАО «Бендерский пивоваренный завод»

Методы исследования:

1. Качественный и количественный анализ пожарных рисков.
2. Системный анализ причин возникновения пожароопасных ситуаций.
3. Расчеты:
 - вероятности возникновения пожароопасных ситуаций
 - опасных факторов пожара
 - времени эвакуации
 - пожарного риска
4. Создание схемы управления пожарным риском
5. Разработка алгоритма анализа пожарной опасности и схемы эвакуации.

Указанными целью и задачами обусловлено содержание работы: 3 раздела, приложения, список используемой литературы, выводы исследования.

РАЗДЕЛ 1. ПОЖАРНЫЕ РИСКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1.1 Система пожарной безопасности предприятий пищевой промышленности.

Под *системой пожарной безопасности* понимается (ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ “Пожарная безопасность. Основные требования”) комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение пожара и ущерба от него.

В основе обеспечения пожарной безопасности предприятия лежат, прежде всего, организационные мероприятия, которые затем реализуются технически по четко разработанному плану противопожарной защиты объекта (в соответствии с техническими заданиями, приказами и инструкциями о мерах пожарной безопасности на предприятии).

Пожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара. Пожарно-профилактические мероприятия направлены на обеспечение пожарной безопасности.

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара и воздействия на людей опасных факторов пожара, а также обеспечивается защита материальных ценностей.

Объекты должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений на требуемом уровне.

Система предотвращения пожара – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключение условий возникновения пожара.

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		7

Система противопожарной защиты – совокупность организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничение материального ущерба от него.

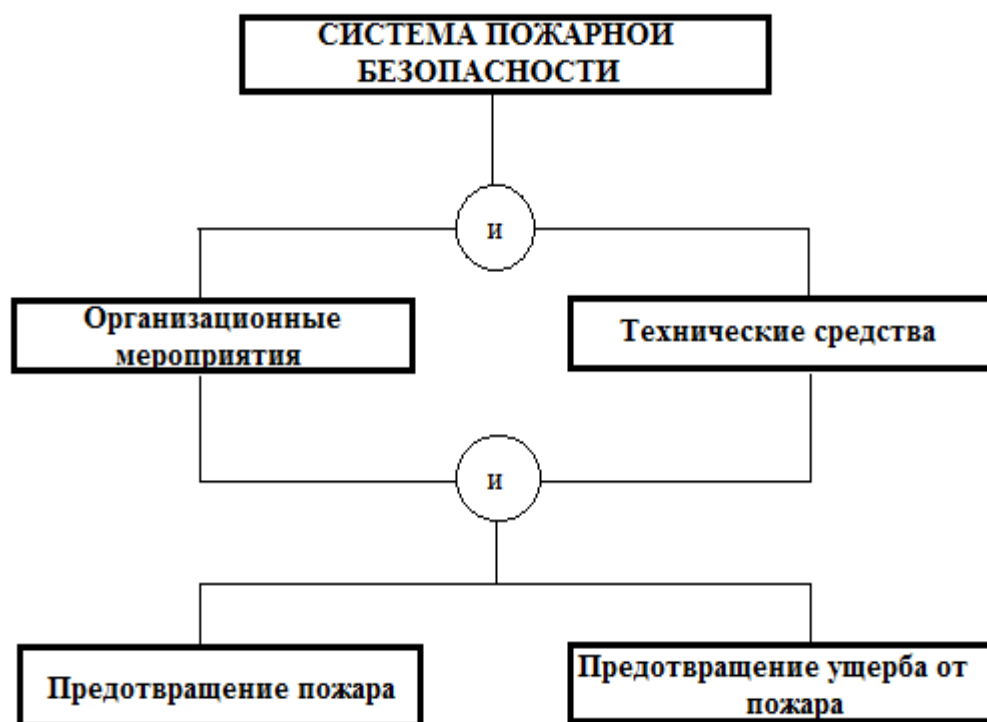


Рисунок 1.1. Общая структурная схема системы пожарной безопасности.

Организационные мероприятия включают в себя разработку мер (правил) пожарной безопасности на предприятии (приказов, инструкций, положений и т.п.).

В общем случае под правилами пожарной безопасности понимается:

Правила пожарной безопасности – комплекс положений, устанавливающих порядок соблюдения требований и норм пожарной безопасности при строительстве и эксплуатации объекта.

При разработке профилактических мероприятий предварительно изучается противопожарное состояние объекта.

Противопожарное состояние объекта – состояние объекта, характеризующееся числом пожаров и ущербом от них, числом загораний, а также травм, отравлений и погибших людей, уровнем реализации требований пожарной безопасности, уровнем боеготовности пожарных подразделений и добровольных формирований, а также противопожарной агитации и пропаганды.

Организационные мероприятия устанавливают противопожарный режим на предприятии.

Противопожарный режим – комплекс установленных норм поведения людей, правил выполнения работ и эксплуатации объекта (изделия), направленных на обеспечение его пожарной безопасности.

Надзорными функциями на предприятиях наделены лица, назначенные приказом руководителя, а также добровольные пожарные.

Пожарный надзор – функция пожарной охраны, состоящая в осуществлении контроля за выполнением мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов и повышение эффективности борьбы с пожарами.

Несмотря на то, что на первый взгляд пищевая промышленность относится к безопасной отрасли производства, на самом деле она является одним из источников загрязнения атмосферы, взрывов и пожаров, и требует необходимого контроля за потенциально опасными участками.

Согласно [3], пожарная безопасность на предприятиях пищевой промышленности обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты.

Система предотвращения пожаров и взрывов на предприятии включает мероприятия и средства, направленные: на предотвращение образования горючей и взрывоопасной среды и возможность возникновения в ней источников зажигания или взрыва; поддержание температуры горючей среды ниже максимально допустимой по горючести; поддержание давления в го-

рючей среде ниже максимально допустимого по горючести; уменьшение объема горючей среды ниже максимально допустимого, т.е. обеспечение пожарной безопасности технологических процессов, оборудования, электроустановок, систем отопления и вентиляции.

Система пожарной защиты на предприятии включает мероприятия и средства, направленные: на применение конструкций с регламентированным пределом огнестойкости; предотвращение распространения пожара и обеспечение эвакуации работающих на предприятии при возникновении пожара; организацию пожарной охраны; ограничение применения горючих веществ в технологическом процессе; изоляцию горючей среды; использование средств пожарной сигнализации и тушения пожара.

Среди мер, предотвращающих распространение пожара, также большое значение имеет применение огнепреградительных устройств на технологических коммуникациях, а также в системах вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления и продуктопроводах.

Для изоляции горючей среды применяют следующие меры: пожарное оборудование располагают в изолированных помещениях с соответствующим пределом огнестойкости зданий; используют герметизированное оборудование; технологические процессы автоматизируют. А для обеспечения безопасности людей при пожарах в зданиях и сооружениях предусматриваются эвакуационные пути.

Как и на предприятиях других отраслей промышленности, на заводах пищевого производства используется электрическая система пожарной сигнализации (кнопочная или автоматическая), причем автоматическая система наиболее совершенна, т.к. позволяет без участия человека обнаружить возникший пожар и известить о нем приемную станцию пожарной сигнализации. Предприятия пищевой промышленности оборудуются извещателями, реагирующими на появления дыма или пламени, повышение температуры.

На пищевых предприятиях прокладывают специальную сеть пожарного водопровода, которая связана с промышленным и хозяйственно-бытовым водопроводом. Одно из основных условий, которому должен удовлетворять наружный водопровод, - это обеспечение постоянного напора в водопроводной сети, который поддерживается непрерывно действующими насосами водонапорной башни и пневматическими установками.

Так же используются первичные средства пожаротушения. К ним относятся огнетушители, внутренние пожарные краны с комплектом оборудования (рукава, стволы), бочки с водой, кошмы, багры, ломы, топоры, ведра. Все помещения и технологические установки должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения.

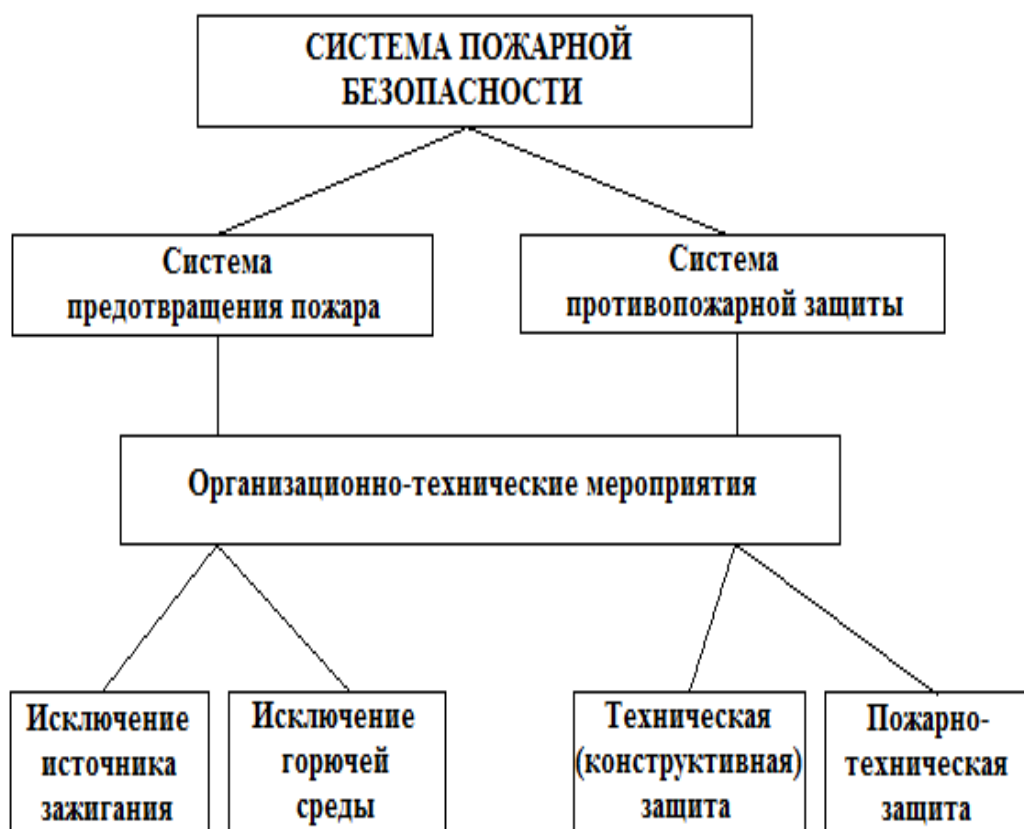


Рисунок1.2. Структурная схема систем пожарной безопасности.

2.3 Пожарные риски в системе пожарной безопасности предприятий.

При анализе проблемы пожарной безопасности появляются два основных понятия – опасность и безопасность, - которые нуждаются в соответствующих определениях. К этим двум понятиям необходимо добавить еще одно понятие –«риск», вокруг которого в последние десятилетия среди специалистов ведется оживленная полемика.

Риск – это возможная опасность неудачи, вероятность или частота поражающих воздействий, ожидаемый ущерб, вероятность причинения вреда, количественная мера опасности, возможность нежелательных последствий, потенциальная опасность реализации событий с нанесением вреда, мера возможной опасности и последствий ее реализации, возможность (вероятность) наступления опасного события.

Опасность и риск выступают почти как синонимы, так как зачастую одно понятие выражают через другое (и наоборот). При этом все специалисты предлагают вычислять риск как произведение вероятности опасного события на ущерб от него.

Риски можно разделить на «качественные», которые нельзя измерить, и «количественные», которые измерить можно. «Риск является количественной характеристикой возможности реализации данной опасности».

Каждую опасность может характеризовать много различных рисков, оценивающих разные стороны и параметры этой опасности.

Например, с одной стороны, - частоту ее реализации, с другой – характер и размеры последствий реализации опасности.

Каждый риск в зависимости от многих обстоятельств и факторов может изменять свои значения, то есть подвержен определенной динамике.

Поэтому, выявляя роль отдельных факторов, влияющих на уровень риска, можно попытаться целенаправленно воздействовать на них, то есть управлять риском. Следовательно, можно в определенной степени управ-

лять опасностью, угрожающей какому-либо объекту защиты (системе), ослаблять ее негативное воздействие.

Однако, очевидно, что принципиально невозможно все риски, связанные с тем или иным объектом защиты, свести к нулю. Это объясняется как перманентной неполнотой и относительностью научных представлений об опасностях и рисках, так и ограниченными инженерно-техническими и экономическими возможностями общества.

Риск только можно попытаться уменьшить до такого уровня, с которым общество (на данном этапе его исторического развития) вынуждено будет согласиться (психологически будет готово его принять).

Отсюда следует, что «абсолютной» безопасности (отсутствия всякой опасности) какой-то системы (объекта защиты) добиться в реальном мире невозможно в принципе.

Однако, управляя рисками, мы можем уменьшить степень опасности данного объекта защиты, а значит – повысить, увеличить степень его безопасности до максимально возможного в современных условиях уровня. Только в этом смысле можно трактовать «состояние защищенности» объекта защиты от угрожающих ему опасностей.

Таким образом, *безопасность* – состояние объекта защиты (системы), при котором значения всех рисков, присущих этому объекту, не превышают их допустимых уровней.

При этом понятия опасность, угроза и вызов по существу являются синонимами, отличаясь друг от друга некоторыми смысловыми оттенками.

Все они характеризуются набором рисков, уменьшая значения которых мы приходим к допустимому уровню безопасности конкретного объекта защиты (личности, общества, государства, любой социальной, экономической, технической системы).

Пожарная опасность – опасность возникновения и развития неуправляемого процесса горения (пожара), приносящего вред обществу, окружающей среде, объекту защиты. [5]

Пожарный риск – количественная характеристика возможности реализации пожарной опасности (и ее последствий), измеряемая, как правило, в соответствующих единицах.

Пожарная безопасность– состояние объекта противопожарной защиты, при котором значения всех пожарных рисков не превышают их допустимых уровней.

У каждой опасности существует много рисков, характеризующих отдельные аспекты этой опасности. Точно также существует множество пожарных рисков.

Доктор технических наук, профессор Николай Николаевич Брушлинский выделял следующие виды пожарных рисков:

1) *риск R_1 для человека столкнуться с пожаром* (его опасными факторами) за единицу времени. В настоящее время удобно этот риск измерять в единицах:

$$\frac{\text{пожар}}{10^2 \text{ чел.} \cdot \text{год}}$$

2) *риск R_2 для человека погибнуть при пожаре* (оказаться его жертвой).

Здесь единица измерения имеет вид:

$$\frac{\text{жертва}}{10^2 \text{ пожаров}}$$

3) *риск R_3 для человека погибнуть от пожара за единицу времени.*

$$\frac{\text{жертва}}{10^5 \text{ чел.} \cdot \text{год}}$$

Очевидно, что эти риски связаны соотношением: $R_3 = R_1 \cdot R_2$

Риск R_1 характеризует возможность реализации пожарной опасности, а риски R_2 и R_3 – некоторые последствия этой реализации.

В качестве пожарных рисков, характеризующих материальный ущерб от пожаров, предлагается использовать следующие риски:

- 1) *риск R_4 уничтожения строений* в результате пожара.

$$\frac{\text{уничт. строение}}{\text{пожар}}$$

- 2) *риск R_5 прямого материального ущерба* от пожара:

$$\frac{\text{денежная единица}}{\text{пожар}}$$

Кроме вышеперечисленных пожарных рисков можно рассматривать:

- *риски травмирования* при пожарах, как гражданских лиц, так и пожарных (причем возможна детализация рисков по видам травм);
- *риски возникновения пожаров по различным причинам* (молния, поджог, короткое замыкание в электросети, печное отопление, игры детей и пр.);
- *риски возникновения и развития пожаров в зданиях различного назначения*, различной этажности, разной степени огнестойкости и пр.

Все эти пожарные риски представляют интерес, в частности, для страховых компаний, для фирм, производящих противопожарное оборудование, для проектировщиков зданий и сооружений и других специалистов.

Социальный пожарный риск— степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара;

Индивидуальный пожарный риск— пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара.

Таким образом, пожарных рисков существует очень много, и все их нужно уметь анализировать для успешного противостояния пожарной опасности.

Пожарные риски, во-первых, характеризуют возможность реализации пожарной опасности в виде пожара и, во-вторых, содержат оценки его возможных последствий (а также обстоятельств, способствующих развитию пожара). Следовательно, при их определении необходимо знать частотные характеристики возникновения пожара на том или ином объекте, а также предполагаемые размеры его социальных, экономических и экологических последствий, обусловленных теми или иными обстоятельствами.

Отсюда следует, что во многих случаях пожарные риски можно оценивать статистическими или вероятностными методами, но в ряде случаев могут потребоваться и иные методы.

Управление пожарным риском – разработка и реализация комплекса мероприятий (инженерно-технического, экономического, социального и иного характера), позволяющих уменьшить значение данного пожарного риска до допустимого (приемлемого) уровня.

Всего можно выделить три этапа:

- 1) анализ риска;
- 2) оценка риска;
- 3) управление риском.

Анализ риска– процесс количественного и качественного определения показателей угроз и вызовов безопасности технических систем и их отдельных компонентов; сводится преимущественно к определению вероятностей возникновения аварийных или катастрофических состояний в процессе функционирования технических систем и математического ожидания ущерба людям, окружающей среде и самим техническим системам.

Основой анализа риска являются физические и математические моделирование самой технической системы и ее рабочих процессов, включающее сложные взаимодействия основных компонентов системы, операторов, персонала с окружающей природной средой в штатных и нештатных ситуациях.

При анализе риска формируется и описываются сценарии возникновения и развития технических аварий и катастроф с применением основных определяющих уравнений, и критериев физики, химии, механики, экономики, биологии и экологии катастроф.

В первую очередь в управлении пожарными рисками необходимо дать характеристику исследования, понять, как возникла данная угроза, проанализировать опасность и последствия чрезвычайной ситуации.

Анализ опасности включает в себя характеристику опасности (природной или техногенной угрозы).

Вероятность развития опасного процесса и перерастания его в чрезвычайную ситуацию носит название природного или техногенного риска.

Факторы формирования таких рисков – естественные природные условия, процессы или техногенные условия – все, что существенно повышает вероятность негативного проявления опасностей и возникновения чрезвычайной ситуации.

Что касается анализа последствий, то в данной ситуации целесообразно проанализировать повторяемость возникшей чрезвычайной ситуации. Согласно [6] оценка повторяемости чрезвычайных ситуаций проводится тремя способами:

- 1) статистический метод;
- 2) вероятностно-статистический метод;
- 3) теоретико-статистический метод.

Если обратить внимание на табл. 1, то можно понять, что среди вышеперечисленных трех методов статистический является практически основным.

Анализ риска так же включает в себя описание пути (сценария) развития процесса и расчет риска. Для расчета риска необходимы обоснованные

данные. Поэтому тщательно аргументированная разработка базы данных и их реализация – одна из важнейших задач управления пожарными рисками

Методы оценки и прогноза частоты ЧС

Объем статистических данных N	Метод	Дополнительная информация для повышения точности
> 100	Статистический	Модели динамики
1-100	Вероятностно-статистический	Модели пересчета неоднородных данных; $F(w)$
< 1 (редкие ЧС)	Теоретико-статистический	Статистика инцидирующих событий; закономерности их перерастания в ЧС

Таблица 1. Методы оценки и прогноза частоты ЧС

Оценка риска включает в себя весь анализ риска, а также критерий “приемлемости” риска и сопоставление величины риска со значением.

Критерии приемлемого риска могут задаваться нормативной документацией, определяться на этапе планирования анализа риска и (или) в процессе получения результатов анализа. Критерии приемлемого риска следует определять исходя из совокупности условий, включающих определенные требования безопасности и количественные показатели опасности. [7]

Примеры формулировок критериев приемлемого риска аварий для людей, названные д-р. техн. наук М.В. Лисановым, представлены в таблице 2:

Критерии	Примеры формулировок критериев приемлемого риска
Качественные	1. Поражающие факторы аварий при разрушении любой единичной емкости на объекте не должны выходить за границу санитарно-защитной зоны. 2. Предприятие X не должно предоставлять опасность для третьих лиц, большую, чем для своего персонала. 3. Риск смертельного поражения людей при возможных авариях на объекте не должен превышать риска гибели людей от всех других причин.
Количественные	1. Индивидуальный риск гибели населения от аварии на рассматриваемом объекте не должен превышать 10^{-7} случаев в год. 2. Уровень приемлемого потенциального риска для населения для действующих опасных производственных объектов: уровень риска более 10^{-4} в год — зона недопустимого риска... менее 10^{-5} в год — зона приемлемого риска.

Таблица 2. Примеры формулировок критериев приемлемого риска.

Заключительный этап включает в себя два предыдущих с добавлением защитных мероприятий, управленческих решений, их реализацию, мониторинг, контроль, обновление и обратную связь.

В любой ситуации необходимо понимать, что лучше защитить себя от ещё не происшедшего ЧС и попытаться сделать всё, чтобы оно не возникло, чем ликвидировать его последствия. Никто не застрахован от подобных ситуаций, но уменьшить риск его возникновения – первостепенная задача.

Ниже представлена общая схема управления пожарными рисками:

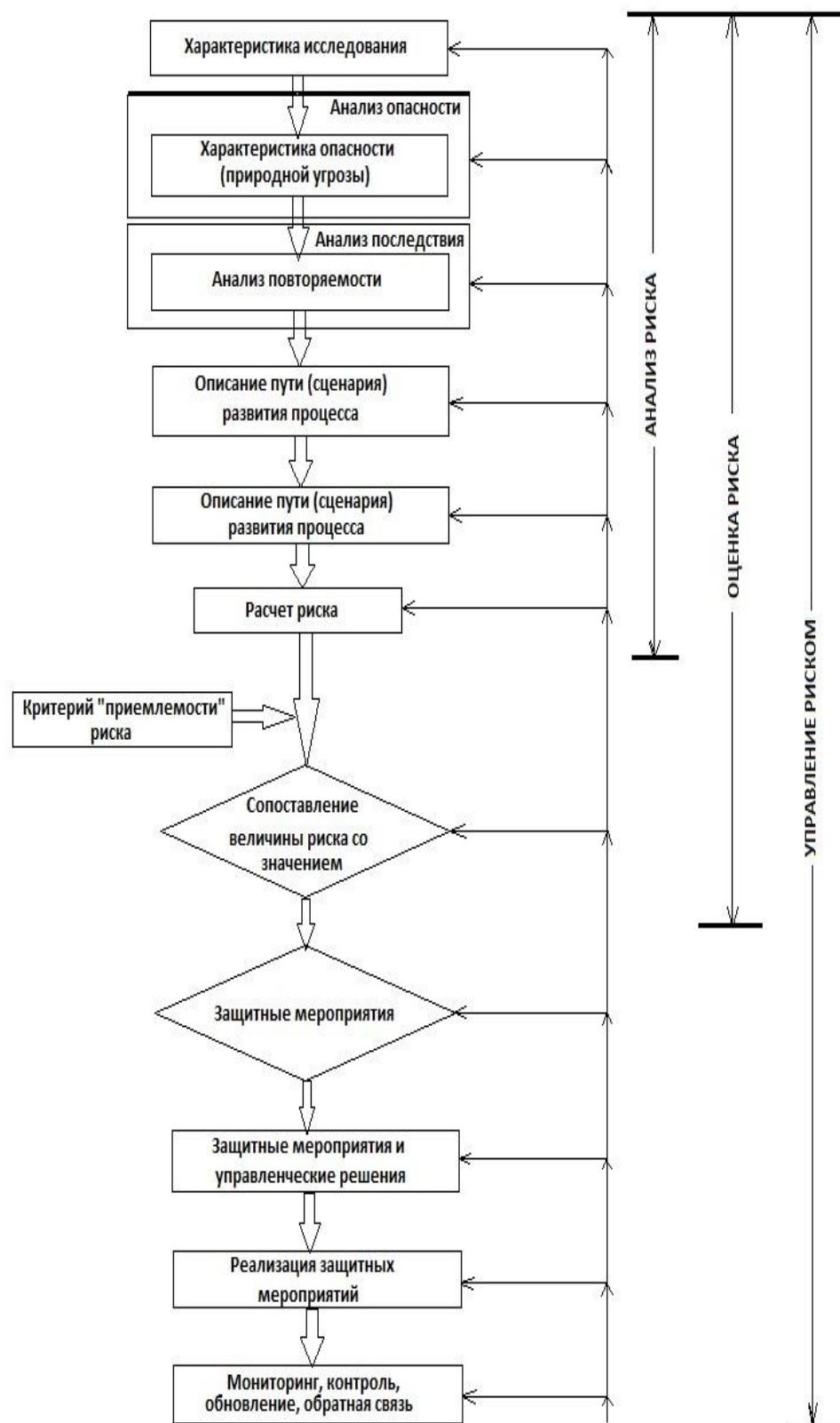


Рисунок 1.3. Управление пожарными рисками

2.3 Анализ нормативно-технической и законодательной базы в области пожарной безопасности.

Основными регламентирующими документами, составляющими нормативную базу ПМР в области пожарной безопасности и управлении пожарными рисками, являются:

1) *Закон ПМР «О пожарной безопасности в Приднестровской Молдавской Республике (редакция на 22.12.2006)» от 9 октября 2003 г. № 339-З-III. [10]*

Настоящий Закон определяет общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Приднестровской Молдавской Республике, регулирует в этой области отношения между органами государственной власти, органами местного самоуправления, предприятиями, учреждениями, организациями, иными юридическими лицами независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, а также между общественными объединениями, должностными лицами, гражданами Приднестровской Молдавской Республики, иностранными гражданами, лицами без гражданства.

2) *Постановление Правительства ПМР “О введении в действие правил пожарной безопасности в Приднестровской Молдавской Республике” от 11 августа 1995 г. № 300.[9]*

Постановление регламентирует действия в целях совершенствования работ по предотвращению пожаров, обеспечению пожарной безопасности городов, других населенных пунктов, объектов, различных форм собственности, организаций и учреждений жилого сектора и в целях установления требований пожарной безопасности.

3) *Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введении в действие противопожарных требований к эксплуатации огнетушителей” от 13 мая 2005 г. №167.[8]*

Настоящие противопожарные требования распространяются на переносные и передвижные огнетушители (общей массой до 400 кг), предназначенные для тушения пожаров классов А, В, С, Е, и устанавливают нормы к выбору, размещению, техническому обслуживанию огнетушителей, а также – к техническому оснащению организаций, осуществляющих перезарядку и испытания огнетушителей.

Требования не распространяются на непerezаряжаемые (одноразовые) огнетушители. Количество, тип и ранг огнетушителей, необходимых для защиты конкретного объекта, устанавливают исходя из величины пожарной нагрузки, физико-химических и пожароопасных свойств обращающихся горючих материалов (категории защищаемого помещения), характера возможного их взаимодействия с ОТВ и размеров защищаемого объекта.

Запрещается тушить порошковыми огнетушителями электрооборудование, находящееся под напряжением выше 1000 В. Для тушения пожаров класса Д огнетушители должны быть заряжены специальным порошком, который рекомендован для тушения данного горючего вещества, и оснащены специальным успокоителем для снижения скорости и кинетической энергии порошковой струи. Параметры и количество огнетушителей определяют исходя из специфики обращающихся пожароопасных материалов, дисперсности частиц и возможной площади пожара. Запрещается применять водные огнетушители для ликвидации пожаров оборудования, находящегося под электрическим напряжением, для тушения сильно нагретых или расплавленных веществ, а также веществ, вступающих с водой в химическую реакцию, которая сопровождается интенсивным выделением тепла и разбрызгиванием горючего. Допускается помещения, оборудованные автоматическими установками пожаротушения, обеспечивать огнетушителями

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		22

на 50% исходя из их расчетного количества. Огнетушители следует располагать на защищаемом объекте таким образом, чтобы они были защищены от воздействия прямых солнечных лучей, тепловых потоков, механических воздействий и других неблагоприятных факторов (вибрация, агрессивная среда, повышенная влажность и т. д.). Они должны быть хорошо видны и легкодоступны в случае пожара. Предпочтительно размещать огнетушители вблизи мест наиболее вероятного возникновения пожара, вдоль путей прохода, а также – около выхода из помещения. Огнетушители не должны препятствовать эвакуации людей во время пожара.

4) *Приказ МВД ПМР “Об утверждении положения «О государственном пожарном надзоре в Приднестровской Молдавской Республике»” от 22 января 2007 г. № 25. [11]*

Приказ регламентирует действия в целях обеспечения пожарной безопасности в Приднестровской Молдавской Республике должностные лица органов Государственного пожарного надзора Управления пожарной и аварийно-спасательной службы Министерства внутренних дел Приднестровской Молдавской Республики, являющиеся государственными инспекторами по пожарному надзору, в порядке, установленном законодательством Приднестровской Молдавской Республики, осуществляют деятельность по проверке соблюдения исполнительными органами государственной власти, органами местного самоуправления, юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями (далее – организации), гражданами Приднестровской Молдавской Республики, иностранными гражданами и лицами без гражданства (далее – граждане), а также должностными лицами требований пожарной безопасности. Настоящее Положение не распространяется на порядок осуществления контроля (надзора) за соблюдением требований пожарной безопасности на объектах пенитенциарной системы, а также в лесах,

на подземных объектах и при хранении, транспортировке и использовании взрывчатых веществ.

5) *Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введении в действие норм пожарной безопасности «Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций” от 18 мая 2010 г. № 208. [12]*

Нормы пожарной безопасности «Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций» (далее – Нормы пожарной безопасности) устанавливают требования пожарной безопасности к организации обучения мерам пожарной безопасности работников организаций. Под организацией в настоящих Нормах пожарной безопасности понимаются органы государственной власти, органы местного самоуправления, организации, крестьянские (фермерские) хозяйства, иные юридические лица независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности.

Ответственность за организацию и своевременность обучения в области пожарной безопасности и проверку знаний правил пожарной безопасности работников организаций несут администрации (собственники) этих организаций, должностные лица организаций, предприниматели без образования юридического лица, а также работники, заключившие трудовой договор с работодателем в порядке, установленном законодательством Приднестровской Молдавской Республики.

Контроль за организацией обучения мерам пожарной безопасности работников организаций осуществляют органы государственного пожарного надзора.

Основными видами обучения работников организаций мерам пожарной безопасности являются противопожарный инструктаж и изучение минимума пожарно-технических знаний (далее – пожарно-технический минимум). Противопожарный инструктаж проводится с целью доведения до работников организаций основных требований пожарной безопасности, изучения

пожарной опасности технологических процессов производств и оборудования, средств противопожарной защиты, а также их действий в случае возникновения пожара. Противопожарный инструктаж проводится администрацией (собственником) организации по разработанным ею специальным программам обучения мерам пожарной безопасности работников организаций (далее – специальные программы) и в порядке, определяемом администрацией (собственником) организации (далее – руководитель организации).

6) *Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введении в действие норм пожарной безопасности: технические средства оповещения о пожаре и управления эвакуацией. Общие технические требования (НПБ 06-04)” от 18 июля 2005 г. № 243. [13]*

Настоящие нормы распространяются на технические средства оповещения о пожаре и управления эвакуацией (далее – технические средства оповещения), в состав которых входят оповещатели пожарные и приборы управления оповещателями, и устанавливают общие технические требования и методы их испытаний, на технические средства оповещения, применяемые на территории ПМР. Требования настоящих норм не распространяются на технические средства оповещения, применяемые на объектах специального назначения.

7) *Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введении в действие «инструкции по организации и осуществлению государственного пожарного надзора в Приднестровской Молдавской Республике» от 26 февраля 2007 г. № 95. [14]*

Инструкция по организации и осуществлению государственного пожарного надзора в Приднестровской Молдавской Республике разработана в соответствии с законодательными и иными нормативными правовыми ак-

тами Приднестровской Молдавской Республики в области пожарной безопасности и определяет порядок организации и осуществления государственного пожарного надзора должностными лицами органов управления и подразделений Управления пожарной и аварийно-спасательной службы Министерства внутренних дел Приднестровской Молдавской Республики за соблюдением требований пожарной безопасности исполнительными органами государственной власти, органами местного самоуправления, другими юридическими лицами, независимо от их ведомственной принадлежности и организационно-правовых форм собственности, в том числе юридическими лицами иностранных государств, и их должностными лицами, индивидуальными предпринимателями и гражданами. Порядок взаимодействия органов ГПН с другими надзорными органами определяется соглашениями, заключенными в установленном порядке. Контроль (надзор) за соблюдением требований пожарной безопасности на объектах Министерства обороны Приднестровской Молдавской Республики, Министерства государственной безопасности Приднестровской Молдавской Республики, Государственного таможенного комитета Приднестровской Молдавской Республики, ГУП «Приднестровская железная дорога» осуществляется в порядке, установленном положениями об их ведомственной пожарной охране, согласованными с главным государственным инспектором Приднестровской Молдавской Республики по пожарному надзору.

8) *Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введение в действие порядка согласования органами государственного пожарного надзора Приднестровской Молдавской Республики проектно-сметной документации на строительство” от 18 июля 2005 г. № 242.[15]*

Настоящие нормы содержат положения, регламентирующие порядок рассмотрения и согласования органами государственного пожарного надзора Приднестровской Молдавской Республики проектно-сметной документа-

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		26

ции на стадии технико-экономического обоснования, предпроектных предложений, проекта (рабочего проекта) и рабочей документации на строительство новых, расширение, реконструкцию, реставрацию, капитальный ремонт и техническое перевооружение действующих предприятий, зданий и сооружений (далее – проектно-сметная документация) независимо от форм собственности, источников финансирования, ведомственной принадлежности. Проектно-сметная документация на строительство объектов, содержащая отступления, не затрагивающие вопросы пожарной безопасности, а также документация, разработанная в соответствии с государственными стандартами, нормами, правилами (далее – нормы проектирования), что должно быть удостоверено соответствующей записью главного инженера (главного архитектора) проекта, не подлежит согласованию с органами государственного пожарного надзора. При наличии в проектно-сметной документации отступлений от норм проектирования или проектных решений, на которые отсутствуют нормы проектирования, главным инженером (главным архитектором) проекта приводится полный перечень таких проектных решений и указывается орган государственного пожарного надзора, согласовавший их. Рассмотрение вопросов, связанных с согласованием проектных решений на строительство объектов, на которые отсутствуют нормы проектирования, отступлений от норм проектирования, органами государственного пожарного надзора производится на основании представления заказчиком подготовленной генеральным проектировщиком необходимой документации (обоснований, расчетов, чертежей, схем и инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение пожаробезопасной эксплуатации объекта и безопасности людей, в том числе дополнительных мероприятий, компенсирующих отступления от норм). Для рассмотрения и согласования намечаемых проектных решений, на которые отсутствуют нормы проектирования, отступлений от норм проектирования по технически сложным, взрывопожароопасным объектам, а также по зданиям

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		27

и сооружениям с массовым пребыванием людей, в органах государственного пожарного надзора создается экспертный совет (группа) возглавляемый начальником (заместителем начальника) органа. В состав совета (группы) входят представители структурных подразделений противопожарной службы. В остальных случаях решение по согласованию может приниматься руководителем органа государственного пожарного надзора, без вынесения вопроса на экспертный совет. На экспертный совет могут также возлагаться и другие задачи, связанные с рассмотрением актуальных проблем пожарной охраны.

9) *Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введении в действие положения “О добровольной пожарной охране в Приднестровской Молдавской Республике” от 30 апреля 2008 г. № 166. [16]*

Настоящее Положение регламентирует создание подразделений добровольной пожарной охраны (далее – ДПО) на территории муниципальных образований и в организациях независимо от наличия подразделений Управления пожарной и аварийно-спасательной службы Министерства внутренних дел Приднестровской Молдавской Республики (далее – УПАСС МВД ПМР) или ведомственной пожарной охраны, а также регистрации добровольных пожарных. В добровольные пожарные принимаются на добровольной основе в индивидуальном порядке граждане, способные по своим деловым и моральным качествам, а также по состоянию здоровья исполнять обязанности, связанные с предупреждением и (или) тушением пожаров. Добровольным пожарным могут предоставляться социальные гарантии, устанавливаемые органами государственной власти (органами местного самоуправления, организациями).

10) Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введении в действие устава службы пожарной охраны и боевого устава пожарной службы” от 4 июня 2001 г. № 189. [17]

Настоящий Устав службы пожарной охраны (далее – Устав) определяет назначение, порядок организации и осуществления службы пожарной охраны в Приднестровской Молдавской Республике. Действие Устава распространяется на личный состав органов управления и подразделений пожарной и аварийно-спасательной службы Министерства внутренних дел Приднестровской Молдавской Республики и другие противопожарные формирования хозяйствующих субъектов независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности. При организации и осуществлении службы пожарной охраны личным составом органов управления и подразделений пожарной и аварийно-спасательной службы обязательно выполнение требований настоящего Устава и других, утвержденных в установленном порядке нормативных актов, регламентирующих обязанности несения службы пожарной охраны в этих органах управления и подразделениях. Выполнение требований Устава личным составом подразделений ведомственной и добровольной пожарной охраны осуществляется с учетом особенностей организации службы, регламентируемых законодательством Приднестровской Молдавской Республики и ведомственными нормативными правовыми актами. Боевые действия пожарной охраны по тушению пожаров регулируются Боевым уставом пожарной охраны, наставлениями, иными нормативными актами, регламентирующими несение службы пожарной охраны. На территории Республики создается республиканский гарнизон пожарной охраны, на территориях городов и районов сельской местности – местный гарнизоны пожарной охраны. Гарнизоны городов и сельских районов входят в состав республиканского гарнизона пожарной охраны. Основными задачами гарнизонной службы являются:

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		29

а) создание необходимых условий для эффективного применения сил и средств гарнизона для тушения пожаров;

б) создание единой системы управления силами и средствами гарнизона;

в) организация взаимодействия со службами жизнеобеспечения;

г) организация и проведение общегарнизонных мероприятий.

Оперативные службы гарнизона являются органами управления гарнизона, создаются и возглавляются соответствующими должностными лицами из числа лиц среднего и старшего начальствующего состава пожарной охраны на основании приказа начальника республиканского органа пожарной охраны (УПАСС).

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		30

Вывод к Разделу 1

В Разделе 1 была изучена система пожарной безопасности предприятий пищевой промышленности, даны основные определения терминам в области пожарной безопасности, описаны основные виды пожарных рисков.

Так же в данном разделе была составлена схема управления пожарным риском, раскрыто понятие “анализ риска”, изучена законодательная база в области пожарной безопасности.

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		31

РАЗДЕЛ 2. АНАЛИЗ ПОЖАРНЫХ РИСКОВ НА ОБЪЕКТЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика объекта исследования

Предприятие ЗАО “Бендерский пивоваренный завод” специализируется на изготовлении и разливе минеральной воды, пива, безалкогольных напитков. Данное предприятие является юридическим лицом, имеет самостоятельный баланс, расчётный и иные счета в банках, круглую печать установленного образца по своим наименованиям, штамп, фирменное наименование; осуществляет свою деятельность на принципах хозрасчёта, самоокупаемости и самофинансирования на основе использования закреплённого за предприятием муниципального имущества.

ЗАО “Бендерский пивоваренный завод” находится по адресу: город Бендеры, улица Дружбы 7.

Сегодня на заводе работают примерно 300 человек. Ниже представлена структурная схема предприятия:

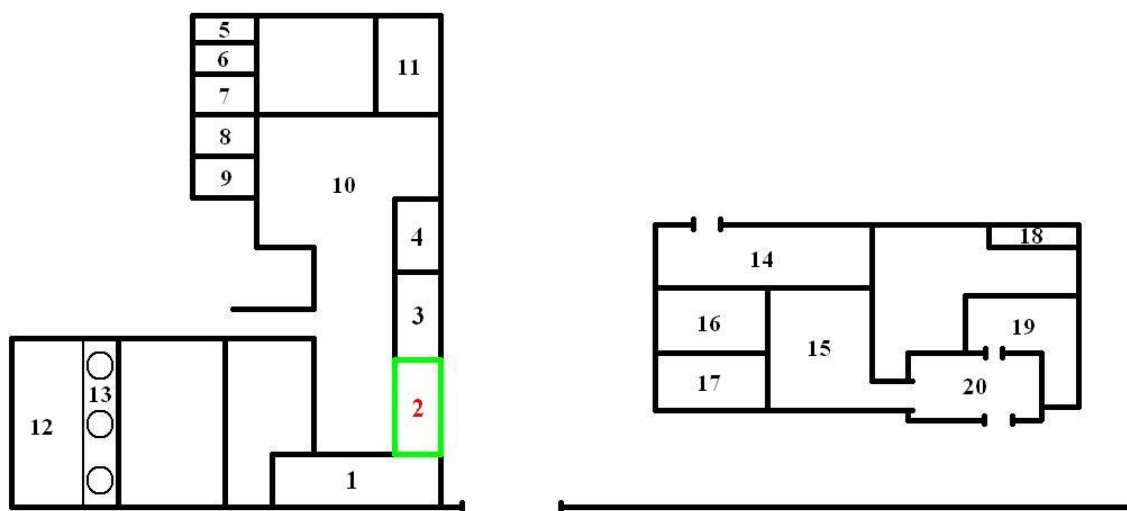


Рисунок 2.1. Структурная схема ЗАО “Бендерский пивоваренный завод”

Согласно рис. 2.1, завод состоит из следующих помещений:

- 1) Административное здание;
- 2) Холодильно-компрессорный цех;
- 3) Электрический цех;
- 4) Склад материалов;
- 5) Котельная;
- 6) Цех водоподготовки;
- 7) Сиропо-купажный цех;
- 8) Бойлерная;
- 9) Механический цех;
- 10) Бродильно-лагерный цех;
- 11) Столярный цех;
- 12) Склад солода;
- 13) Отдел переработки солода;
- 14) Склад готовой продукции;
- 15) Форфасный цех
- 16) Цех по выдуву ПЕТ-бутылок;
- 17) Упаковочный отдел;
- 18) Столовая;
- 19) Кладовая цеха розлива;
- 20) Второй корпус административного здания.

Предприятие состоит из двух одноэтажных кирпичных зданий, в одном из них находятся наиболее опасные участки, двухэтажного административного корпуса и пятиэтажного здания для подготовки солода (очистка, варка и т.д.).

На территории предприятия находится артезианская скважина, не-большой автопарк, сеть газопровода, электрическая подстанция.

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		33

Из наиболее опасных участков можно выделить холодильно-компрессорный цех, где хранится аммиак в жидком и газообразном состоянии, бродильно-лагерный цех, в котором расположены баки под давлением, сиропо-купажный цех, в котором используется углекислота, и котельная с 3-мя паровыми котлами.

Что касается средств пожаротушения, то на заводе имеются следующие виды огнетушителей:

- 1) ОП-5 (порошковые) в количестве 4-х штук, которые расположены в электроцехе и холодильно-компрессорном цехе;
- 2) ОУ-5 (углекислотные) в количестве 47 штук. Они расположены во всех остальных цехах предприятия;
- 3) ОУ-2 (углекислотный) – 1 штука.

Так же на каждом участке технологического процесса находятся пожарные краны и рукава (20 м), общее количество которых составляет 16 единиц (8 кранов, 8 рукавов).

На ЗАО “Бендерский пивоваренный завод” установлен один пожарный гидрант, который иногда используют так же для охлаждения емкостей с аммиаком. На предприятии имеется 5 пожарных щитов, в каждом из которых 2 лопаты, топор, песок.

Предприятие постепенно улучшается, обновляется, однако на сегодняшний день на нем нет автоматической пожарной сигнализации, но имеются датчики слежения за уровнем давления в баках, котлах, за уровнем аммиака в линейных ресиверах и т.д. На ЗАО “Бендерский пивоваренный завод” используются порошковые и углекислотные огнетушители, обновлены и установлены пожарные рукава в каждом цехе.

Ответственность за организацию пожарной безопасности на предприятии несет инженер по ОТ и ТБ. Он обладает всеми необходимыми знаниями, проводит аттестацию и сертификацию рабочих мест, инструктажи для работников и т.д. В его должностных инструкциях прописаны права, обя-

занности, и ответственность за соблюдением правил пожарной безопасности.

На предприятии имеется следующая документация по пожарной безопасности:

- положение о пожарной охране предприятий и нормах пожарной безопасности;
- журнал регистрации инструктажей по вопросам пожарной безопасности;
- перечень обязанностей должностных лиц по обеспечению пожарной безопасности;
- распоряжения, инструкции, устанавливающие соответствующий противопожарный режим;
- программа для проведения вводного, первичного на рабочем месте, повторного, внепланового и целевого противопожарного инструктажа;
- планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара;
- регламенты технического обслуживания огнетушителей;

Вся работа по созданию и поддержанию пожарной безопасности предприятия начинается с составления годового плана противопожарных мероприятий. Исходя из намеченных мероприятий готовится предложение по бюджету предприятия на очередной финансовый год.

Обучение по пожарной безопасности специалистов, служащих и рабочих включает:

- проведение вводного, первичного, повторного, внепланового и целевого инструктажей;
- организация занятий по пожарно-техническому минимуму;

Для составления плана эвакуации людей и материальных ценностей в случае возникновения пожара администрация предприятия назначает специальное лицо или организует комиссию.

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		35

В состав комиссии входят: председатель пожарно-технической комиссии, заместитель руководителя предприятия по административно-хозяйственной части и начальник пожарной охраны предприятия.

Исходя из конкретных маршрутов движения, комиссия назначает ответственных за безопасную эвакуацию людей, оповещение о пожаре и встречу пожарных подразделений, а также эвакуацию материальных ценностей, автотранспорта и тушение пожара первичными средствами.

План эвакуации утверждается руководителем предприятия и издается приказ о введении его в действие. Намечаются сроки изучения и практической отработки плана эвакуации с работниками предприятия. План эвакуации людей, автотранспорта и материальных ценностей на ЗАО “Бендерский пивоваренный завод” составляется в 2-х экземплярах, один из которых вывешивается в помещении подразделения, другой хранится в деле.

План эвакуации на предприятии состоит из 2-х частей: текстовой (инструкции) и графической (см. Приложение 1).

2.2 Анализ и расчет вероятности возникновения пожароопасной ситуации.

Наиболее опасный участок на ЗАО “Бендерский пивоваренный завод” –холодильно-компрессорный цех.

В этом цехе находятся 6 компрессоров, 4 ресивера линейных, ресивер дренажный, бак для разведения рассола, фильтр рассольный, маслоотделитель, 2 отделителя жидкости, 2 испарителя и 5 центробежных насосов.

В пищевой промышленности, как правило, используются промышленные холодильные системы с винтовыми компрессорами или крупноразмерными поршневыми компрессорами, работающими на безводном аммиаке.

Наибольшую опасность в холодильно-компрессорном цехе представляет аммиак, находящийся в компрессорах и ресиверах и предназначенный

для охлаждения холодильных камер, где находятся баки под давлением, в которых происходит брожение пива. Если произойдет несчастный случай, связанный с разгерметизацией компрессора, наружу устремится большое количество газообразного аммиака.

Согласно Приложению 3 ГОСТ 12.1.004-01 ССБТ “Пожарная безопасность. Общие требования” для расчета вероятности возникновения пожара (взрыва) на действующих объектах необходимо располагать статистическими данными о времени существования различных пожаровзрывоопасных событий.

Численные значения необходимых для расчетов вероятности возникновения пожара (взрыва) показателей надежности различных технологических аппаратов, систем управления, контроля, связи и тому подобных, используемых при проектировании объекта, или исходные данные для их расчета выбирают в соответствии с ГОСТ 2.106-96 “ЕСКД. Текстовые документы”, ГОСТ 2.118-73 “ЕСКД. Техническое предложение”, ГОСТ 2.119-73 “ЕСКД. Эскизный проект”, ГОСТ 2.120-73 “ЕСКД. Технический проект”, ГОСТ 15.001-88 “Система разработки и постановки продукции на производство”, из нормативно-технической документации, стандартов и паспортов на элементы объекта.

Необходимые сведения могут быть получены в результате сбора и обработки статистических данных об отказах анализируемых элементов в условиях эксплуатации.

Далее за основу будет взята методика по расчету вероятности возникновения пожара (взрыва) согласно ГОСТ 12.1.004-01 ССБТ “Пожарная безопасность. Общие требования”, Приложение 3 “Метод определения вероятности возникновения пожара (взрыва) в пожаровзрывоопасном объекте”.

.

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		37

Возникновение пожара (взрыва) в холодильно-компрессорном цехе предприятия (событие *ПП*) обусловлено возникновением пожара (взрыва) или в одном из технологических аппаратов, находящихся в этом помещении (событие *ПТА_j*) или непосредственно в объеме исследуемого помещения (событие *ПО_i*). Вероятность Q_i (*ПП*) вычисляют по формуле:

$$Q_i(ПП) = 1 - \left\{ \prod_{j=1}^m [1 - Q_j(ПТА)] \right\} \cdot [1 - Q_i(ПО)], \quad (2)$$

где Q_j (*ПТА*) - вероятность возникновения пожара в *j*-м технологическом аппарате *i*-го помещения в течение года; Q_i (*ПО*) - вероятность возникновения пожара в объеме *i*-го помещения в течение года; *m* - количество технологических аппаратов в *i*-м помещении.

Возникновение пожара (взрыва) в любом из технологических аппаратов (событие *ПТА_j*) или непосредственно в объеме помещения (событие *ПО_i*), обусловлено совместным образованием горючей среды (событие *ГС*) в рассматриваемом элементе объекта и появлением в этой среде источника зажигания (событие *ИЗ*). Вероятность (Q_i (*ПО*)) или (Q_j (*ПТА*)) возникновения пожара в рассматриваемом элементе объекта равна вероятности объединения (суммы) всех возможных попарных пересечений (произведений) случайных событий образования горючих сред и появления источников зажигания:

$$Q_i(ПО) = Q_i \left[\bigcup_{k=1}^K \bigcup_{n=1}^N (ГС_k \cap ИЗ_n) \right], \quad (3)$$

где *K* - количество видов горючих веществ; *N* - количество источников зажигания; *ГС_k* - событие образования *k*-й горючей среды; *ИЗ_n* - событие появления *n*-го источника зажигания; *I* - специальный символ пересечения

(произведения) событий; U - специальный символ объединения (суммы) событий.

Вероятность (Q_i (ПО)) или (Q_j (ПТА)) вычисляют по формуле:

$$Q_i(ПО) = 1 - \prod_{k=1}^K \prod_{n=1}^N [1 - Q_i(GC_k) \cdot Q_{iИЗ/ГC_k}] \quad (4)$$

где $Q_i(GC_k)$ - вероятность появления в i -м элементе объекта k -е горючей среды в течение года; $Q_i(ИЗ_n/GC_k)$ - условная вероятность появления в i -м элементе объекта n -го источника зажигания, способного воспламенить k -ую горючую среду.

Образование горючей среды (событие GC_k в рассматриваемом элементе объекта обусловлено совместным появлением в нем достаточного количества горючего вещества или материала (событие $ГВ$) и окислителя (событие $ОК$) с учетом параметров состояния (температуры, давления и т. д.). Вероятность образования k -й горючей среды ($Q_i(GC_k)$) для случая независимости событий $ГВ$ и $ОК$ вычисляют по формуле:

$$Q_i(GC_k) = Q_i(ГВ_l) \cdot Q_i(ОК_m), \quad k = l + 10(m - 1), \quad (5)$$

где $Q_i(ГВ_l)$ - вероятность появления достаточного для образования горючей среды количества l -го горючего вещества в i -м элементе объекта в течение года; $Q_i(ОК_m)$ - вероятность появления достаточного для образования горючей среды количества m -го окислителя в i -м элементе объекта в течение года; k, l, m - порядковые номера горючей среды, горючего вещества и окислителя.

Вероятность ($Q_i(e_1)$) появления в i -м элементе объекта искр короткого замыкания вычисляют только для действующих и строящихся элементов объектов по формуле:

$$Q_i(s_1) = Q_i(v_1) \cdot Q_i(v_2) \cdot Q_i(z), (6)$$

где $Q_i(V_1)$ - вероятность возникновения короткого замыкания электропроводки в i -м элементе объекта в течение года; $Q_i(V_2)$ - вероятность того, что значения электрического тока в i -м элементе объекта лежит в диапазоне пожароопасных значений; $Q_i(Z)$ - вероятность отсутствия или отказа аппаратов защиты от короткого замыкания в течение года.

Вероятность ($Q_i(V_2)$) нахождения электрического тока в диапазоне пожароопасных значений вычисляют по формуле:

$$Q_i(v_2) = \frac{I_2 - I_1}{I_{к.з} - I_0}, (7)$$

где $I_{к.з}$ - максимальное установившееся значение тока короткого замыкания в кабеле или проводе; I_0 - длительно допустимый ток для кабеля или провода; I_1 - минимальное пожароопасное значение тока, протекающего по кабелю или проводу; I_2 - максимальное пожароопасное значение тока, протекающего по кабелю, если I_2 больше $I_{к.з}$, то принимают $I_2 = I_{к.з}$.

Пользуясь формулами, которые были приведены выше, можно рассчитать вероятность возникновения пожара и взрыва при анализируемой ситуации (разгерметизация компрессора).

Возникновение пожара в любом из технологических аппаратов обусловлено совместным образованием горючей среды в рассматриваемом элементе объекта и появлением в этой среде источника зажигания. Согласно ГОСТ 1707-51 “Масла индустриальные (веретенные и машинные). Технические условия”, для смазки трущихся поверхностей компрессоров применяется масло марки веретенное 2. Низкая температура воспламенения (в сравнении с маслом компрессорным КС-19) этого масла повышает вероят-

ность его возгорания примерно в 2 раза по сравнению с более новыми и дорогостоящими аналогами.

Небольшие количества отработанного масла постепенно накапливаются на фильтрах маслоотделителя и окисляются на нём. Эти скопления постоянно накапливают тепло, вызывая повышенный нагрев элементов маслоотделителя, что в конечном итоге может привести к его возгоранию, а в худших случаях к пожару. Постоянное нахождение необходимого для возгорания остатков масла на стенках маслоотделителя будет зависеть от того, сменит ли масло и заменит ли фильтры работник. Следовательно, вероятность возникновения такого события будет равна:

$$Q_k(ГВ) = 0,5$$

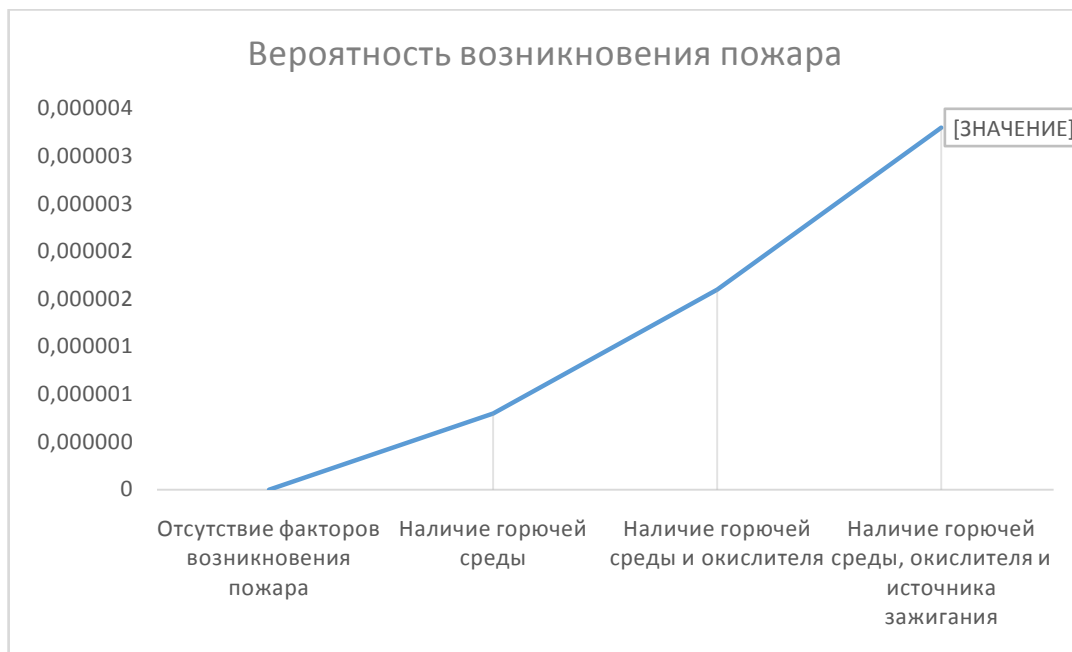
Так как в поршнях компрессора постоянно присутствует масло, то вероятность появления горючей среды ($Q(ГС)$) будет так же равно 0,5.

Статистические данные показывают, что за последний год наблюдался один случай разрушения деталей поршневой группы, в результате чего в цилиндре компрессора в течение 2 мин наблюдалось искрение. Поэтому вероятность появления в цилиндре компрессора фрикционных искр в соответствии с формулами (42) и (47) приложения 3 равна:

$$Q_k(ТИ) = \frac{1}{525600} \cdot 2 = 3,8 \cdot 10^{-6}$$

Исходя из этих данных вероятность возникновения пожара в компрессоре будет равна:

$$Q_k(ПТА) = 1 - \prod_{k=1}^K \prod_{n=1}^N \left[1 - Q_k(ГС) \frac{Q_k(ИЗ)}{Q_k(ГС)} \right] = 3,8 \cdot 10^{-6}$$



Гистограмма 2.1. Вероятность возникновения пожара в одном из технологических аппаратов

Скорость выгорания масла $M_{cp} = 2,7 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$. Продолжительность локального пожара t_n по формуле:

$$t_n = \frac{170}{3 \cdot 2,7} \approx 21 \text{ мин}$$

Этого времени вполне хватит даже для нагрева сжиженного аммиака, который так же находится в компрессоре.

Возникновение взрыва в компрессоре будет обусловлено одновременным появлением в цилиндре горючего газа, окислителя и источника зажигания. По условиям технологического процесса в цилиндре компрессора постоянно обращается аммиак, поэтому вероятность появления в компрессоре горючего газа равна единице:

$$Q_k(GB) = 1$$

Появление окислителя в цилиндре компрессора возможно при заклинивании всасывающего клапана. В этом случае в цилиндре создается разрежение, обуславливающее подсос воздуха через сальниковые уплотнения. Для отклонения компрессора при заклинивании всасывающего клапана

имеется система контроля давления, которая отключает компрессор через 10 с после заклинивания клапана. Обследование показало, что за год наблюдалось 10 случаев заклинивания клапанов. Тогда вероятность разгерметизации компрессора равна:

$$Q_k(S_1) = \frac{K_s}{t_p} \sum_{i=1}^m t_i = 3,2 \cdot 10^{-6}$$

Анализируемый компрессор в течение года находился в рабочем состоянии примерно 4000 ч, поэтому вероятность его нахождения под разряжением равна:

$$Q_k(S_2) = \frac{K_s}{t_p} \sum_{i=1}^m t_i = 2,3 \cdot 10^{-1}$$

Откуда вероятность подсоса воздуха в компрессор составит значение:

$$Q_k(b_n) = Q_k(S_2) \cdot Q_k(S_1) = 7,4 \cdot 10^{-7}$$

Таким образом, вероятность появления в цилиндре компрессора достаточного количества окислителя в соответствии с формулой(44) приложения 3 равна [18]:

$$Q_k(OK) = Q_k(b_n) = 7,4 \cdot 10^{-7}$$

Откуда вероятность образования горючей среды в цилиндре компрессора будет равна:

$$Q_k(ГС) = Q_k(ГВ) \cdot Q_k(b_n) = 7,4 \cdot 10^{-7}$$

Источником зажигания в цилиндре компрессора могут быть только искры механического происхождения, возникающие при разрушении узлов и деталей поршневой группы из-за потери прочности материала или при ослаблении болтовых соединений.

Найдем энергию соударения (Е), Дж, по формуле:

$$E = \frac{mw^2}{2} = 2000$$

Смесь аммиака с воздухом становится горючей при содержании в смеси 15-28 об.% аммиака, а минимальная энергия зажигания равна 680 мДж. Аммиак является горючим газом и при его сгорании (с воздухом или кислородом) внутри замкнутого объема (оборудования или помещения) давление может повыситься в 6 раз, вызвав разрушение оборудования или здания и ударную волну от расширения сжатых продуктов сгорания.

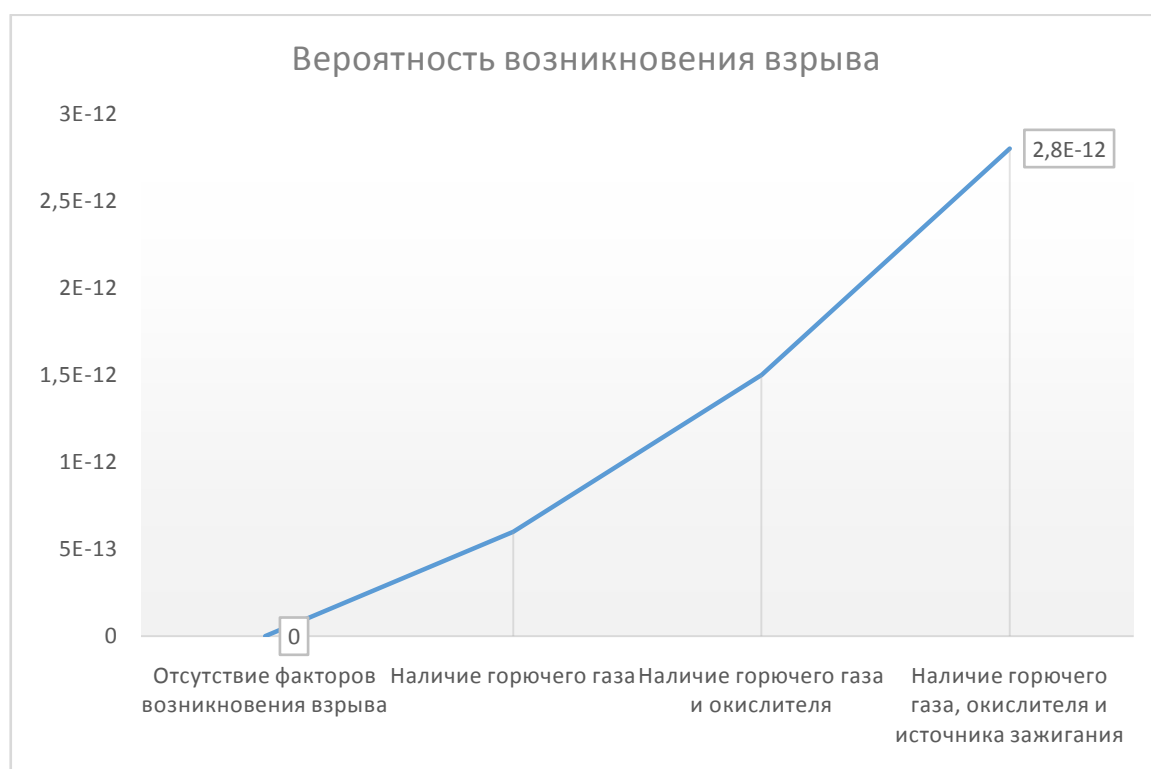
$$Q_k(B) = 1$$

Тогда вероятность появления в цилиндре компрессора источника зажигания в соответствии с формулой (46) приложения 3 равна:

$$Q_k(ИЗ) = Q_k(ТИ) \cdot Q_k(B) = 3,8 \cdot 10^{-6}$$

Таким образом, вероятность взрыва внутри компрессора будет равна:

$$Q_k(BTA) = Q_k(ГС) \cdot Q_k(ИЗ) = 7,4 \cdot 10^{-7} \cdot 3,8 \cdot 10^{-6} = 2,8 \cdot 10^{-12}$$



Гистограмма 2.2. Вероятность возникновения взрыва при разгерметизации компрессора.

Вывод: Вероятность возникновения пожара и взрыва при искрении в компрессоре будет достаточно низкой ($3,8 \cdot 10^{-6}$ и $2,8 \cdot 10^{-12}$) соответственно, однако, недобросовестное отношение к риску возникновения этих ситуаций может привести к непоправимым последствиям.

2.3 Расчет опасных факторов пожара и количественная оценка пожарного риска.

Согласно методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах[20], определение расчетных величин пожарного риска на объекте осуществляется на основании:

- а) анализа пожарной опасности объекта;
- б) определения частоты реализации пожароопасных ситуаций;
- в) построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;
- г) оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;
- д) наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений и строений.

Расчетные величины пожарного риска являются количественной мерой возможности реализации пожарной опасности объекта и ее последствий для людей. Количественной мерой возможности реализации пожарной опасности объекта является риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара, в том числе:

1. риск гибели работника объекта;
2. риск гибели людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта.

3. Риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара на объекте характеризуется числовыми значениями индивидуального и социального пожарных рисков.

Основные поражающие факторы пожара [1]:

1. *Открытый огонь* очень опасен, но случаи его непосредственного воздействия на людей редки. Чаще они страдают от лучистых потоков, испускаемых пламенем.
2. *Температура среды*. Наибольшую опасность для людей представляет вдыхание нагретого воздуха, приводящее к поражению верхних дыхательных путей, Удушью и смерти. Так, воздействие температуры выше 100°C приводит к потере сознания и гибели через несколько минут. Опасны также ожоги кожи. Несмотря на большие успехи медицины в их лечении, у человека, получившего ожоги второй степени, на 30% поверхности тела, мало шансов на выживание.
3. *Токсичные продукты горения*. При пожарах в современных зданиях, построенных с применением полимерных и синтетических материалов, на человека могут воздействовать токсичные продукты горения. Наиболее опасен из них оксид углерода. Он в 200— 300 раз лучше вступает в реакцию с гемоглобином крови, чем кислород, вследствие чего у человека наступает кислородное голодание. Он становится равнодушным и безучастным к опасности, у него наступают оцепенение, головокружение, депрессия, нарушается координация движений, а затем происходят остановка дыхания и смерть.
4. *Потеря видимости вследствие задымления*. Успех эвакуации людей при пожаре может быть обеспечен лишь при их беспрепятственном движении в нужном направлении. Эвакуируемые обязательно должны четко видеть эвакуационные выходы или указатели выходов. При потере ви-

димости движение людей становится хаотичным, каждый человек движется в произвольно выбранном направлении. В результате этого процесс эвакуации затрудняется, а затем может стать неуправляемым.

5. Пониженная концентрация кислорода. В условиях пожара при сгорании веществ и материалов концентрация кислорода в воздухе уменьшается. Между тем понижение ее даже на 3% вызывает ухудшение двигательных функций организма. Опасной считается концентрация кислорода меньше 14%: при ней нарушаются мозговая деятельность и координация движений.

Время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара определяется путем выбора из полученных в результате расчетов значений критической продолжительности пожара минимального времени:

$$\tau_{\text{бл}} = \min \{t_{\text{кр}}^T, t_{\text{кр}}^{\text{П.В}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г}}\} = 0,0068 \quad (\text{П5.1})$$

Критическая продолжительность пожара по каждому из опасных факторов определяется как время достижения этим фактором критического значения на путях эвакуации на высоте 1,7 м от пола. Критические значения по каждому из опасных факторов составляют:

- по повышенной температуре - + 70°C;
- по тепловому потоку - 1400 Вт/м²
- по потере видимости - 20 м;
- по пониженному содержанию кислорода - 0,226 кг·м⁻³;
- по каждому из токсичных газообразных продуктов горения
- (CO₂ - 0,11 кг·м⁻³, CO - 1,16·10⁻³ кг·м⁻³, HCL - 23·10⁻⁶ кг·м⁻³).

Для помещения очага пожара критическую продолжительность пожара $t_{\text{кр}}$ (с) по условию достижения каждым из опасных факторов пожара пре-

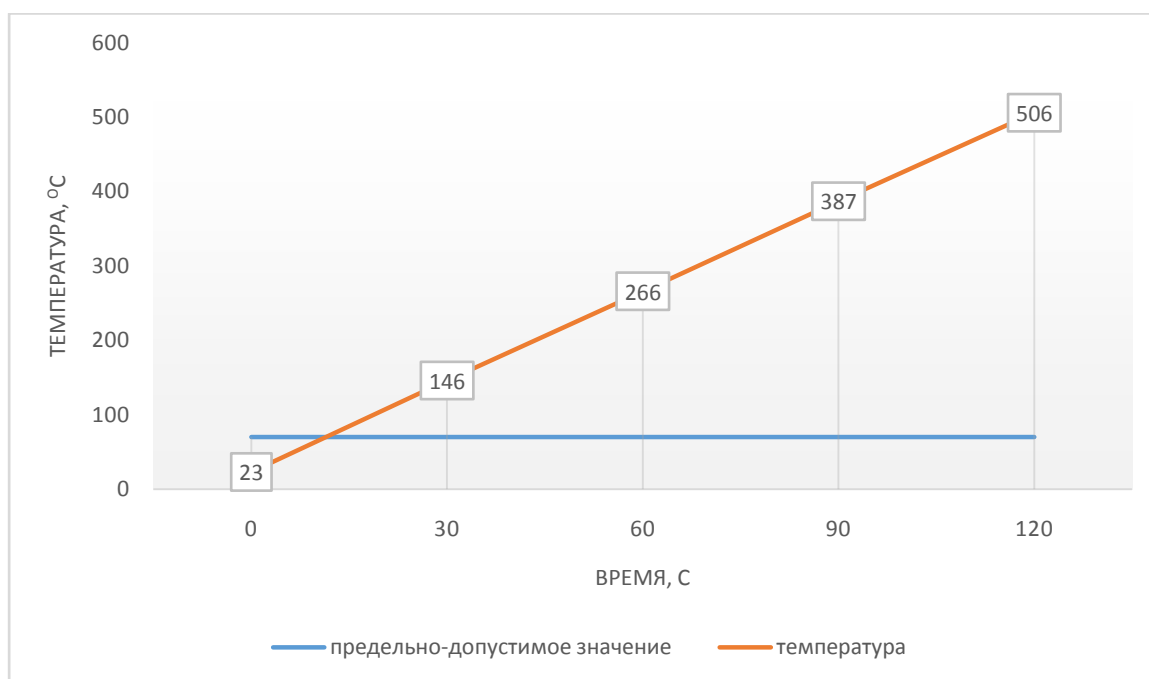
дельно допустимых значений в зоне пребывания людей (рабочей зоне) можно оценить по формулам:

по повышенной температуре:

$$t_{kp}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{1/n}; (П2.2)$$

$$t_{kp}^T = \left\{ \frac{43359}{990} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - 23}{(273 + 23) \cdot 0,52} \right] \right\}^{1/1} = 11,67$$

В зависимости от времени будет увеличиваться температура воздуха в помещении. Так через 30 секунд после начала пожара температура составит $\approx 146^\circ\text{C}$, через 60 секунд – 266°C , через 90 секунд – 387°C , через 120 секунд – 506°C .



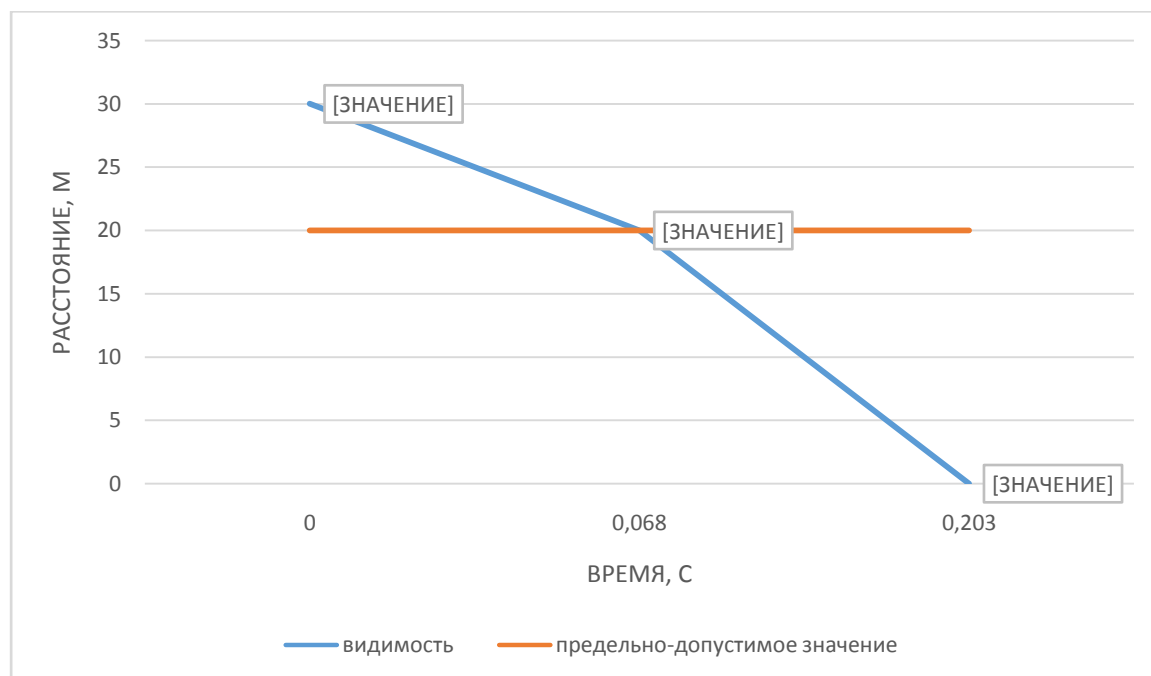
Гистограмма 2.3. Динамика изменения температуры, $^\circ\text{C}$

по потере видимости:

$$t_{kp}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пп} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/n}; \quad (П2.3)$$

$$t_{kp}^{п.в.} = \left\{ \frac{43359}{990} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{2048 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 43359 \cdot 80 \cdot 0,52} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/1} = 0,0068$$

Учитывая, что из-за дымообразующей способности горящего материала через 0,068 секунд с момента начала пожара видимость будет составлять 20 м при начальных 30 м, то можно сделать вывод, что через $\approx 0,203$ сек. видимость будет нулевая.



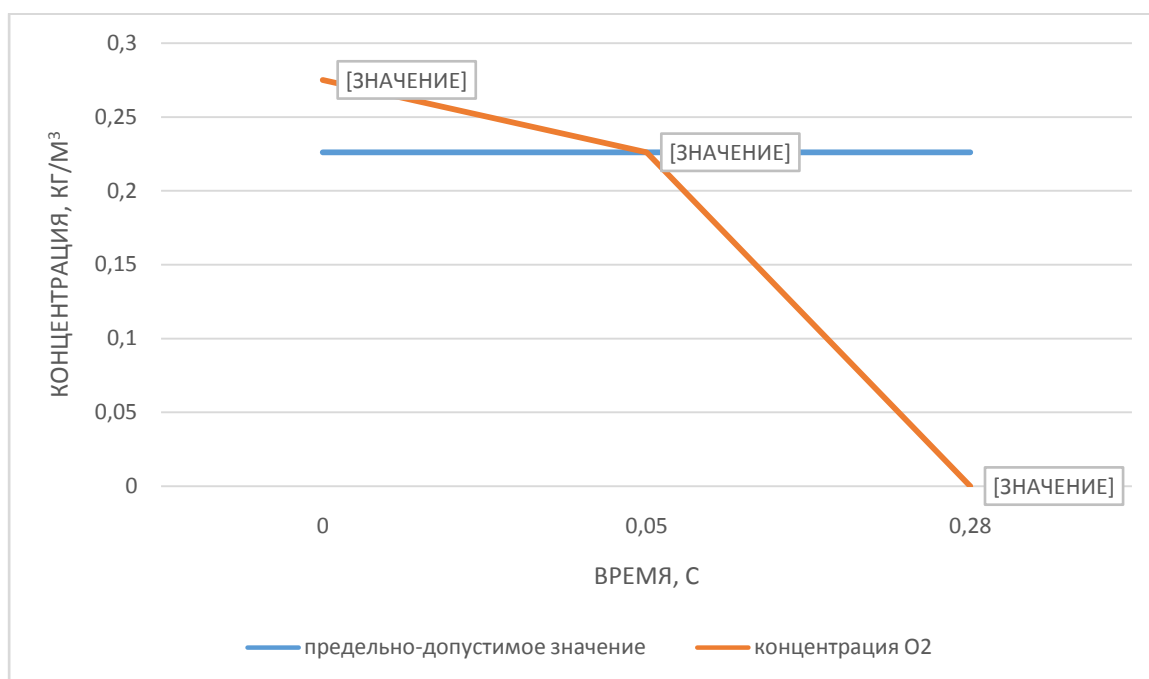
Гистограмма 2.4. Динамика изменения видимости, м

по пониженному содержанию кислорода:

$$t_{kp}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/n}; \quad (П2.4)$$

$$t_{kp}^{O_2} = \left\{ \frac{43359}{990} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{0,044}{\left(\frac{43359 \cdot 3,47}{2048} + 0,27 \right) \cdot 0,52} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/1} = 0,05$$

Т.к. через 0,05 секунд содержание кислорода будет составлять 0,226 кг·м⁻³ (0,275 кг·м⁻³ начальн.), то через 0,28 концентрация кислорода в воздухе будет равна 0.



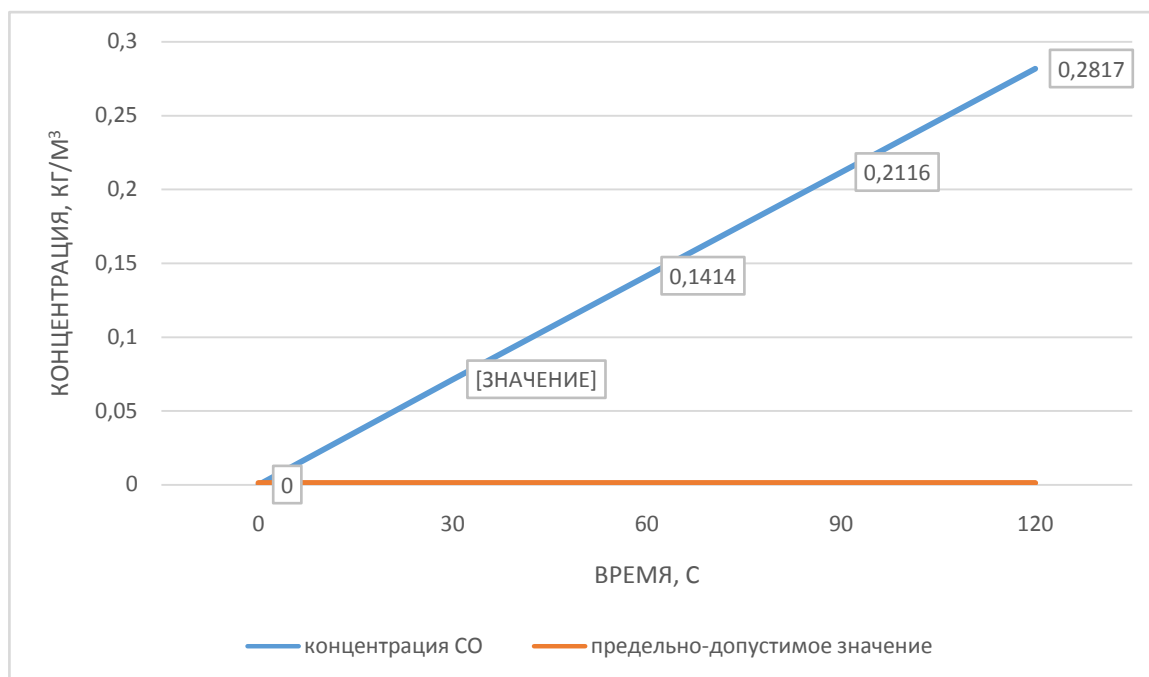
Гистограмма 2.5. Динамика изменения концентрации O₂, кг/м³

по каждому из газообразных токсичных продуктов горения:

$$t_{kp}^{т.г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/n}; \quad (\text{П2.5})$$

$$t_{kpCO}^{т.г.} = \left\{ \frac{43359}{990} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{2048 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{43359 \cdot 0,175 \cdot 0,52} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/1} = 0,026$$

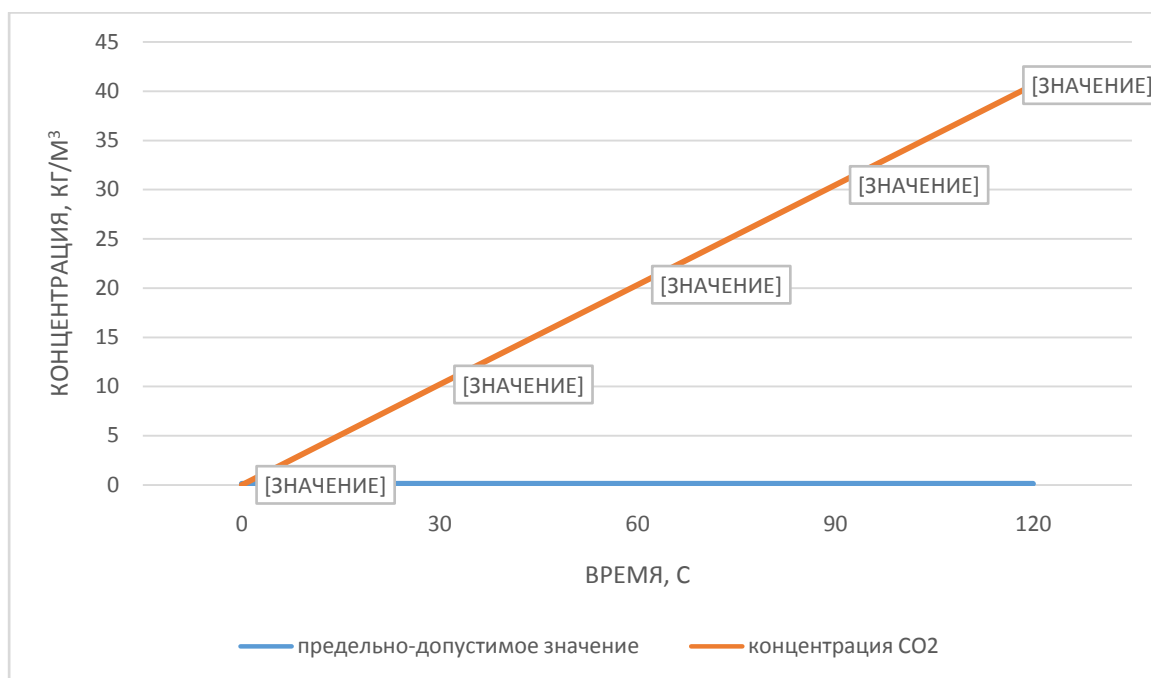
Исходя из этих данных, можно вычислить C_{CO} через 30, 60, 90, 120 секунд. Через 30 сек. $C_{CO} = 0,0713$; через 60 сек. – 0,1414; через 90 сек. – 0,2116; через 120 сек. – 0,2817.



Гистограмма 2.5. Динамика изменения концентрации CO, кг/м³

$$t_{кр CO_2}^{т.г.} = \left\{ \frac{43359}{990} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{2048 \cdot 0,11}{43359 \cdot 2,92 \cdot 0,52} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/1} = 0,15$$

Аналогично можно выяснить концентрацию CO_2 в воздухе спустя 30, 60, 90, 120 секунд с момента начала пожара. Через 30 сек. $C_{CO_2} = 10,193$ кг/м³; спустя 60 сек. – 20,327; через 90 сек. – 30,461; через 120 сек. – 40,595.



Гистограмма 2.7. Динамика изменения концентрации CO₂, кг/м³

где t_0 - начальная температура воздуха в помещении, °C ($t_0=23^{\circ}\text{C}$);

B - размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения, кг;

$$B = \frac{353 C_p \cdot V}{(1-\varphi) \eta Q} = \frac{353 \cdot 1,01 \cdot 2048}{(1-0,1) 0,9 \cdot 20,79} = 43359, (\text{П2.6})$$

где η - показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени;

A - размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего вещества и площадь пожара, кг/сⁿ.

$$A = \psi_F \cdot F,$$

$$A = 33 \cdot 30 = 990$$

где ψ_F - удельная массовая скорость выгорания горючего вещества, кг·м²·с

Z - безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения опасного фактора пожара по высоте помещения ($Z=0.52$);

Параметр Z определяется по формуле:

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

где h – высота рабочей зоны, м;

H – высота помещения, м.

Q – низшая теплота сгорания материала, МДж/кг ($Q=20.79$);

C_p – удельная изобарная теплоемкость воздуха, МДж/кг;

φ – коэффициент теплопотерь;

η – коэффициент полноты горения;

V – свободный объем помещения, м³;

α – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;

E – начальное освещение, лк;

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

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

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

X – предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг/м³;

Lo_2 – удельный расход кислорода, кг/кг.

Свободный объем помещения соответствует разности между геометрическим объемом и объемом оборудования или предметов, находящихся внутри. При отсутствии данных допускается свободный объем принимать равным 80 % геометрического объема помещения. Если под знаком логарифма получается отрицательное число, то данный опасный фактор пожара не представляет опасности. Параметры A и n определяются следующим образом:

для случая горения жидкости с установившейся скоростью:

$$A = \psi_F \cdot F, \quad \text{при } n = 1; \quad (\text{П2.9})$$

для случая горения жидкости с неустановившейся скоростью:

$$A = \frac{0,67 \cdot \psi_F \cdot F}{\sqrt{\tau_{CT}}}, \quad \text{при } n = 1,5; \quad (\text{П2.10})$$

для случая кругового распространения пламени по поверхности горючего вещества или материала:

$$A = 1,05 \cdot \psi_F \cdot v^2, \quad \text{при } n = 3; \quad (\text{П2.11})$$

для вертикальной или горизонтальной поверхности горения в виде прямоугольника, одна из сторон которого увеличивается в двух направлениях за счет распространения пламени:

$$A = \psi_F \cdot v \cdot b, \quad \text{при } n = 2, \quad (\text{П2.12})$$

где ψ_F - удельная массовая скорость выгорания жидкости, кг/(м²·с);

v - линейная скорость распространения пламени, м/с;

b - перпендикулярный к направлению движения пламени размер зоны горения, м.

Случай факельного горения в помещении может рассматриваться как горение жидкости с установившейся скоростью с параметром A равным массовому расходу истечения горючего вещества из оборудования и показателем степени n равным 1. При отсутствии специальных требований значения α и E принимаются равными 0,3 и 50 лк соответственно, а $l_{ПР}$ равным 20 м.

Данные расчета сводим в таблицу:

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		54

A, кг/с ^н	B, кг	V, м ³	Q, МДж/кг	Lo ₂ , кг/кг	Lco, кг/кг	Lco ₂ , кг/кг	Xco, кг/м ³	Xco ₂ , кг/м ³	Dm, Нп·м ² /кг	Z	t ₀ , °C	ПР, м
990	43359	2048	20,79	3,47	0,175	2,92	1,16· 10 ⁻³	0,11	80	0,52	23	20

t_{kp}^T	$t_{kp}^{П.В.}$	$t_{kp}^{O_2}$	$t_{kpCO}^{Т.Г.}$	$t_{kpCO_2}^{Т.Г.}$
11,67	0,0068	0,05	0,026	0,15

Время, с	0	30	60	90	120
Т, °C	23	146	266	387	506
Видимость	30	0	0	0	0
Кислород	0,275	0	0	0	0
СО	0	0,0713	0,1414	0,2116	0,2817
СО ₂	0	10,193	20,327	30,461	40,595

Таблица 1. Результаты расчета ОФП.

Определение расчетного времени эвакуации при аварии в ХКЦ.

Расчетное время эвакуации людей t_p из помещений и зданий устанавливают по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей непосредственно наружу или в безопасную зону.

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

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i,$$

(П5.13) где t_1 - время движения людского потока на первом (начальном) участке, мин;

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

Время движения людского потока по первому участку пути t_1 , мин, определяется по формуле:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{18}{100} = 0,18,$$

(П5.14)

где l_1 - длина первого участка пути, м;

v_1 - скорость движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, м/мин

Плотность однородного людского потока на первом участке пути D_1 определяется по формуле:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1} = \frac{4 \cdot 0,125}{18 \cdot 15} = 0,0018, \quad (\text{П5.15}) \quad \text{где } N_1 - \text{число людей на}$$

первом участке, чел;

f - средняя площадь горизонтальной проекции человека, м^2 , принимаемая равной 0,125;

δ_1 - ширина первого участка пути, м.

При расчете времени эвакуации людей из холодильно-компрессорного цеха, необходимо учесть, что маршрут состоит из двух участков аналогичных по размеру. При расчете время преодоления дверного проема принимается равным 0.

$$t_2 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{18}{100} = 0,18$$

$$D_2 = \frac{N_2 \cdot f}{l_2 \cdot \delta_2} = \frac{4 \cdot 0,125}{18 \cdot 15} = 0,0018$$

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,36 \text{ мин}$$

Т.к. в холодильно-компрессорном цехе по регламенту работают 4 человека, а для эвакуации необходимо преодолеть два участка общей протяженностью 36 м, время эвакуации составит 0,36 мин.

Потенциальный риск в холодильно-компрессорном цехе.

Для начала следует рассчитать потенциальный риск в исследуемом помещении объекта.

Величина потенциального риска P_i (год⁻¹) в i -ом помещении здания объекта определяется по формуле:

$$P_i = \sum_{j=1}^J Q_j \cdot Q_{dij}$$

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

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

Для того, чтобы рассчитать эту величину, необходимо узнать вероятность эвакуации $P_{эij}$:

$$P_{э} = 1 - (1 - P_{э.л}) \cdot (1 - P_{д.в}) = 0,99$$

Т.к. для исследуемого участка предприятия $P_{э.л}$ и $P_{д.в}$ будут равны 0,999 и 0,001 соответственно.

Из-за того, что для нахождения вероятности эффективной работы технических средств по обеспечению пожарной безопасности D_{ij} нет необходимых данных, значение этой вероятности допускается считать равным 0.

Исходя из полученных значений, условная вероятность поражения человека будет равна:

$$Q_d = 0,01$$

В таком случае величина потенциального риска в холодильно-компрессорном цехе будет равна:

$$P_k = 3,8 \cdot 10^{-8}$$

Индивидуальный пожарный риск в зданиях и на территории объекта.

Величина индивидуального риска R_m (год⁻¹) для работника m объекта при его нахождении на территории объекта определяется по формуле:

$$R_m = \sum_{i=1}^I q_{im} \cdot P(i) = 3,15 \cdot 10^{-8}$$

Вероятность q_{im} определяется, исходя из доли времени нахождения рассматриваемого человека в определенной области территории и/или в i -ом помещении здания в течение года на основе решений по организации эксплуатации и технического обслуживания оборудования и зданий объекта.

$I = 7$, т.к. именно на столько областей разбита территория объекта исследования.

$$q_{im} \approx 0,25$$

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

$$R_m = \sum_{i=1}^N P_i \cdot q_{im} = 5,4 \cdot 10^{-8}$$

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

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

N - число помещений в здании, сооружении и строении.

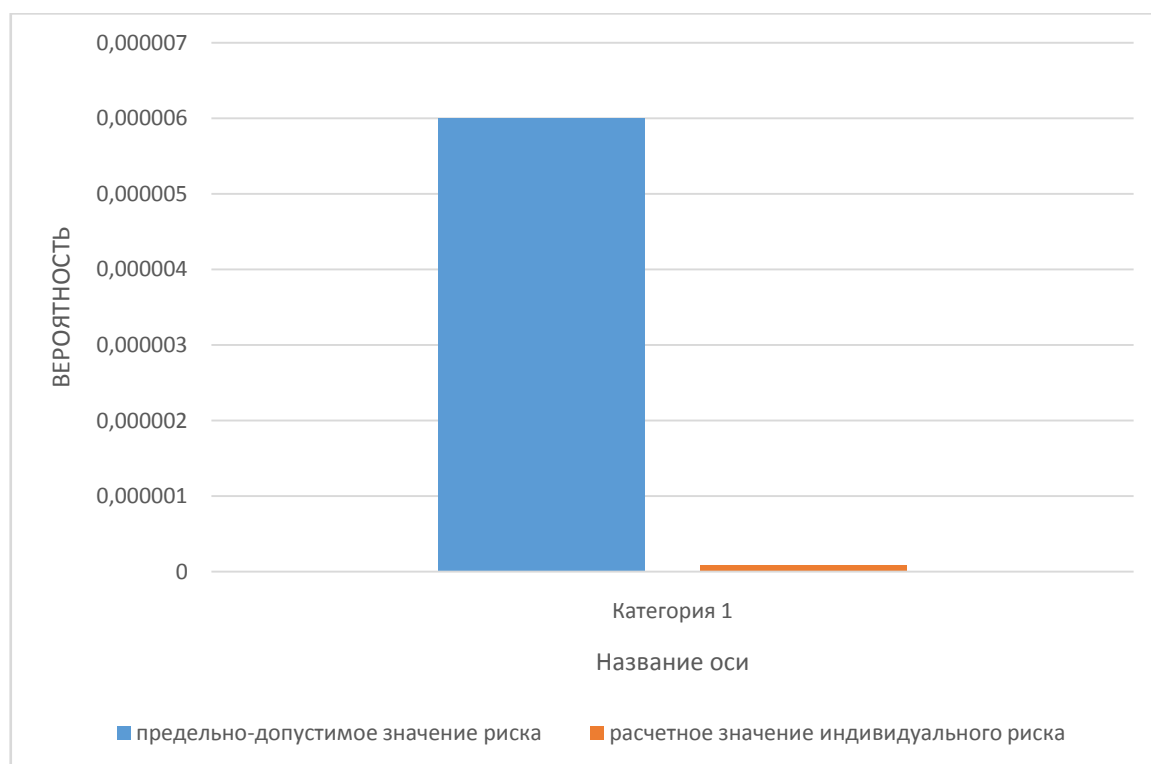
$N = 12$, т.к. столько помещений в здании, где находится источник опасности.

Индивидуальный риск работника m объекта определяется как сумма величин индивидуального риска при нахождении работника на территории и в зданиях объекта.

Следовательно, индивидуальный риск работника будет равен:

$$3,15 \cdot 10^{-8} + 5,4 \cdot 10^{-8} = 8,55 \cdot 10^{-8}$$

Полученный результат отвечает требуемым нормам ($\leq 10^{-6}$ год).



Гистограмма 2.3. Сравнение расчетного значения риска с предельно-допустимым значением

Данные расчета сводим в таблицу:

$P_{\text{э}}$	Q_d	P_k	$R_{m(T)}$	q_{im}	$R_{m(3)}$	R_m
0,99	0,01	$1,8 \cdot 10^{-8}$	$3,15 \cdot 10^{-8}$	0,25	$5,4 \cdot 10^{-8}$	$8,55 \cdot 10^{-8}$

Масса паров аммиака, выходящих через дыхательную арматуру.

В случае наполнения резервуара масса паров определяется по формуле:

$$m_v = \rho_v \cdot V_R \cdot P_H / P_0 = \frac{0,7079 \cdot 0,1 \cdot 857}{101} = 0,6 \quad (\text{ПЗ.28})$$

$$\rho_v = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_0)} = \frac{17,0306}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 20)} = 0,7079 \quad (\text{ПЗ.29})$$

где m_v - масса выходящих паров ЛВЖ, кг;

ρ_v - плотность паров ЛВЖ, кг/м³;

P_H - давление насыщенных паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа, определяемое по справочным данным;

P_0 - атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101);

V_R - геометрический объем паровоздушного пространства резервуара (при отсутствии данных допускается принимать равным геометрическому объему резервуара), м³;

M - молярная масса паров ЛВЖ, кг/кмоль;

V_0 - мольный объем, равный 22,413 м³/кмоль;

t_0 - расчетная температура, °С.

Истечение сжиженного газа из отверстия в резервуаре.

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		60

Массовая скорость истечения паровой фазы G_V (кг/с) определяется по формуле:

$$G_V = \mu \cdot A_{hol} \sqrt{\left(\frac{P_C M}{R T_C} \right) \cdot P_C \cdot (0,167 \cdot P_R^5 + 0,534 \cdot P_R^{1,95})}$$

$$G_V = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 10^{-4} \sqrt{\left(\frac{11348400 \cdot 0,017}{8,31 \cdot 405,5} \right) \cdot 11348400 \cdot (0,167 \cdot 0,176^5 + 0,534 \cdot 0,176^{1,95})}$$

$$G_V = 0,113$$

где μ – коэффициент истечения;

A_{hol} - площадь отверстия, м²;

P_C - критическое давление сжиженного газа, Па;

M - молярная масса, кг/моль;

R - универсальная газовая постоянная, равная 8,31 Дж/(К·моль);

T_C - критическая температура сжиженного газа, К;

$P_R = P_V/P_C$ - безразмерное давление сжиженного газа в резервуаре;

P_V - давление сжиженного газа в резервуаре, Па.

Площадь щели F при разгерметизации фланцевого соединения трубопровода диаметром 150мм и толщиной щели 0,5 мм равна, м²:

$$F = \pi d \delta = 1,2 \cdot 10^{-4}.$$

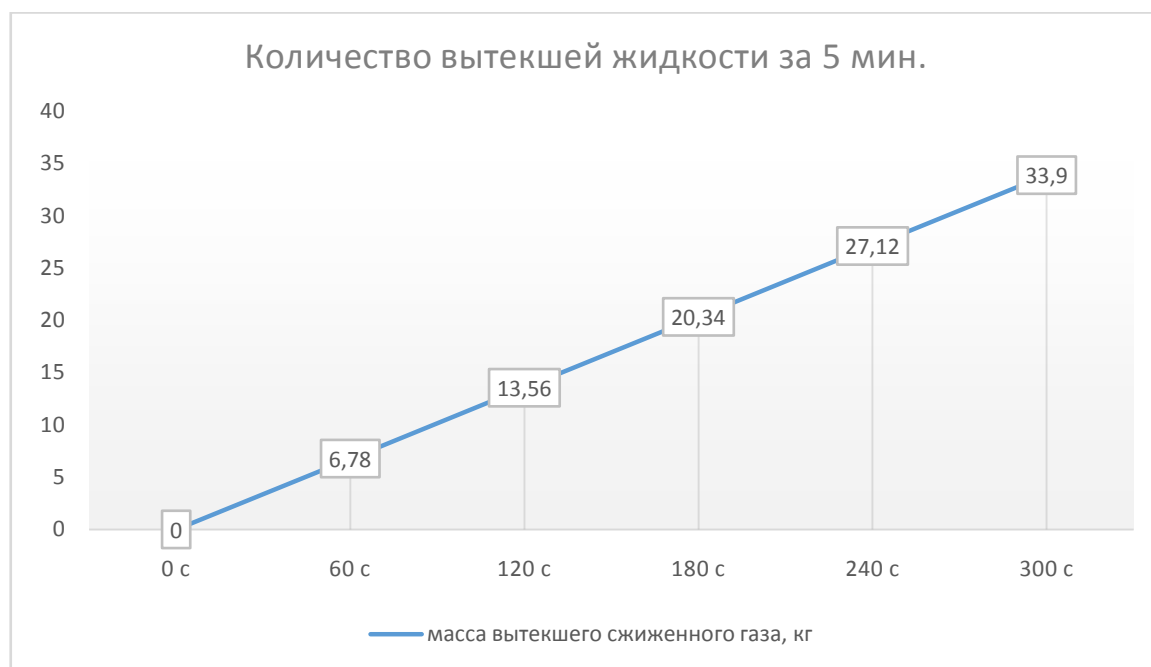


Рис 2.4 – Количество вытекшей жидкости за 5 мин.

Максимальные размеры взрывоопасных зон

Радиус $R_{НКПР}$ (м) и высота $Z_{НКПР}$ (м) зоны, ограничивающие область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени (далее - НКПР), при неподвижной воздушной среде определяется по формулам для паров ЛВЖ:

$$R_{НКПР} = 3,2 \cdot \left(\frac{T}{3600} \right)^{0,5} \cdot \left(\frac{P_H}{C_{НКПР}} \right)^{0,8} \cdot \left(\frac{m_{\Pi}}{\rho_{\Pi} \cdot P_H} \right)^{0,33} \quad (\text{П3.34})$$

$$R_{НКПР} = 3,2 \cdot \left(\frac{1200}{3600} \right)^{0,5} \cdot \left(\frac{857}{15} \right)^{0,8} \cdot \left(\frac{135,6}{6,675 \cdot 857} \right)^{0,33} = 13,67$$

$$Z_{НКПР} = 0,12 \cdot \left(\frac{T}{3600} \right)^{0,5} \cdot \left(\frac{P_H}{C_{НКПР}} \right)^{0,8} \cdot \left(\frac{m_{\Pi}}{\rho_{\Pi} \cdot P_H} \right)^{0,33} = 0,512, \quad (\text{П3.35})$$

где m_{Π} - масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время испарения, кг;

ρ_{Π} - плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре, кг/м³;

P_H - давление насыщенных паров при расчетной температуре, кПа;

T - продолжительность поступления паров в открытое пространство,
с;

$C_{НКПР}$ - нижний концентрационный предел распространения пламени паров, % об.

Критерии поражения волной давления.

В качестве вероятностного критерия поражения используется понятие пробит-функции. В общем случае пробит-функция P_r описывается формулой:

$$P_r = a + b \cdot \ln S,$$

где a, b - константы, зависящие от степени поражения и вида объекта;
 S - интенсивность воздействующего фактора.

Пробит-функции для разрушения зданий имеют вид:

- для тяжелых разрушений:

$$Pr = 5,0 - 0,26 \cdot \ln V = 6,059; \quad (\text{П4.7})$$

$$V = \left(\frac{17500}{\Delta P} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{I^+} \right)^{9,3} = \left(\frac{17500}{415900} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{448,9} \right)^{9,3} = 0,017 \quad (\text{П4.8})$$

- для полного разрушения:

$$Pr = 5,0 - 0,22 \cdot \ln V = 4,939; \quad (\text{П4.9})$$

$$V = \left(\frac{40000}{\Delta P} \right)^{7,4} + \left(\frac{460}{I^+} \right)^{11,3} = \left(\frac{40000}{415900} \right)^{7,4} + \left(\frac{460}{448,9} \right)^{11,3} = 1,318 \quad (\text{П4.10})$$

Посчитаем величину избыточного давления ΔP , кПа, развиваемого при сгорании газопаровоздушных смесей:

$$\Delta P = P_0 \cdot \left(\frac{0,8m_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + \frac{3m_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + \frac{5m_{\text{пр}}}{r^3} \right) = 415,9$$

где P_0 - атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

r - расстояние от геометрического центра газопаровоздушного облака, м;

$m_{\text{пр}}$ - приведенная масса газа или пара, кг.

Величину импульса волны давления i , Па·с, вычисляют по формуле:

$$i = \frac{123 \cdot m_{\text{пр}}^{0,66}}{r} = 448,9$$

Условная вероятность поражения, %	Величина пробит-функции Pr									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

Степень поражения	Избыточное давление, кПа
Полное разрушение зданий	100
50 %-ное разрушение зданий	53
Средние повреждения зданий	28

Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	12
Нижний порог повреждения человека волной давления	5
Малые повреждения (разбита часть остекления)	3

Характеристика взрыва на ЗАО “Бендерский пивоваренный завод”.

На предприятии аммиак хранится в резервуарах емкостью $V_1 = 25 \text{ м}^3$, находящиеся на бетонном поддоне площадью 4 м^2 . Температура окружающей среды 27°C ($T_{\text{о.с.}} = 300\text{K}$). Определить возможные степени разрушений на расстоянии 10, 20, 30, 50 и 70 м. При расчете принимаем, что плотность жидкого аммиака $\rho_{\text{ж}} = 1,18 \text{ кг/м}^3$, молекулярная масса $M = 15 \text{ кг/кмоль}$, скрытая теплота испарения $L_{\text{кип}} = 1373 \text{ кДж/кг}$, температура кипения $T_{\text{кип}} = 239,7 \text{ K}$.

Решение. Принимаем, что резервуар заполнен аммиаком на 80%, а 20% объема занимают пары аммиака ($\alpha = 0,2$). Поскольку аммиак в резервуаре находится при атмосферном давлении ($P_1 = 101,3 \cdot 10^3 \text{ Па}$), то по формуле (1) найдем массу паров аммиака в первичном облаке, кг:

$$m_{\text{П1}} = \alpha \frac{M(V_1 P_1 + V_{\text{г}} P_2)}{RT_{\text{ж}}}, \quad (1)$$

где α - объемная доля оборудования, заполненная газовой фазой;

M - молекулярная масса жидкости, кг/кмоль;

R - универсальная газовая постоянная газа, равная $8310 \text{ Дж/(К} \cdot \text{кмоль)}$;

$T_{\text{ж}}$ - температура жидкости в аппаратуре, К.

$$m_{\text{П1}} = 0,2 \cdot \frac{15 \cdot (25 \cdot 101,3 \cdot 10^3)}{8310 \cdot 300} = 3,047 \approx 3.$$

Интенсивность испарения разлившегося аммиака. Определим по формуле (2). Для этого, по формуле (3) найдем давление насыщенного пара аммиака, кПа, при температуре окружающей среды:

$$W = 1 \cdot 10^{-6} P_{\text{нас}} \sqrt{M}, \quad (2)$$

где $P_{\text{нас}}$ — давление насыщенного пара, кПа, рассчитываемого по формуле:

$$P_{\text{нас}} = 101,3_{\text{exp}} [L_{\text{исп}} M (T_{\text{кип}}^{-1} T_{\text{ос}}^{-1}) / R]$$

$L_{\text{исп}}$ - скрытая теплота испарения, кДж/кг;

M - молекулярная масса пара, г/моль;

$T_{\text{кип}}$ - температура кипения, К;

$T_{\text{о.с.т}}$ - температура окружающей среды, К.

R - универсальная газовая постоянная, равная 8,310 кДж/кмоль;

$$P_{\text{нас}} = 101,3_{\text{exp}} \left[\frac{1373 \cdot 15 (239,7^{-1} \cdot 300^{-1})}{8,31} \right] = 104,8$$

$$W = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 104,8 \cdot 15^{\frac{1}{2}} = 0,0004$$

Масса паров во вторичном облаке, образующимся при испарении разлившегося аммиака, в соответствии с формулой (3) составит, кг:

$$m_{\text{п.исп}} = W F_{\text{исп}} \tau_{\text{исп}}, \quad (3)$$

где W - интенсивность испарения жидкости, кг/(м² · с);

$F_{\text{исп}}$ — площадь испарения (разлива), м², равная площади поддона или площади поверхности, занимаемой разлившейся жидкостью, исходя из расчета, что 1л смесей и растворов, содержащих 70% и менее (по массе) растворителей, разливается на 0,1 м², остальные жидкости — на 0,15 м²;

$\tau_{\text{исп}}$ — время испарения разлившейся жидкости, с, равное либо времени полного испарения ($\tau_{\text{исп}} = m_{\text{ж}} / (W F_{\text{исп}})$), либо ограничиваемое временем 3600 с, в течение которых должны быть приняты меры по устранению аварии.

$$m_{\text{исп}} = 0,0004 \cdot 4 \cdot 3600 = 5,76$$

Время испарения принимаем равным 3600 с, в течение которого должны быть приняты меры по устранению аварии.

Суммарная масса паров аммиака в облаке, кг:

$$m_{\text{п}} = 3 + 5,76 \approx 9$$

Радиус взрывоопасного облака, м, определим по формуле (4):

$$R_{\text{нкпр}} = 3,1501 \sqrt{\frac{\tau_{\text{исп}}}{3600}} \left(\frac{P_{\text{нас}}}{C_{\text{нкпр}}} \right)^{0,813} \left(\frac{m_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}} P_{\text{нас}}} \right)^{1/3}, \quad (4)$$

Плотность газа (пара) рассчитывается по формуле (5):

$$\rho_{\text{г(п)}} = \frac{M}{V_0(1 + 0,00367 t_p)}, \quad (5)$$

где V_0 - мольный объем, равный 22,4 м³/кмоль;

t_p - расчетная температура, °С, принимаемая равной максимально возможной температуре воздуха в соответствующей климатической зоне. При отсутствии соответствующих данных, допускается принимать равной 61 °С.

$$R_{\text{нкпр}} = 3,1501 \sqrt{\frac{3600}{3600}} \left(\frac{104,8}{0,11} \right)^{0,813} \left(\frac{9}{0,547 \cdot 104,8} \right)^{1/3} \approx 127$$

$$\rho_{\text{п}} = \frac{15}{22,4 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 61)} = 0,547$$

Радиус зоны детонационного взрыва, м, рассчитаем по формуле (6):

$$R_0 = 10 \left(\frac{m_{\text{тк}}}{M c_{\text{стх}}} \right)^{1/3}, \quad (6)$$

где k - коэффициент, зависящий от способа хранения горючего вещества (1 - для газа; 0,6 - для сжиженного газа под давлением; 0,1 - для сжиженного газа при пониженной температуре (изотермическое хранение); 0,06 - аварийный разлив ЛВЖ);

$C_{\text{стх}}$ - стехиометрическая концентрация газа в смеси, об. %.

В пределах зоны детонационного взрыва избыточное давление на фронте ударной волны $\Delta P_{\text{ф}} = 1750$ кПа.

$$R_0 = 10 \cdot \left(\frac{9 \cdot 0,06}{15 \cdot 21,9} \right)^{1/3} = 0,005$$

Избыточное давление на фронте ударной волны за пределами зоны детонационного взрыва найдем по формуле (7), предварительно определив приведенную массу паров, кг, по формуле (8):

$$m_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{вр}}}{Q_{\text{вТНТ}}} mZ, \quad (8);$$

где $Q_{\text{вр}}$ и $Q_{\text{вТНТ}}$ - энергии взрыва газа (пара) и тротила (тринитротолуола) соответственно, кДж;

Z – коэффициент участия горючих газов и паров в горении, который допускается принимать равным 0,1.

$$m_{\text{пр}} = \frac{16600}{4520} \cdot 9 \cdot 1 = 3,3$$

$$\Delta P_{\phi} = 81 \frac{m_{\text{пр}}^{1/3}}{R} + 303 \frac{m_{\text{пр}}^{2/3}}{R^2} + 505 \frac{m_{\text{пр}}}{R^3}, \quad (7);$$

Тогда на границе облака $R_{\text{нкр}} = 127$ м избыточное давление на фронте ударной волны составит, кПа:

$$\Delta P_{\phi}^{127} = 81 \frac{3,3^{1/3}}{127} + 303 \frac{3,3^{2/3}}{127^2} + 505 \frac{3,3}{127^3} = 0,88;$$

Избыточное давление во фронте ударной волны, кПа, на расстоянии $R=10$ м:

$$\Delta P_{\phi}^{10} = 81 \frac{3,3^{1/3}}{10} + 303 \frac{3,3^{2/3}}{10^2} + 505 \frac{3,3}{10^3} \approx 8,08$$

Избыточное давление во фронте ударной волны, кПа, на расстоянии $R=20$ м:

$$\Delta P_{\phi}^{20} = 81 \frac{3,3^{1/3}}{20} + 303 \frac{3,3^{2/3}}{20^2} + 505 \frac{3,3}{20^3} \approx 1,62$$

Избыточное давление во фронте ударной волны, кПа, на расстоянии $R=30$ м:

$$\Delta P_{\Phi}^{30} = 81 \frac{3,3^{1/3}}{30} + 303 \frac{3,3^{2/3}}{30^2} + 505 \frac{3,3}{30^3} \approx 0,73$$

Избыточное давление во фронте ударной волны, кПа, на расстоянии R=50 м:

$$\Delta P_{\Phi}^{50} = 81 \frac{3,3^{1/3}}{50} + 303 \frac{3,3^{2/3}}{50^2} + 505 \frac{3,3}{50^3} \approx 0,31$$

Избыточное давление во фронте ударной волны, кПа, на расстоянии R=70 м:

$$\Delta P_{\Phi}^{70} = 81 \frac{3,3^{1/3}}{70} + 303 \frac{3,3^{2/3}}{70^2} + 505 \frac{3,3}{70^3} \approx 0,19$$

Вывод: Согласно табличным данным при избыточном давлении во фронте ударной волны $\Delta P_{\Phi} = 8,08$ кПа кирпичное малоэтажное здание получит слабый ущерб. Ущерб – 10-15% стоимости здания.

При избыточном давлении во фронте ударной волны $\Delta P_{\Phi} = 1,62$ кПа, $\Delta P_{\Phi} = 0,73$ кПа, $\Delta P_{\Phi} = 0,31$ кПа и $\Delta P_{\Phi} = 0,19$ кПа кирпичное малоэтажное здание получит минимальный ущерб.

Однако, не следует забывать, что в рассматриваемом цехе хранится по меньшей мере 10 подобных резервуара с аммиаком и при взрыве одной емкости, последует цепная реакция.

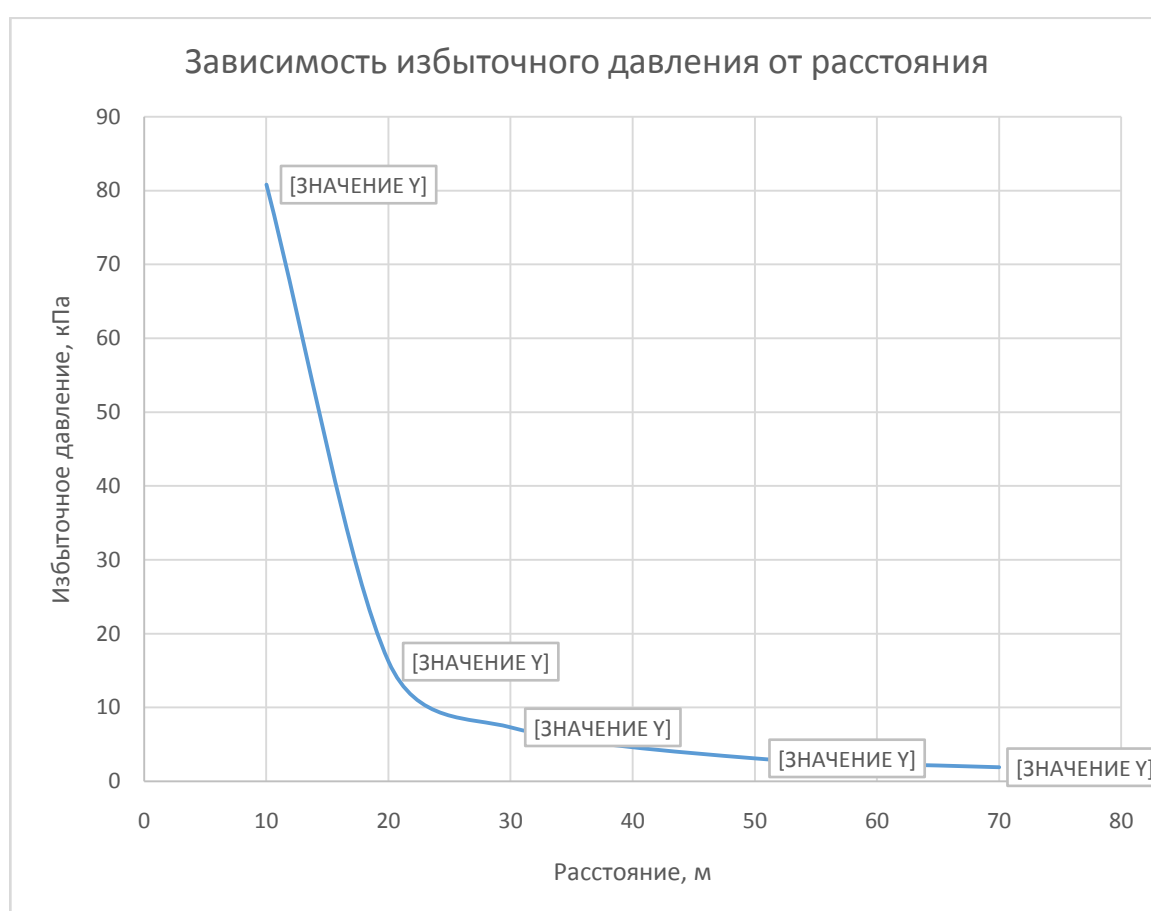
В данном случае в пределах 10 метров избыточное давление во фронте ударной волны $\Delta P_{\Phi} = 80,8$ кПа и кирпичное малоэтажное здание будет полностью разрушено.

В пределах 20 метров избыточное давление во фронте ударной волны $\Delta P_{\Phi} = 16,2$ кПа; промышленные здания с легким металлическим каркасом и близлежащие кирпичные малоэтажные здания получают слабые разруше-

ния, а именно повреждение или разрушение крыш, оконных и дверных проемов.

В пределах 30 метров избыточное давление во фронте ударной волны $\Delta P_{\phi} = 7,3$ кПа; промышленные здания с легким металлическим каркасом и близлежащие кирпичные малоэтажные здания получают слабые разрушения, а именно повреждение или разрушение крыш, оконных и дверных проемов.

В пределах 50 и 70 метров избыточное давление во фронте ударной волны $\Delta P_{\phi} = 3,1$ кПа и $\Delta P_{\phi} = 1,9$ кПа соответственно. Здания, расположенные на данном расстоянии, практически не пострадают.



Гистограмма 2.4. Зависимость избыточного давления от расстояния.

Вывод к Разделу 2

В Разделе 2 была указана характеристика объекта исследования, которая включает в себя план-схему предприятия с подробным обозначением, описание средств пожаротушения, обязанностей инженера по ОТ и ТБ.

Также в этом разделе были произведены расчеты вероятностей возникновения пожара и взрыва в исследуемой ситуации (разгерметизация компрессора с аммиаком), были приведены расчеты опасных факторов пожара, времени эвакуации, потенциального и индивидуального пожарного риска со сравнительным графиком.

Также были описаны критерии поражения волной удара, указаны максимальный размеры взрывоопасных зон, произведены расчеты избыточного давления при взрыве емкости с газообразным аммиаком, рассчитаны зоны разрушения, составлен график зависимости избыточного давления от расстояния.

В связи с тем, что была взята ситуация с разгерметизацией компрессора, были посчитаны:

- а) масса паров аммиака, выходящих из отверстия;
- б) массовая скорость истечения паровой фазы.

РАЗДЕЛ 3. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМИ РИСКАМИ НА ЗАО «БЕНДЕРСКИЙ ПИВОВАРЕННЫЙ ЗАВОД»

3.1 Анализ факторов, влияющих на величину риска.

К факторам, влияющим на показатели риска, относятся факторы, изменяющие вероятность возникновения и масштаб последствий аварий.

При этом влияние ряда факторов носит объективный характер и слабо зависит от предупредительных действий людей.

К природно-климатическим факторам, например, относится длительное функционирование оборудования и трубопроводов при низких температурах окружающей среды в зимний период.

К производственным факторам относятся:

- наличие значительного количества воспламеняющихся газов и горючих жидкостей на объекте;
- работа технологического оборудования под высоким давлением.

К факторам, зависящим от принимаемых решений и действий людей и способствующим снижению риска аварий относятся:

- полнота и уровень выполнения проектных решений по предупреждению, локализации и ликвидации последствий возможных аварий;
- повышение надежности оборудования (с учетом особенностей производственного процесса и внешних факторов), автоматизация технологических систем, оснащение оборудования средствами противоаварийной защиты;
- соблюдение требований промышленной безопасности при эксплуатации и ремонте ОПО;
- профессиональная и противоаварийная подготовка персонала и оперативность их действий при возникновении аварийной ситуации (наличие

дублированных систем раннего обнаружения возможных аварийных ситуаций, а также систем оповещения персонала);

- наличие системы аварийного реагирования, включающей наличие и отработку планов действий при возможных авариях,
- наличие аварийно- спасательных формирований в непосредственной близости от декларируемого объекта.

Эффективность вышеуказанных решений, в части влияния их на количественные показатели риска, оценивается экспертным методом. Риск травмирования и гибели персонала существенно зависит от времени нахождения людей на производственных участках.

На ЗАО “Бендерский пивоваренный завод” содержится углекислота, жидкий и газообразный аммиак, имеются паровые котлы и баки под давлением. Потенциально опасных участков достаточно много и нельзя хоть к одному относиться небрежно.

Один из опасных факторов – содержание аммиака. На заводе аммиак используется в больших количествах в качестве хладагента. Несмотря на то, что аммиак относится к IV классу опасности (малоопасные вещества), при определенных условиях ущерб может оказаться существенным. Возникнуть ЧС с участием аммиака может в том случае, если будет нарушена герметичность баллонов, ресиверов, компрессоров, будет источник зажигания и окислитель. Учитывая, что предприятие достаточно возрастное, есть смысл не исключать тот факт, что оборудование может быть морально устаревшим, а это повышает вероятность возникновения ситуации, способной нанести ущерб персоналу и зданию в целом. Управление риском в данной ситуации подразумевает, что необходимо соблюдать ГОСТы и СанПиНы, которые регламентируют правильность эксплуатации технологического оборудования, соблюдать правила техники безопасности на рабочем месте, проводить проверку оборудования в срок. Все эти действия способны сни-

зитель риск возникновения ЧС в холодильно-компрессорном цехе с участием аммиака.

Так же должного внимания к себе требует котельная. В котельной находятся 3 одинаковых паровых котла с автоматическим датчиком давления. Опасен этот участок тем, что, если произойдет взрыв хотя бы одного котла, ущерб будет достаточно существенным. Из-за возраста завода и отсутствия должного финансирования, здание котельной не перестраивалось согласно обновляемым требованиям стандартов. Учитывая, что это одноэтажное кирпичное здание, взрыв котла можно разрушить помещение полностью и привести к гибели людей.

Основными причинами взрывов котлов являются:

- 1) нарушение правил технической эксплуатации;
- 2) нарушение режима работы паровых котлов;
- 3) нарушение должностных инструкций;
- 4) нарушение требований техники безопасности вследствие несоблюдения трудовой и производственной дисциплины обслуживающим персоналом;
- 5) дефекты и неисправности конструкторских узлов котлов и т.д.

Нарушение указанных инструкций и правил приводят к следующим главным техническим причинам взрывов котлов:

- резкое снижение уровня воды;
- превышение рабочего давления;
- неудовлетворительный водный режим котла;
- образование накипи;
- наличие взрывоопасных топочных газов.

Наибольшее количество аварий при эксплуатации паровых котлов происходит из-за резкого снижения уровня воды в котле. Вследствие снижения уровня воды ниже линии соприкосновения поверхности котла с горя-

чими газами в его топочной части стены котла нагреваются выше критической температуры. При этом механические свойства металла изменяются, снижается его прочность и под давлением пара стенки выдуваются, что может закончиться взрывом.

Для предупреждения возможности снижения воды ниже допустимого уровня котлы должны быть оснащены устройствами автоматического контроля верхнего и нижнего предельных уровней воды, автоматического прекращения подачи топлива к горелкам, двумя водоуказателями прямого действия, двумя независимыми друг от друга насосами производительностью не менее 110% и производительностью котла. Все котлы с давлением пара выше 0,07 МПа и производительностью более 0,7 т/ч должны быть оснащены автоматическими звуковыми сигнализаторами предельного нижнего уровня воды поплавкового типа. Котлы с камерным сжиганием топлива паропроизводительностью 0,7 т/ч и выше должны оборудоваться устройствами автоматического прекращения подачи топлива к горелкам при снижении уровня воды ниже допустимого, а при производительности 2 т/ч и более — автоматическими регуляторами питания.

3.2 Основные методы и способы снижения пожарных рисков.

Для обеспечения допустимого значения уровня пожарного риска (не более одной миллионной в год) необходимо выполнение следующего комплекса инженерно-технических и организационных мероприятий:

- 1) одновременное нахождение в здании не более 314 человек;
- 2) устройство системы оповещения и управления эвакуацией людей III типа;
- 3) устройство автоматической пожарной сигнализации;

4) обеспечение технической надежности элементов пожарной сигнализации, при которой вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации $R_{обн} = 0,98$;

5) обеспечение технической надежности элементов системы оповещения людей о пожаре и управлением эвакуации людей, при которой вероятность эффективного срабатывания системы СОУЭ $R_{СОУЭ} = 0,98$;

6) обеспечение свободного открывания дверей на путях эвакуации и по направлению выхода из здания, наличие запоров на дверях эвакуационных выходов, которые обеспечивают людям, находящимся внутри здания, возможность свободного открывания запоров изнутри без ключа;

7) сохранение ширины эвакуационных путей и выходов;

8) не превышение установленной пожарной нагрузки для помещений;

9) устройство противопожарных и газодымопроницаемых дверей с устройствами для самозакрывания.

Неисполнение рекомендаций по снижению уровня пожарного риска может привести администрацию к существенным штрафным санкциям.

Обязанности по обеспечению пожарной безопасности несут, как правило, должностные лица.

Признание должностных лиц субъектами анализируемого преступления основано на том, что в их обязанности входит организация производственной деятельности таким образом, чтобы исключить опасность пожара.

Для этого они наделены властными организационно-распорядительными и административно-хозяйственными полномочиями, имеют в своем распоряжении необходимые ресурсы.

Предотвращение распространения пожара достигается:

—предотвращением распространения горения в технологическом оборудовании и коммуникациях;

- ограничением применения сгораемых веществ и материалов в технологических процессах;
- применением не распространяющих горение строительных материалов и конструкций;
- разделением различных по пожарной опасности процессов;
- ограничением размеров зданий и пожарных отсеков;
- повышением пределов огнестойкости и снижением горючести ограждающих и несущих строительных конструкций;
- использованием противопожарных преград;
- защитой проемов, устройством преград в коммуникациях, заделкой стыков;
- использованием первичных, автоматических и привозных средств пожаротушения, а также систем обнаружения и сигнализации о пожаре;
- устройством противопожарного водопровода, его использование;
- устройством противопожарных разрывов и преград между зданиями;
- обеспечением доступа пожарных к возможным очагам пожара;

Ограничение распространения пожара техническими средствами осуществляется при выполнении ими следующих функций:

- изоляция очага горения от воздуха или снижение концентрации кислорода разбавлением негорючими газами до значения, при котором не происходит горения;
- охлаждение очага горения, технологического оборудования до температуры ниже определенного предела, при котором прекращается распространение горения;
- физико-химических свойств горящих материалов, отсутствие их реакции со средствами пожаротушения;

- величины пожарной нагрузки и ее размещение;
- скорости выгорания пожарной нагрузки;
- скорости распространения горения по пожарной нагрузке и зданию;
- газообмена очага пожара с окружающей средой и с атмосферой;
- теплообмена между очагом пожара с окружающими материалами и конструкциями;
- размещение и формы очага пожара и помещения, в котором произошел пожар;
- метеорологических условий.

Система пожаротушения должна обеспечивать оптимальные условия по расходу, интенсивности подачи средства пожаротушения и времени тушения. Выбор типа установок огнетушащих составов, способов тушения следует производить в соответствии со СНиП 2.04.09 “Пожарная автоматика зданий и сооружений”.

Для предотвращения распространения пожара на крупном оборудовании или между зданиями и частями зданий следует предусматривать устройство лафетных стволов со стационарным подключением к сети высокого давления. Если водопровод не обеспечивает необходимого напора, они должны иметь устройство для подключения к передвижным пожарным насосам для подачи воды из резервных емкостей или резервуаров. Здания и помещения должны оборудоваться извещателями электрической пожарной сигнализации для вызова пожарной охраны.

Приемные станции сигнализации должны устанавливаться в зданиях пожарных депо. Пожарные сигнализации могут также предназначаться для управления автоматической системой пожаротушения, системой дымоудаления, а также подаче сигнала для начала эвакуации.

3.3. Система управления пожарным риском на объекте исследования.

Согласно пособию “Управление пожарным риском”[22], управление пожарным риском предусматривает разработку и реализацию комплекса мероприятий инженерно-технического, экономического, социального и иного характера, позволяющих уменьшить значение данного пожарного риска до допустимого (приемлемого) уровня.

Для выработки досрочной стратегии управления пожарными рисками, а значит пожарной опасностью, необходимо выяснить, где и по каким причинам возникают пожары и где при пожарах гибнут люди. Основой управления пожарным риском является управление системой предотвращения пожара (СПП) и системой противопожарной защиты (СППЗ).

Определенной i -ой СПП соответствует частота ($2i$) или вероятность ($P_i(p)$) возникновения пожара, приводящая к экономическим потерям, и вероятность (частота) пожара, приводящая к воздействию опасных факторов пожара (ОФП) на человека. Каждой i -ой СППЗ соответствуют свои значения ожидаемых потерь ($Y_i(p)$) и количество пострадавших людей определенной категории тяжести (W_i).

Изменяя СПП и СППЗ, т.е. количество и качество их элементов, мы изменяем меру возможности поступления событий и меру последствий событий, а следовательно – уровень пожарного риска. Значение меры возможности наступления пожара и его последствий можно определять расчетно-аналитическим методом (например, по ГОСТ 12.04.004-90 ССБТ “Организация обучения безопасности труда. Общие положения”) или на основе статистической информации, используя при этом существующие методы теории статистики.

В качестве степени неопределенности исследуемых оценок может служить среднеквадратическое отклонение. Кроме того, определить ожидаемые значения рассматриваемых параметров необходимо с учетом показателя на-

дежности (безотказности) систем или их элементов. Например, для отдельного элемента ППЗ ожидаемое значение потерь Y можно определить по формуле:

$$Y = Y_1 \cdot P_{вз} + Y_2 \cdot (1 - P_{вз})$$

Где Y_1 , Y_2 – среднее значение потерь от пожара при выполнении и невыполнении поставленной задачи рассматриваемым элементом ППЗ, руб.; $P_{вз}$ – вероятность выполнения поставленной задачи элементом ППЗ.

При комплексном учете показателей надежности важно правильно определить зависимость (независимость) функционирования отдельных элементов СПП и СППЗ.

Ниже представлены блок-схема управления пожарным риском и алгоритм анализа пожарной опасности.

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		80

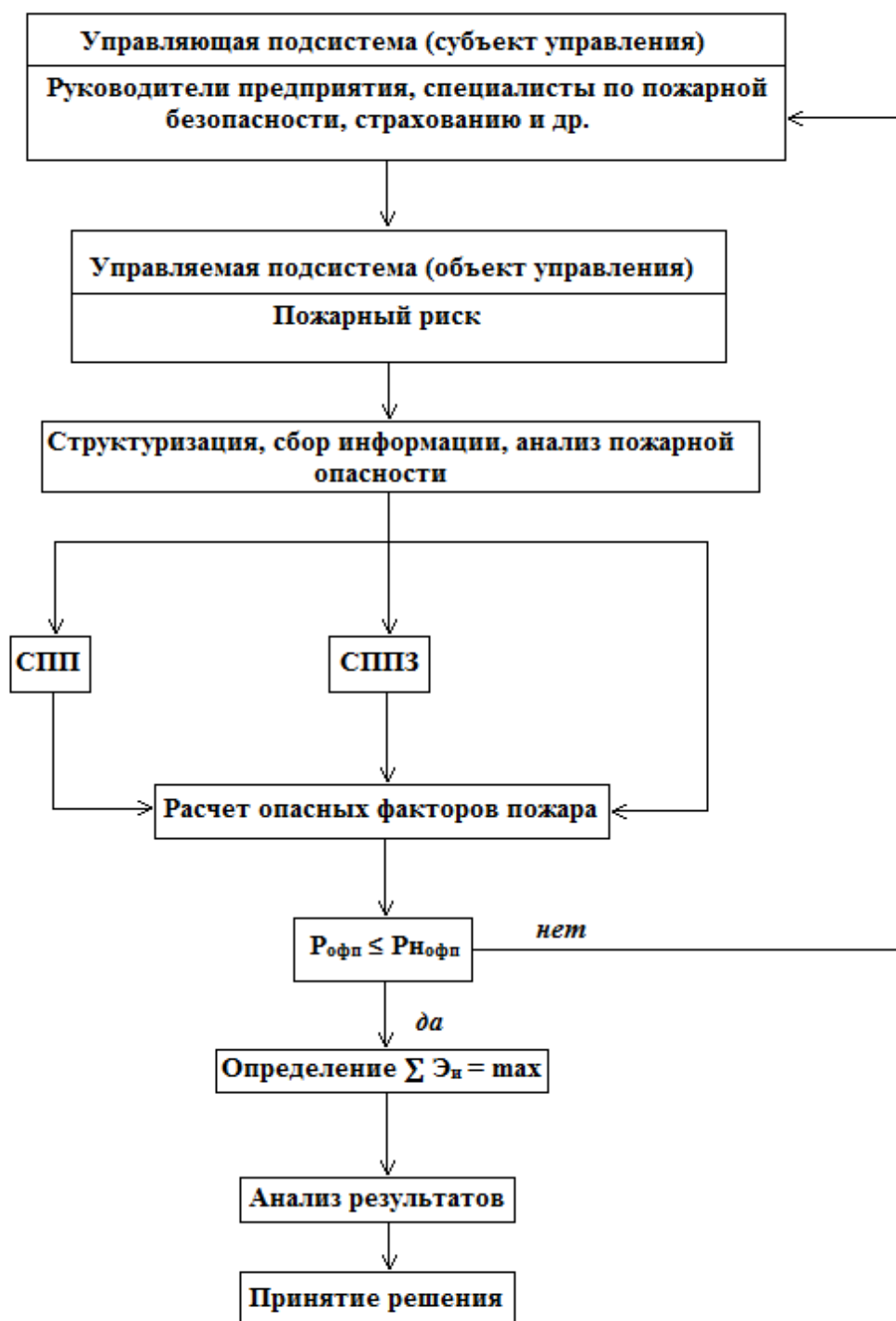


Рисунок 3.1. Блок-схема управления пожарным риском

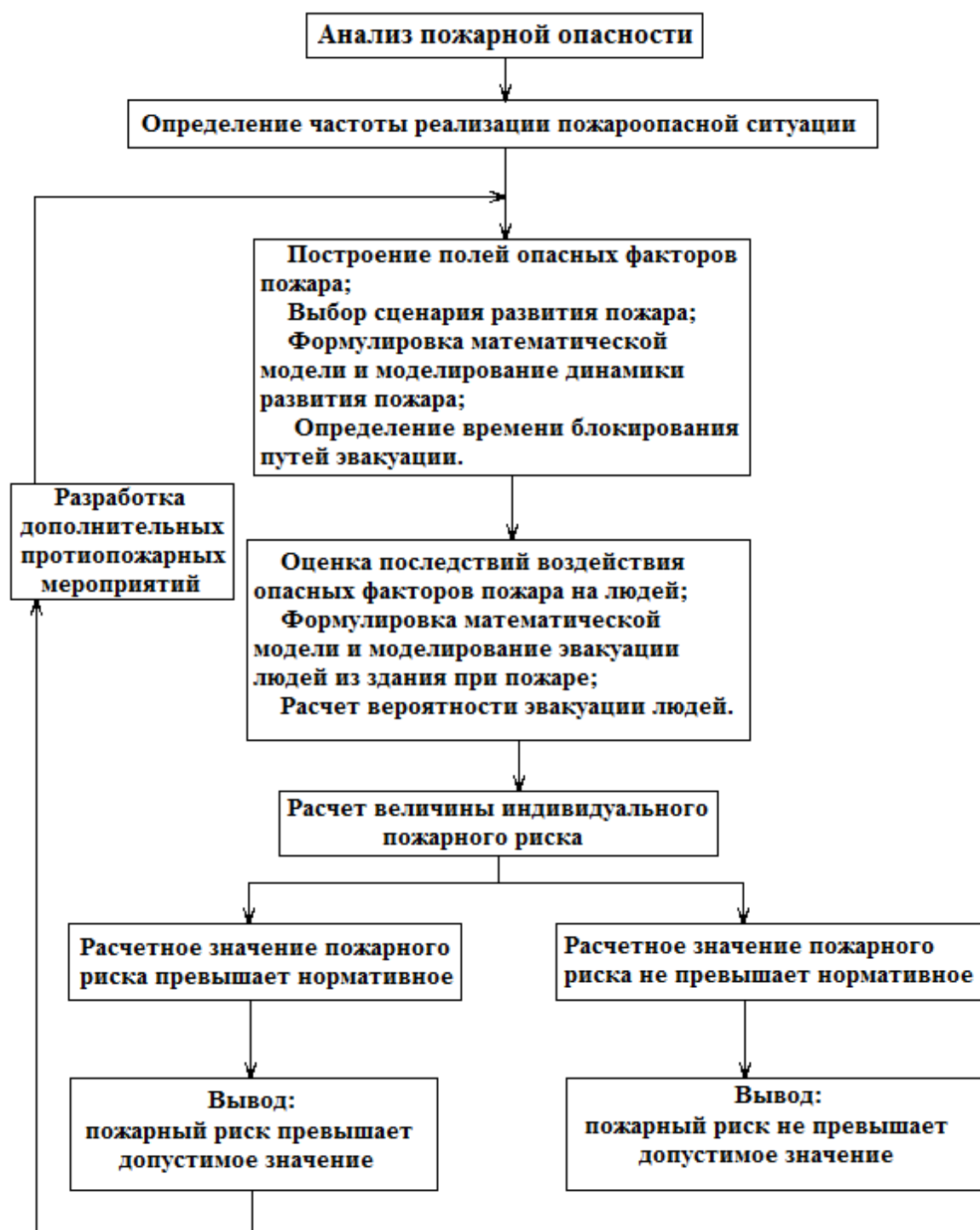


Рисунок 3.2.Алгоритм анализа пожарной опасности

ВЫВОД

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		83

9. Библиографический список

1. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ “Пожарная безопасность. Общие требования.”
2. С.В. Собурь: “Пожарная безопасность предприятия: курс пожарно-технического минимума”. Справочник под редакцией В.И. Кузнецова, 7-е издание, дополненное (с изменениями), 2003 г.
3. Ю.М. Бурашников, А.С. Максимов: “Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда на предприятиях пищевых производств” – СПб.: ГИОРД, 2007 г.
4. Н.Н. Брушлинский: “Пожарные риски” - М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2005 г.
5. Экологический энциклопедический словарь – М.: Ноосфера, 1999 г.
6. В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев: “Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах” - М.: Деловой Экспресс, 2004 г.
7. М.В. Лисанов “О техническом регулировании и критериях приемлемого риска”, 2004 г.
8. Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введении в действие противопожарных требований к эксплуатации огнетушителей” от 13 мая 2005 г. №167.
9. Постановление Правительства ПМР “О введении в действие правил пожарной безопасности в Приднестровской Молдавской Республике” от 11 августа 1995 г. N 300.
10. Закон ПМР "О пожарной безопасности в Приднестровской Молдавской Республике (редакция на 22.12.2006)" от 9 октября 2003 г. № 339-З-III.

11. Приказ МВД ПМР “Об утверждении положения "О государственном пожарном надзоре в Приднестровской Молдавской Республике" от 22 января 2007 г. № 25.

12. Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введении в действие норм пожарной безопасности "Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций” от 18 мая 2010 г. № 208.

13. Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введении в действие норм пожарной безопасности: технические средства оповещения о пожаре и управления эвакуацией. Общие технические требования (НПБ 06-04)” от 18 июля 2005 г. № 243.

14. Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введении в действие "инструкции по организации и осуществлению государственного пожарного надзора в Приднестровской Молдавской Республике” от 26 февраля 2007 г. № 95.

15. Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введение в действие порядка согласования органами государственного пожарного надзора Приднестровской Молдавской Республики проектно-сметной документации на строительство” от 18 июля 2005 г. № 242.

16. Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введении в действие положения “О добровольной пожарной охране в Приднестровской Молдавской Республике” от 30 апреля 2008 г. № 166.

17. Приказ МВД ПМР “Об утверждении и введении в действие устава службы пожарной охраны и боевого устава пожарной службы” от 4 июня 2001 г. № 189.

18. ГОСТ 12.1.004-01 ССБТ “Пожарная безопасность. Общие требования”, Приложение 3 “Метод определения вероятности возникновения пожара (взрыва) в пожаровзрывоопасном объекте”.

19. ГОСТ 1707-51 “Масла индустриальные (веретенные и машинные). Технические условия”.

20. Приказ МЧС “Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах”.

21. СНиП 2.04.09 “Пожарная автоматика зданий и сооружений”.

22. Н.Л. Присяжнюк, Т.Н. Соловьева: “Управление пожарными рисками” - М.: Академия ГПС МЧС России, 2009 г.

						Лист
Изм.	Лист	№	Подпись	Дата		86

Методы определения времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара и расчетного времени эвакуации

I. Метод определения времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара

Время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара определяется путем выбора из полученных в результате расчетов значений критической продолжительности пожара минимального времени:

$$\tau_{\text{бл}} = \min \{t_{KP}^T, t_{KP}^{П.В}, t_{KP}^{O_2}, t_{KP}^{T.Г}\}. \quad (\text{П5.1})$$

Критическая продолжительность пожара по каждому из опасных факторов определяется как время достижения этим фактором критического значения на путях эвакуации на высоте 1,7 м от пола. Критические значения по каждому из опасных факторов составляют:

- по повышенной температуре - + 70°C;
- по тепловому потоку - 1400 Вт/м²
- по потере видимости - 20 м;
- по пониженному содержанию кислорода - 0,226 кг·м⁻³;
- по каждому из токсичных газообразных продуктов горения (CO₂ - 0,11 кг·м⁻³, CO - 1,16·10⁻³ кг·м⁻³, HCL - 23·10⁻⁶ кг·м⁻³).

Для помещения очага пожара критическую продолжительность пожара t_{KP} (с) по условию достижения каждым из опасных факторов пожара пре-

дельно допустимых значений в зоне пребывания людей (рабочей зоне) можно оценить по формулам:

по повышенной температуре:

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_o}{(273 + t_o) \cdot Z} \right] \right\}^{1/n}; \quad (П5.2)$$

по потере видимости:

$$t_{кр}^{n.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{np} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/n}; \quad (П5.3)$$

по пониженному содержанию кислорода:

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/n}; \quad (П5.4)$$

по каждому из газообразных токсичных продуктов горения:

$$t_{кр}^{m.г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[\left(1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right)^{-1} \right] \right\}^{1/n}; \quad (П5.5)$$

$$B = \frac{353 \cdot C_P \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q},$$

(П5.6)

где t_o - начальная температура воздуха в помещении, °С;

B - размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения, кг;

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

A - размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего вещества и площадь пожара, кг/с^п;

Z - безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения опасного фактора пожара по высоте помещения;

Q - низшая теплота сгорания материала, МДж/кг;

C_p - удельная изобарная теплоемкость воздуха, МДж/кг;

φ - коэффициент теплопотерь;

η - коэффициент полноты горения;

V - свободный объем помещения, м³;

α - коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;

E - начальное освещение, лк;

$l_{пр}$ - предельная дальность видимости в дыму, м;

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

L - удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг горючего вещества, кг/кг;

X - предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг/м³;

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

Свободный объем помещения соответствует разности между геометрическим объемом и объемом оборудования или предметов, находящихся внутри. При отсутствии данных допускается свободный объем принимать равным 80 % геометрического объема помещения.

Если под знаком логарифма получается отрицательное число, то данный опасный фактор пожара не представляет опасности.

Параметр Z определяется по формуле:

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \frac{h}{H}\right), \text{ при } H \leq 6 \text{ м,} \quad (\text{П5.7})$$

где h - высота рабочей зоны, м;

H - высота помещения, м.

Высота рабочей зоны определяется по формуле:

$$h = h_{пл} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta, \quad (\text{П5.8})$$

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

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

Следует иметь в виду, что наибольшей опасности при пожаре подвергаются люди, находящиеся на более высокой отметке. Поэтому при определении необходимого времени эвакуации следует ориентироваться на наиболее высоко расположенные в помещении участки возможного пребывания людей.

Параметры A и n определяются следующим образом:

для случая горения жидкости с установившейся скоростью:

$$A = \Psi_F \cdot F, \text{ при } n = 1; \quad (\text{П5.9})$$

для случая горения жидкости с неустановившейся скоростью:

$$A = \frac{0,67 \cdot \Psi_F \cdot F}{\sqrt{\tau_{ст}}}, \text{ при } n = 1,5; \quad (\text{П5.10})$$

для случая кругового распространения пламени по поверхности горючего вещества или материала:

$$A = 1,05 \cdot \Psi_F \cdot v^2, \text{ при } n = 3; \quad (\text{П5.11})$$

для вертикальной или горизонтальной поверхности горения в виде прямоугольника, одна из сторон которого увеличивается в двух направлениях за счет распространения пламени:

$$A = \Psi_F \cdot v \cdot b, \text{ при } n = 2, \quad (\text{П5.12})$$

где Ψ_F - удельная массовая скорость выгорания жидкости, кг/(м²·с);

v - линейная скорость распространения пламени, м/с;

b - перпендикулярный к направлению движения пламени размер зоны горения, м.

При отсутствии специальных требований значения α и E принимаются равными 0,3 и 50 лк соответственно, а $l_{\text{ПР}}$ равным 20 м.

При расположении людей на различных по высоте площадках критическую продолжительность пожара следует определять для каждой площадки.

II. Метод определения расчетного времени эвакуации

Расчетное время эвакуации людей t_p из помещений и зданий устанавливаются по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей непосредственно наружу или в безопасную зону.

При расчете весь путь движения людского потока подразделяют на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной l_i и шириной δ_i . Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т.п.

При определении расчетного времени длину и ширину каждого участка пути эвакуации для проектируемых зданий и сооружений принимают по проекту, а для существующих - по факту. Длину пути по лестничным маршам, а также по пандусам измеряют по длине марша. Длину пути в дверном проеме принимают равной нулю. Проем, расположенный в стене толщиной более 0,7 м, а также тамбур следует считать самостоятельными участками горизонтального пути, имеющими конечную длину l_i .

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

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i,$$

(П5.13)

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

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

Время движения людского потока по первому участку пути t_i , мин, определяется по формуле:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1},$$

(П5.14)

где l_1 - длина первого участка пути, м;

v_1 - скорость движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, м/мин (определяют по таблице П5.1 в зависимости от плотности D).

Плотность однородного людского потока на первом участке пути D_1 определяется по формуле:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1}, \quad (\text{П5.15})$$

где N_1 - число людей на первом участке, чел;

f - средняя площадь горизонтальной проекции человека, м^2 , принимаемая равной 0,125;

δ_1 - ширина первого участка пути, м.

Скорость v_1 движения людского потока на участках пути, следующих после первого, принимают по таблице 5.1 в зависимости от интенсивности движения людского потока по каждому из этих участков пути, которая определяется для всех участков пути, в том числе и для дверных проемов, по формуле:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (\text{П5.16})$$

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

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

Интенсивность движения людского потока на первом участке пути $q = q_{i-1}$ определяют по таблице П5.1 по значению D_1 , установленному по формуле (П5.15).

Таблица П5.1

Интенсивность и скорость движения людского потока при различной
на разных участках путей эвакуации в зависимости от плотности

Плотность потока D , $\text{м}^2/\text{мин}$	Горизонтальный путь		Дверной проем, интенсивность q , м/мин	Лестница вниз		Лестница вверх	
	Скорость v , м/мин	Интенсивность q , м/мин		Скорость v , м/мин	Интенсивность q , м/мин	Скорость v , м/мин	Интенсивность q , м/мин
0,01	100	1,0	1,0	100	1,0	60	0,6
0,05	100	5,0	5,0	100	5,0	60	3,0
0,10	80	8,0	8,7	95	9,5	53	5,3
0,20	60	12,0	13,4	68	13,6	40	8,0
0,30	47	14,1	16,5	52	15,6	32	9,6
0,40	40	16,0	18,4	40	16,0	26	10,4
0,50	33	16,5	19,6	31	15,6	22	11,0
0,60	28	16,3	19,05	24,5	14,1	18,5	10,75
0,70	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,80	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,90 и более	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Примечание: интенсивность движения в дверном проеме при плотности потока 0,9 и более, равная 8,5 м/мин, установлена для дверного проема шириной 1,6 м и более, а при дверном проеме меньшей ширины интенсивность движения следует определять по формуле $q_i = 2,5 + 3,75 \delta$.

Если значение q_i определяемое по формуле (П5.16), меньше или равно $q_{\max}$, то время движения по участку пути t_i , мин, равно:

$$t_i = \frac{l_i}{v_i}, \quad (\text{П5.17})$$

при этом значения q_{max} , м/мин, следует принимать равными:

16,5 - для горизонтальных путей;

19,6 - для дверных проемов;

16,0 - для лестницы вниз;

11,0 - для лестницы вверх.

Если значение q_i , определенное по формуле (П5.16), больше q_{max} то ширину δ_i данного участка пути следует увеличивать на такое значение, при котором соблюдается условие:

$$q_i \leq q_{max}. \quad (\text{П5.18})$$

При невозможности выполнения условия (П5.18) интенсивность и скорость движения людского потока по участку i определяют по таблице П5.1 при значении $D = 0,9$ и более. При этом следует учитывать время задержки движения людей из-за образовавшегося скопления.

Время задержки $t_{зад}$ движения на участке i из-за образовавшегося скопления людей на границе с последующим участком $(i+1)$ определяется по формуле:

$$t_{зад}^i = N \cdot f \cdot \left(\frac{1}{q_D \cdot \delta_{i+1}} - \frac{1}{q_i \cdot \delta_i} \right), \quad (\text{П5.19})$$

где N - количество людей, чел;

f - площадь горизонтальной проекции, м²;

q_D - интенсивность движения через участок $(i+1)$ при плотности 0,9 и более, м/мин;

δ_{i+1} - ширина участка, м, при вхождении на который образовалось скопление людей;

q_i - интенсивность движения на участке i , м/мин;

δ_i - ширина предшествующего участка i , м.

Время существования скопления $t_{СК}$ на участке i определяется по формуле:

$$t_{СК} = \frac{N \cdot f}{q_D \cdot b_{i+1}}. \quad (\text{П5.20})$$

Расчётное время эвакуации по участку i , в конце которого на границе с участком $(i+1)$ образовалось скопление людей равно времени существования скопления $t_{СК}$. Расчётное время эвакуации по участку i допускается определять по формуле:

$$t_{i_i} = \frac{l_{i_i}}{v_{i_i}} + t_{зад}. \quad (\text{П5.21})$$

При слиянии в начале участка i двух и более людских потоков (рис. П5.1.) интенсивность движения q_i , м/мин, определяется по формуле:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (\text{П5.22})$$

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

δ_{i-1} - ширина участков пути слияния, м;

δ_i - ширина рассматриваемого участка пути, м.

Если значение q_i определенное по формуле (П5.22), больше q_{max} то ширину δ_i , данного участка пути следует увеличивать на такое значение, чтобы соблюдалось условие (П5.18). В этом случае время движения по участку i определяется по формуле (П5.17).