Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа
Кафедра «Пожарная безопасность»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.Н. Минкин
подпись инициалы фамилия
«___» _____2016г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

20.05.01 «Пожарная безопасность»

Оценка пожарных рисков закрытого распределительного устройства ЗАО «Богучанский алюминиевый завод»

Научный руководитель	_____	_____	С.Н. Масаев
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		П.С. Сорокин
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	_____	В.Н. Масаев
	подпись,дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия

Консультанты:

Часть БЖД	_____	А.Н. Минкин
	подпись, дата	инициалы, фамилия
Экономическая часть	_____	С.Н. Масаев
	подпись, дата	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____	О.В. Помолотова
	подпись, дата	инициалы, фамилия

Красноярск 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
1 Теоретические основы расчетов по оценке пожарного риска 6
1.1 Понятие риска и его место в системе безопасности. Виды пожарных рисков и способы управления ими 6
1.2 Основные подходы к методике расчета по оценке пожарного риска 18
1.3 Основные подходы к комплексу инженерно-технических и организационных мероприятий к снижению пожарного риска в административных зданиях 22
2 Выявление пожарных рисков производственного объекта ЗРУ 220 кВ ЗАО «БоАЗ» 30
2.1 Общие сведения предприятия ЗАО «БоАЗ» 30
2.2 Особенности технологического процесса ЗРУ 220 кВ 32
2.3 Пожарная опасность производственного объекта ЗРУ 220 кВ 40
2.4 Неисправности и аварии маслонаполненных трансформаторов 42
2.5 Свойства трансформаторного масла 49
3 Оценка пожарного риска открытого трансформатора 56
3.1 Описание блока открытых трансформаторов 56
3.2 Перечень исходных данных и используемых справочных источников информации 56
3.3 Анализ пожарной опасности рассматриваемого объекта 58
3.4 Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций 59
3.5 Построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития 64
3.6 Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития 74
4 Безопасность жизнедеятельности 81
4.1 Общая характеристика объекта 81
4.2 Микроклимат, отопление и вентиляция воздуха в помещении 81

4.3 Уровень шума и вибрации в помещении 82
4.4 Рабочее место оператора 82
4.5 Расчет освещенности помещения 84
5 Экономическая часть 88
5.1 Оценка экономического ущерба 88
5.1.1 Расчет прямых потерь 89
5.1.2 Расчет затрат на ликвидацию пожара 90
5.2 Расчёт экономического ущерба 94
5.3 Расчет затрат на приобретение и монтаж автоматической системы пожаротушения 94
Заключение 97
Список использованных источников 98
ПРИЛОЖЕНИЕ А 101
ПРИЛОЖЕНИЕ Б 109
ПРИЛОЖЕНИЕ В 112

ВВЕДЕНИЕ

Человечество с самого начала своей истории, а также и в доисторическом периоде своего существования, постоянно сталкивалось с различными природными опасностями (землетрясениями, наводнениями, ураганами, грозами, лесными пожарами, агрессивными представителями животного мира и др.).

По мере интеллектуального развития человечества (овладения огнем, ремеслами, различными производственными технологиями и процессами, строительной практикой и пр.) появились новые виды опасностей и, прежде всего, и пожарная опасность, нередко обусловленная злым умыслом людей или неумелым обращением с огнем.

Новая и все расширяющаяся группа опасностей появилась в конце XVIII - начале XIX столетия, когда в мире началась первая промышленная революция.

Ее дальнейшее развитие, непосредственно связанное с убыстряющимся научно-техническим прогрессом человечества, интенсивным вовлечением в социально-экономические процессы все новых видов вещества, энергии и информации, одновременно способствовало появлению новых видов опасностей.

Постепенно многие виды опасностей приобретали все большие масштабы и формы распространения, охватывая весь мир, становясь в полном смысле слова глобальными, то есть общепланетарными, и угрожая существованию современной цивилизации.

Резко убыстряющееся развитие человечества поставило цивилизацию в конце XX - начале XXI веков перед исключительно важными общечеловеческими проблемами, от решения которых зависит будущее нашей планеты.

Поэтому, на данном этапе ее развития проблема обеспечения безопасности каждого человека, любой страны, всего мирового сообщества является наиболее насущной, важнейшей потребностью современности, ибо речь идет о

благополучном разрешении кризисной ситуации, об обеспечении выживания цивилизации и создании условий для ее дальнейшего и устойчивого развития.

Все вышесказанное определило актуальность и выбор темы - «Оценка пожарных рисков закрытого распределительного устройства ЗАО «Богучанский Алюминиевый завод».

Объект исследования: деятельность ЗРУ 220 кВ ЗАО «БоАЗ» в области пожарной безопасности.

Предмет исследования: пожарные риски ЗРУ 220 кВ ЗАО «БоАЗ».

Цель исследования: разработка мероприятий по снижению пожарных рисков ЗРУ 220 кВ ЗАО «БоАЗ» на основе их анализа и оценки.

Задачи исследования:

1) Изучить теоретические основы расчетов по оценке пожарного риска, выявить его сущность и место в системе безопасности.

2) Дать характеристику объекта ЗРУ 220 кВ ЗАО «БоАЗ» и оценить мероприятия объекта защиты по пожарной безопасности.

3) Провести анализ и оценку пожарного риска на объекте защиты ЗРУ 220 кВ ЗАО «БоАЗ».

4) Разработать мероприятия по обеспечению снижения пожарных рисков ЗРУ 220 кВ ЗАО «БоАЗ».

1 Теоретические основы расчетов по оценке пожарного риска

1.1 Понятие риска и его место в системе безопасности. Виды пожарных рисков и способы управления ими

Для обеспечения безопасности объекта защиты нужно уметь противостоять угрожающим ему опасностям. Так при анализе проблемы безопасности выявляются два основных понятия: опасность и безопасность. К этим двум понятиям необходимо добавить еще одно понятие - «риск», вокруг которого в последние десятилетия среди специалистов ведется оживленная полемика. Это понятие связывает два первых понятия и возникает основная триада понятий теории риска и безопасности: «Опасность – риск – безопасность».

В специальной литературе, посвященной проблемам безопасности, понятие «опасность», как правило, вообще не определяется, считается как бы первичным, интуитивно понятным, и употребляется чаще всего наряду с понятиями «угроза» и «вызов» [30]. Только в понятийно-терминологическом словаре «Гражданская защита», изданном МЧС России в 2001 году, дается определение этого понятия: «Опасность, возможность нанесения вреда, имущественного (материального), физического или морального (духовного) ущерба личности, обществу, государству. Опасность – одно из основных понятий национальной безопасности наряду с вызовом, риском и угрозой, занимающее в их иерархии место между риском и угрозой [23].

Другое определение понятия «опасность» приведено в учебном пособии Акимова В.А. «Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах»:

«Опасность – это свойство окружающей человека среды, состоящее в возможности... создания негативных воздействий, способных привести к негативным последствиям для... человека и (или) окружающей его среды» [15].

Единая точка зрения у всех специалистов существует по поводу понятия «безопасность». Например, в словаре «Гражданская защита»: «Безопасность,

состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз. Безопасность является важнейшей потребностью человека наряду с его потребностью в пище, воде, одежде, жилище, информации. Эта общенаучная категория выступает интегральной формой выражения жизнеспособности и жизнестойкости различных объектов конкретного мира во внутренней и внешней политике, обороне, экономике, экологии, социальной политике, здоровья народа, информатике, технологии и т.п.» [23].

Таким образом, безопасность – состояние защищенности любого объекта от любых опасностей. С этим согласны все специалисты, это пишут во всех декларациях, законах, нормативных актах и пр., хотя совершенно неясно как трактовать это «состояние защищенности» в реальной жизни.

Но больше всего вопросов и споров вызывает понятие «риск». В словаре «Гражданская защита» следующие определения понятия «риск» и его производных:

– Риск - возможная опасность какой-либо неудачи, возникшая в связи с предпринимаемыми действиями, а также сами действия, при которых достижение желаемого результата связано с такой опасностью;

– Риск индивидуальный - вероятность или частота возникновения поражающих воздействий определенного вида, возникающих при реализации определенных опасностей;

– Риск приемлемый - уровень риска, оправданный с точки зрения экономических, социальных и экологических факторов;

– Риск природный - ожидаемый социально-экономический ущерб от возможного проявления опасного природного процесса или явления.

В Федеральном Законе РФ «О техническом регулировании» говорится: «Риск вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда» [1].

В учебном пособии Акимова В.А. «Основы анализа и управления риском» говорится: «Риск чрезвычайных ситуаций (ЧС) – количественная мера опасности, равная произведению числа (или вероятности) чрезвычайных ситуаций за год на ожидаемые последствия ЧС» [15].

В работе О.М. Ковалевича дается такое определение: «Риск – потенциальная опасность реализации техногенных или природных событий с последствиями в виде нанесения вреда здоровью населения или в виде материального ущерба третьим лицам» [26].

В.А. Акимов и Б.Н. Порфирьев считают, что «Степень опасности угроз и уязвимости... отражает уровень риска для социально-экономической системы и ее составляющих. Именно категория риска, под которым понимается прежде всего мера возможной опасности и последствий ее реализации, выраженная в количественной форме..., интегрирует оба понятия – опасность и уязвимость – в единое целое». По их мнению, «в рамках рационалистического подхода… риск рассматривается как возможность (вероятность) наступления опасного или неблагоприятного события и/или количественной меры такого события (ущерба). При этом сам риск исчисляется путем перемножения вероятности упомянутого события на ущерб…» [15].

Итак, можно сделать вывод, что: опасность – это, во-первых, возможность (или способность) нанесения вреда любому объекту защиты и, во- вторых, это свойство окружающей среды; безопасность – это состояние защищенности объекта защиты от любых видов опасностей; 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.

Поскольку слово «риск» практически всегда ассоциируется с возможностями каких-то потерь, утрат (имущества, финансов, здоровья, жизни, репутации и др.) в результате реализации опасности, то в большинстве случаев

размеры этих потерь поддаются количественной оценке, могут быть измерены в каких-то единицах, хотя в ряде ситуаций это сделать невозможно [19].

Риски можно разделить на «качественные», которые нельзя измерить, и «количественные», которые измерить можно. 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 управлять опасностью, угрожающей какому- либо объекту защиты (системе), ослаблять ее негативное воздействие [33].

Невозможно все риски, связанные с тем или иным объектом защиты, свести к нулю. Риск только можно попытаться уменьшить до такого уровня, с которым общество 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, можно 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 [32]. Таким образом, безопасность – состояние объекта защиты (системы), при котором значения всех рисков, присущих этому объекту, не превышают их допустимых уровней. Схематично алгоритм обеспечения безопасности представлен на рисунке 1.1.

Рисунок 1.1 - Алгоритм обеспечения безопасности объекта

При анализе проблемы пожарной безопасности выявляются три основных понятия: пожарная опасность, пожарные риски и пожарная безопасность. Впервые определения пожарной опасности и пожарных рисков были введены Н.Н. Брушлинским в 1999 г.:

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

– Пожарный риск – количественная характеристика возможности реализации пожарной опасности (и ее последствий), измеряемая, как правило, в соответствующих единицах [19].

В Федеральном законе от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» в статье 2 дано следующее определение:

– Пожарный риск - мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей;

– Пожарная безопасность – состояние объекта противопожарной защиты, при котором значения всех пожарных рисков не превышают их допустимых уровней» [1].

У каждой опасности существует много рисков, характеризующих отдельные аспекты этой опасности. Точно также существует множество пожарных рисков. К основным пожарным рискам Н.Н. Брушлинский относит следующие:

1) риск R_1 для человека столкнуться с пожаром (его опасными факторами) за единицу времени. В настоящее время удобно этот риск измерять в единицах: $\left[\frac{\text{пожар}}{10^3\text{чел}\cdot\text{год}}\right]$.

2) риск R_2 для человека погибнуть при пожаре (оказаться его жертвой). Здесь единица измерения имеет вид: $\left[\frac{\text{жертва}}{10^2\text{пожаров}}\right]$.

3) риск R_3 для человека погибнуть от пожара за единицу времени: $\left[\frac{\text{жертва}}{10^5\text{чел}\cdot\text{год}}\right]$.

Очевидно, что эти риски связаны соотношением: $R_3 = R_1 \cdot R_2$, где 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, Н.Н. Брушлинский предлагает использовать, следующие риски:

1) риск R_4 уничтожения строений в результате пожара: $\left[\frac{\text{уничт.строения}}{\text{пожар}}\right]$.

2) риск R_5 прямого материального ущерба от пожара: $\left[\frac{\text{денежная единица}}{\text{пожар}}\right]$.

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.

В Федеральном законе от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» перечислены следующие виды рисков: *допустимый пожарный риск* - пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий; *индивидуальный пожарный риск* - пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара; *социальный пожарный риск* - степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара [1].

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 [33]. Во многих случаях пожарные риски можно оценивать статистическими или вероятностными методами.

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. Для выработки долгосрочной стратегии управления пожарными рисками (а, значит, пожарной опасностью) прежде

всего, необходимо выяснить, где и по каким причинам возникают пожары и где при

Распределение пожаров по видам объектов представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Распределение пожаров в России по видам объектов пожаров в 2011-2015 годах

Объекты пожаров	Число пожаров, %	Число погибших в пожарах,%	Прямой материальный ущерб, %
Здания жилого сектора	72,8	90,3	58,2
Здания производственного назначения	4,8	3,2	6,8
Здания торговых предприятий	3,1	0,4	10,8
Здания сельскохозяйственного назначения	1,2	0,3	3,4
Неэксплуатируемые здания	1,3	0,3	0,3
Здания административно-общественные	1,1	0,3	2,0
Здания образовательных учреждений	0,5	0,1	0,8
Строящиеся здания	0,5	0,3	0,7
Здания лечебно-профилактических учреждений	0,3	0,3	0,4
Здания культурно-зрелищных учреждений	0,3	0,1	1,9
Здания детских учреждений	0,3	0,0	0,2
Сооружения, установки	0,6	0,3	0,7
Транспортные средства	7,4	1,1	11,5
Места открытого хранения материалов	3,5	0,4	1,7
Прочие	2,3	2,6	0,6
Итого	100,0	100,0	100,0

Здесь нужно отметить, что действующие в нашей стране правила учета пожаров не учитывают пожары мусора, свалок, кустов, травы.

Лесные пожары входят в отдельную статистику и в общую сводку пожаров не попадают.

Существует разбиение всех причин пожаров на три основные группы: природные, техногенные и социальные. К природным причинам пожаров относятся энергия Солнца, удары молнии, самовозгорание и т.п.

К техногенным причинам относятся неисправности в электросетях, электроприборах, системах отопления, других инженерных сетях и приборах, которые повлекли за собой возникновение пожара и его последствий.

К социальным причинам пожаров относятся поджоги, небрежность при курении, обращении с открытым пламенем, детские игры с источниками воспламенения, нарушение правил пожарной безопасности в быту и на производстве и др., где виновником пожара является человек.

Распределение возникновения пожаров по факторам представлено на гистограмме 1.1.

Гистограмма 1.1 - Распределение возникновения пожаров по факторам

Даже среди техногенных причин пожаров достаточно велико влияние "человеческого фактора", так как именно люди допускают небрежность или неграмотность при монтаже, установке и эксплуатации различных приборов и инженерных систем [33].

Распределение гибели людей по факторам пожаров представлено на гистограмме 1.2.

Гистограмма 1.2 - Распределение гибели людей по факторам пожаров

Распределение ущерба по факторам пожаров представлено на гистограмме 1.3.

Гистограмма 1.3 - Распределение материального ущерба по факторам

Таким образом, все основные пожарные риски зависят, прежде всего, от природных, техногенных и социальных факторов. Управление пожарными рисками означает, что воздействуя на указанные факторы, необходимо понизить

значения рисков до приемлемых. Зависимость пожарных рисков от времени позволяет прослеживать их динамику, обусловленную, в частности, управлением этими рисками (то есть оценивать эффективность управления рисками). Все известные меры, способы и методы обеспечения пожарной безопасности являются средствами управления пожарными рисками, все достижения науки о пожаре, все пожарно-технические разработки посвящены этому. В XIX вв. и ранее люди нередко страдали от пожаров, вызванных ударами молний или самовозгоранием веществ и материалов. Риск возникновения таких пожаров был достаточно большим. Однако после того как были созданы методы и системы молниезащиты, исследованы физические и химические аспекты процессов, приводящих к самовозгоранию веществ и материалов, и выданы соответствующие рекомендации по предотвращению возникновения и развития этих процессов, число подобных пожаров стало заметно уменьшаться. Это и означает, что риски пожаров от ударов молний или самовозгорания уменьшились.

Велико количество пожаров, возникших по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования разных типов. Хотя эти пожары возникли в технических системах и устройствах, но создавали, монтировали и эксплуатировали их люди. Поэтому правильнее причины таких пожаров относить к социотехногенному фактору. Риски возникновения и развития «электропожаров», безусловно, поддаются управлению. Целый комплекс методов и устройств, включая специальные системы защиты от коротких замыканий (пожары от которых составляют значительную часть всех «электропожаров»), смогут существенно снизить значения пожарных рисков для всей этой группы пожаров. То же самое можно сказать про все другие пожары, причины возникновения которых относятся к техногенному (точнее говоря, социотехногенному фактору). Все риски таких пожаров будут существенно уменьшены в XXI веке благодаря научно-техническим достижениям цивилизации.

Значительно сложнее обстоят дела с управлением пожарными рисками, обусловленными социальным фактором, т.к. главным источником пожарной опасности на Земле является человек. Наиболее ярким примером здесь, пожалуй, являются (кроме пожаров, вызванных неосторожным обращением с огнем) пожары, связанные с умышленными поджогами. В России такие пожары составляют 7-8 % от всех пожаров (включая пожары, где поджог подозревается, но не был доказан), а в Великобритании, Новой Зеландии, США подобные пожары составляют 25-30 % от общего числа пожаров. Сюда не входят лесные пожары, которые из-за ударов молний возникают только в 1-2 % всех случаев, а практически во всех остальных случаях происходят по вине человека, причем поджоги все чаще становятся причиной крупных лесных пожаров [33].

Что же касается огромного числа пожаров, вызванных так называемым неосторожным обращением с огнем, то они происходят не только по причине небрежного, легкомысленного, безграмотного отношения людей к источникам воспламенения, горючим веществам и материалам, но и связаны с курением, алкоголизмом, наркотиками и пр. Управлять подобными пожарными рисками чрезвычайно сложно. Здесь нужна целенаправленная деятельность широких слоев общественности, педагогов, психологов, физиологов, социологов, работников средств массовой информации и др., призванная сформировать у людей новую культуру безопасной жизни на планете (включая вопросы пожарной безопасности).

Существует много различных способов и средств управления пожарными рисками: строительные противопожарные нормы и правила, системы пожарной автоматики, средства пожарной техники, пожарно-техническое вооружение и др.) [39].

1.2 Основные подходы к методике расчета по оценке пожарного риска

Постановлением Правительства Российской Федерации от 31 марта 2009 г. № 272 "О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска" утверждены "Правила проведения расчетов по оценке пожарного риска" [2].

Согласно указанным правилам расчеты по оценке пожарного риска проводятся путем сопоставления расчетных величин пожарного риска с соответствующими нормативными значениями пожарных рисков, установленными ФЗ №123-ФЗ.

При проведении расчета по оценке социального пожарного риска учитывается степень опасности для группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара, ведущих к гибели 10 человек и более.

Определение расчетных величин пожарного риска проводится по методикам, утверждаемым МЧС России [28, 29].

В Постановлении приведены требования к порядку определения расчетных величин пожарного риска, а также к оформлению отчета.

В настоящее время утверждены приказами МЧС:

"Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности" (приказ МЧС от 30.06.2009 г №382, зарегистрировано в Минюсте от 06.08.2009 г №14486);

"Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах" (приказ МЧС от 10.07.2009 г №404, зарегистрировано в Минюсте от 17.08.2009 г №14541).

Документ "Методика определения расчетных величин пожарного риска для производственных объектов" разработан на основе:

ГОСТ 12.1 004-91 "Пожарная безопасность. Общие требования";

ГОСТ Р 12.3 047-98 "Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля";

"Руководства по оценке пожарного риска для промышленных предприятий";

РД 03-418-01 "Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов";

РД 03-409-01 "Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей";

международных руководств по оценке пожарного риска.

В общих чертах алгоритм обеспечения пожарной безопасности любого объекта защиты можно сформулировать в виде схемы, представленной на рисунке 1.2.

Рисунок 1.2 - Алгоритм управления пожарной безопасностью объекта защиты

Из рисунка 1.2 следует, что проводя анализ пожарной опасности объекта защиты, нужно сначала определить и проанализировать все пожарные риски, присущие данному объекту, затем оценить их текущие значения, определить допустимые значения для всех пожарных рисков.

После этого нужно подобрать или разработать методы и технологии управления каждым риском, использовать их и тем самым обеспечить пожарную безопасность объекта защиты.

Эта общая схема может быть детализирована в каждом своем этапе. Например, для определения пожарных рисков специалисты предлагают использовать метод построения "дерева событий" [42].

Согласно статье 94 ФЗ 123-ФЗ [1] и Правилам проведения расчетов по оценке пожарного риска [4] оценка пожарного риска включает следующие этапы:

1) анализ пожарной опасности производственного объекта;

2) определение частоты реализации пожароопасных ситуаций;

3) построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;

4) оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития

5) анализ систем обеспечения пожарной безопасности.

При оценке пожарного риска допускается использовать методы оценки времени блокирования эвакуационных путей и расчетного времени эвакуации, изложенные в методиках определения расчетных величины пожарного риска, утвержденных в установленном порядке.

Расчет пожарных рисков для общественных, административных и жилых зданий производится в соответствии с Методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности", утвержденной приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009 (регистрационный № 14486 от 06 августа 2009 г. в Минюсте РФ);

Расчет пожарных рисков для производственных объектов производится в соответствии с Методикой определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах", утвержденной приказом МЧС России № 404 от 10.07.2009 (регистрационный № 14541 от 17.08.2009 г. в Минюсте РФ).

Индивидуальный пожарный риск в зданиях, сооружениях и строениях не должен превышать значение одной миллионной в год при размещении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания, сооружения и строения точке. (ФЗ №123 от 22.07.2008 г., ст.79).

Величина индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях, строениях и на территориях производственных объектов не должна превышать одну миллионную в год. (ФЗ №123 от 22.07.2008 г. , ст.93)

Для производственных объектов, на которых обеспечение величины индивидуального пожарного риска одной миллионной в год невозможно в связи со спецификой функционирования технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до одной десятитысячной в год. При этом должны быть предусмотрены меры по обучению персонала действиям при пожаре и по социальной защите работников, компенсирующие их работу в условиях повышенного риска. (ФЗ №123 от 22.07.2008 г., ст.93)

Величина индивидуального пожарного риска в результате воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, не должна превышать одну стомиллионную в год. (ФЗ №123 от 22.07.2008 г., ст.93)

Величина социального пожарного риска воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, не должна превышать одну десятимиллионную в год. (ФЗ №123 от 22.07.2008 г., ст.93).

1.3 Основные подходы к комплексу инженерно-технических и организационных мероприятий к снижению пожарного риска в административных зданиях

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 (по ГОСТ 12.1 033-81).

Пожарно-профилактические мероприятия направлены на обеспечение пожарной безопасности.

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

Требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей с помощью указанных систем должен быть не менее 0,999999 предотвращения воздействия опасных факторов в год в расчете на каждого человека, а допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более 10-6 воздействия опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека.

Правила пожарной безопасности - комплекс положений, устанавливающих порядок соблюдения требований и норм пожарной безопасности при строительстве и эксплуатации объекта (по ГОСТ 12.1 033-81).

Система предотвращения пожара - комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключение условий возникновения пожара (по ГОСТ 12.1 033-81).

Система противопожарной защиты - совокупность организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничение материального ущерба от него (по ГОСТ 12.1 033-81).

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

Прогнозирование опасных факторов необходимо для оценки своевременности эвакуации и разработке мероприятий по ее совершенствованию, при создании и совершенствовании систем сигнализации, оповещения и тушения пожаров, при разработке планов пожаротушения (планирования боевых действий пожарных подразделений при пожаре), для оценки фактических пределов огнестойкости, проведении пожарно-технических экспертиз и других целей.

В развитии пожара в помещении обычно выделяют три стадии:

– начальная стадия - от возникновения локального неконтролируемого очага горения до полного охвата помещения пламенем; при этом средняя температура среды в помещении имеет не высокие значения, но внутри и вокруг зоны горения температура такова, что скорость тепловыделения выше скорости отвода тепла из зоны горения, что обуславливает само ускорение процесса горения;

– стадия полного развития пожара - горят все горючие вещества и материалы, находящиеся в помещении; интенсивность тепловыделения от горящих объектов достигает максимума, что приводит и к быстрому нарастанию температуры среды помещения до максимальных значений;

– стадия затухания пожара - интенсивность процесса горения в помещении снижается из-за расходования находящейся в нём массы горючих материалов или воздействия средств тушения пожара.

Однако в любом случае, как показывает уравнение "стандартного пожара", температура в очаге пожара через 1,125 мин достигает значения 365^{o}C. Поэтому

очевидно, что возможное время эвакуации людей из помещений не может превосходить продолжительности начальной стадии пожара.

В начальной стадии развития пожара опасными для человека факторами являются: пламя, высокая температура, интенсивность теплового излучения, токсичные продукты горения, дым, снижение содержания кислорода в воздухе, поскольку при достижении определённых уровней они поражают его организм, особенно при синергическом воздействии.

Исследованиями отечественных и зарубежных учёных установлено, что максимальная температура, кратковременно переносимая человеком в сухой атмосфере, составляет 149°С, во влажной атмосфере вторую степень ожога вызывало воздействие температуры 55°С в течение 20с и 70°С при воздействии в течение 1с; а плотность лучистых тепловых потоков 3500 вт/м2 вызывает практически мгновенно ожоги дыхательных путей и открытых участков кожи; концентрации токсичных веществ в воздухе приводят к летальному исходу:

- окиси углерода (CO) в 1,0% за 2-3 мин,
- двуокиси углерода (CO_2) в 5% за 5 мин.,
- цианистого водорода (HCn) в 0,005% практически мгновенно.

При концентрации хлористого водорода (HCl) 0,01-0,015% останавливается дыхание, а при снижении концентрации кислорода в воздухе с 23% до 16% ухудшаются двигательные функции организма, и мускульная координация нарушается до такой степени, что самостоятельное движение людей становится невозможным, а снижение концентрации кислорода до 9% приводит к смерти через 5 минут [41].

Совместное действие некоторых факторов усиливает их воздействие на организм человека (синергический эффект). Так токсичность окиси углерода увеличивается при наличии дыма, влажности среды, снижении концентрации кислорода и повышении температуры.

Синергетический эффект обнаруживается и при совместном действии двуокиси азота и понижении концентрации кислорода при повышенной

температуре, а также при совместном воздействии цианистого водорода и окиси углерода.

Особое воздействие на людей оказывает дым. Дым представляет собой смесь несгоревших частиц углерода с размерами частиц от 0,05 до 5,0 мкм. На этих частицах конденсируются токсичные газы. Поэтому воздействие дыма на человека также имеет, по-видимому, синергический эффект [6,7].

Вырываясь из помещения, опасные факторы пожара, прежде всего дым, стремительно распространяются по коммуникационным путям здания.

Для прогнозирования опасных факторов пожара в настоящее время используются интегральные (прогноз средних значений параметров состояния среды в помещении для любого момента развития пожара), зонные (прогноз размеров характерных пространственных зон, возникающих при пожаре в помещении и средних значений параметров состояния среды в этих зонах для любого момента развития пожара.

Примеры зон - припотолочная область, восходящий на очагом горения поток нагретых газов и область незадымленной холодной зоны) и полевые (дифференциальные) модели пожара (прогноз пространственно-временного распределения температур и скоростей газовой среды в помещении, концентраций компонентов среды, давлений и плотностей в любой точке помещения).

Для проведения расчетов, необходимо проанализировать следующие данные:

– объемно-планировочных решений объекта;

– теплофизических характеристик ограждающих конструкций и размещенного на объекте оборудования;

– вида, количества и расположения горючих материалов;

– количества и вероятного расположения людей в здании;

– материальной и социальной значимости объекта;

– систем обнаружения и тушения пожара, противодымной защиты и огнезащиты, системы обеспечения безопасности люде [45].

При этом учитывается:

– вероятность возникновения пожара;

– возможная динамика развития пожара;

– наличие и характеристики систем противопожарной защиты (СППЗ);

– вероятность и возможные последствия воздействия пожара на людей, конструкцию здания и материальные ценности;

– соответствие объекта и его СППЗ требованиям противопожарных норм.

Комплексная система противопожарной защиты зданий и сооружений представлена на рисунке 1.3.

Рисунок 1.3 - Комплексная система противопожарной защиты зданий и сооружений.

При разработке профилактических мероприятий предварительно изучается противопожарное состояние объекта.

Система предотвращения пожара включает в себя:

– предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;

– исключение или ограничение доступа окислителя;

– подсистему контроля газовой среды;

– подсистема молниезащиты зданий и сооружений.

Система пассивной противопожарной защиты включает в себя:

– противопожарные технические решения по генеральному плану;

– определение требуемой степени огнестойкости;

– противопожарные объемно-планировочные решения;

– технические решения по противопожарным преградам;

– противопожарные технические решения по противовзрывной защите;

– комплексную противодымную защиту;

– противопожарные технические решения по огнезащите;

– конструктивные и планировочные решения эвакуационных путей и выходов;

– технические решения по наружному водоснабжению для целей пожаротушения;

– противопожарные технические решения по энергоснабжению.

Система активной противопожарной защиты включает в себя:

– подсистему автоматического обнаружения и извещения о пожаре;

– подсистему телевизионного наблюдения;

– подсистему оповещения и управления эвакуацией;

– подсистему телефонной и радиосвязи аварийно-спасательных служб;

– подсистему управления комплексной противодымной защитой;

– подсистему водяного пожаротушения;

– подсистему пенного пожаротушения;

– подсистему автоматического газового пожаротушения технических помещений;

– подсистему автоматического порошкового пожаротушения;

– подсистему аэрозольного пожаротушения;

– роботизированные установки пожаротушения.

Система организационно-технических мероприятий включает в себя:

– подраздел проекта организации строительства и производства работ;

– программное обеспечение автоматизации подсистем активной противопожарной защиты;

– инструкции по эксплуатации подсистем активной противопожарной защиты;

– регламенты тестирования и сервисного обслуживания подсистем активной противопожарной защиты;

– приточную вентиляцию;

– вытяжную вентиляцию;

– инженерные системы жизнеобеспечения, влияющие на развитие, локализацию, ликвидацию пожара;

– инструкции о мерах пожарной безопасности и поведения персонала;

– создание пожарно-технических комиссий и добровольных дружин;

– распорядительные документы о пожарной безопасности.

Система ликвидации ЧС и пожара оперативными подразделениями включает в себя:

– оперативный план пожаротушения;

– план спасения людей;

– технические решения и средства обеспечения спасения людей;

– технические решения для обеспечения успешного тушения;

– взаимодействие оперативных подразделений ГПС с другими аварийными и оперативными службами согласно оперативного плана пожаротушения (электронный учебник) [45].

Безусловно, разработка технических условий корреспондируется с принимаемыми техническими регламентами в области пожарной безопасности в свете Закона о техническом регулировании, приоритет в которых - защита интересов личности от пожаров и его опасных факторов. Имущественные интересы должны защищаться с использованием механизмов страхования, как это и происходит в развитых зарубежных странах, где противопожарные требования по применению тех или иных конструкций и материалов регулируются не только государственными нормативными документами, которые направлены в первую очередь за защиту людей от пожара, но также и страховыми компаниями, деятельность которых направлена на обеспечение пожарной безопасности зданий и сохранение материальных ценностей. Поэтому нормы этих стран больше уделяют внимания формированию дифференциальной пожарной классификации зданий, конструкций и материалов, а область их применения ограничивается с целью обеспечения безопасности людей при

пожаре. Такое положение создает возможность применения сгораемых, в том числе полимерных материалов и конструкций из них на основе так называемого "пожарного риска", смысл которого заключается в следующем. Применение легких конструкций из сгораемых материалов увеличивает эффективность первоначальных капитальных вложений, так как сокращает сроки и стоимость строительства, а в случае пожара компенсация, выплачиваемая компаниями, меньше, чем нанесенный ущерб.

2 Выявление пожарных рисков производственного объекта ЗРУ 220 кВ ЗАО «БоАЗ»

2.1 Общие сведения предприятия ЗАО «БоАЗ»

Богучанский алюминиевый завод - одно из самых современных и крупнейших металлургических предприятий в России. Строительство завода идет в самом центре страны - в Красноярском крае (Богучанский район) на территории более 2,3 км^2 (231 га). Первая очередь производства на Богучанском алюминиевом заводе была запущена в эксплуатацию в 2016 году.

Завод является частью Богучанского энерго-металлургического объединения (БЭМО) - уникального совместного проекта компаний РУСАЛ и «РусГидро». В БЭМО, помимо Богучанского алюминиевого завода, также входит Богучанская гидроэлектростанция (БоГЭС) - вместе они образуют мощнейший производственный комплекс, в рамках которого высокоэнергоемкое производство алюминия на заводе будет обеспечено собственной электроэнергией, а ГЭС получит гарантированного крупнейшего потребителя.

Производство на Богучанском алюминиевом заводе будет отвечать самым современным международным экологическим требованиям в области производства алюминия и сертифицировано на соответствие международному стандарту системы экологического менеджмента ISO 14001. Проект строительства Богучанского алюминиевого завода был разработан с учетом политики компании РУСАЛ в области охраны окружающей среды, здоровья и безопасности человека, которая основана на комплексном подходе к проблеме сокращения выбросов, охватывающем всю технологическую цепочку производства алюминия.

По проектной мощности производства Богучанский алюминиевый завод занимает третье место в России после Красноярского и Братского алюминиевых заводов - БоАЗ способен выпускать почти 600 тысяч тонн алюминия в год. Его производственный комплекс состоит из двух серий производительностью 296 тыс. тонн каждая.

Производство алюминия на Богучанском алюминиевом заводе будет основано на самой распространенной в мире технологии электролиза с использованием предварительно обожженных анодов. В производственных цехах завода после завершения строительства будет установлено 672 электролизера марки РА-300Б, производительностью 2,4 т алюминия в сутки каждый.

На предприятии после выхода на полную мощность будет работает почти 3500 человек, более половины из которых будет занято на основном производстве завода.

Для транспортного обслуживания Богучанского алюминиевого завода на железнодорожной ветке Карабула-Решеты построена станция «Пихтовая», которая соединит ж/д-пути общего пользования с путями БоАЗа. На первом этапе пропускная способность станции «Пихтовая» составит 1 миллион тонн груза в год, затем будет увеличена до 2,1-2,2 миллиона тонн в год (260 вагонов в сутки).

Основным рынком сбыта завода является Азия, где сегодня сосредоточено около 50% мирового спроса на алюминий.

Объекты основного производства на Богучанском алюминиевом заводе

- 4 корпуса электролиза
- 4 газоочистные установки
- Литейный цех
- Производство обожженных анодов
- Склад глинозёма
- Склад фторсолей и пускового сырья

Объекты энергетического хозяйства

- Закрытое распределительное устройство 220 кВ
- Кремневые преобразовательные подстанции
- Главная понизительная подстанция
- Система распределения
- ВЛ 220 кВ от ПС «Ангара»

– Компрессорная станция

– Электрокотельные

Объекты подсобного и обслуживающего назначения

– Ремонтное производство

– Складское хозяйство

– Центральный АБК

– Гараж

– Пожарное депо

– Полигон твердых бытовых отходов

Объекты водоснабжения и канализации

– Скважинный водозабор

– Очистные сооружения

– Пруды-аккумуляторы

– Узлы водооборота № 1 и № 2

Производственный комплекс завода включает электролизный, литейный и анодный цеха, а также объекты электроснабжения и инфраструктуры. Он состоит из двух серий производительностью около 296 тыс. тонн алюминия в год каждая. Каждая серия включает в себя два производственных корпуса.

Также предусмотрены четыре газоочистки, использование замкнутой системы очистки воды, которая впервые в России используется на алюминиевом производстве. На заводе установлено оборудование ведущих мировых производителей из Канады, Франции, Австралии и Германии.

Рассмотрев производственные объекты предприятия ЗАО «БоАЗ», было решено произвести оценку пожарных рисков объекта ЗРУ 220 кВ, который обеспечивает электроснабжение всего завода.

2.2 Особенности технологического процесса ЗРУ 220 кВ

Распределительная установка – это электрическое устройство, предназначенное для приема и последующего распределения электрической

энергии. В зависимости от конкретных потребностей и состояния окружающей среды используются распределительные устройства закрытого и открытого типа.

Закрытое распределительное устройство (ЗРУ) предназначено для приема и распределения электрической энергии трехфазного тока промышленной частоты 50 Гц на напряжение 110-220кВ.

Конструктивные особенности и преимущества ЗРУ:

– ЗРУ 110-220 кВ - это уникальное техническое решение для северных районов России, а также для районов с высокой степенью загрязнения атмосферы. Оборудование размещается в быстровозводимом здании-укрытии, что позволяет производить оперативные переключения при любых температурных условиях (- 60° С и ниже);

– здание отличается легкостью, высокой степенью теплоизоляции и простотой монтажа;

– средний срок службы здания - укрытия до 50 лет;

– ЗРУ обеспечивает возможность обслуживания и замены высоковольтного оборудования, не прибегая к дополнительным техническим средствам (внутри здания установлен мостовой электрический кран);

– эксплуатационные работы можно вести в течение всего года;

– есть возможность заезда автотранспорта внутрь здания;

– каждая секция линий находится в отдельном здании, что повышает локализационную стойкость оборудования.

Область применения ЗРУ:

– нефтяные и газовые месторождения;

– электростанции;

– промышленные потребители;

– коммунальные потребители;

– крупные строительства;

– сельскохозяйственные районы.

При номинальном напряжении 6-35 кВ масса и габариты аппаратов, используемых для распределения электроэнергии между потребителями, относительно невелики. Это позволяет изготовлять распределительные устройства (РУ) или отдельные их элементы (ячейки) полностью в заводских условиях. Распределительные устройства, изготовляемые укомплектованными блоками для монтажа на месте эксплуатации, называют комплектными распределительными устройствами (КРУ).

Принятая классификация КРУ предусматривает разделение их на устройства внутренней и наружной установки, а также по ряду других признаков, в том числе по климатическим условиям работы, по конструктивному исполнению, типу коммутационного аппарата, условиям обслуживания.

Состав ячеек КРУ может быть различным. В зависимости от главного элемента различают ячейки с выключателями, с трансформаторами напряжения, с кабельными или воздушными вводами и т. д. Число вариантов исполнения каждого из упомянутых типов ячеек может достигать 8-10. Например, ячейки с высоковольтным выключателем могут различаться типом выключателя, наличием или отсутствием трансформаторов тока, заземляющего разъединителя, кабельной разделки, направлением вывода нагрузки и т. д. Так, отечественные КРУ серии КРУ-2-10 класса напряжения 10 кВ имеют 21 вариант схем ячейки с выключателем. Все возможные схемы исполнения ячеек КРУ этого типа приводятся в соответствующих технических описаниях и справочниках в виде так называемых сеток схем.

Рассмотрим основные черты конструкции одного из наиболее совершенных отечественных КРУ типа КЭ-10, выпускаемого Ровенским заводом высоковольтной аппаратуры (РЗВА). КРУ типа КЭ-10 предназначены для работы на подстанциях общепромышленного назначения, а также при частых коммутационных операциях. Сетка схем главных цепей КРУ КЭ-10 включает в себя 48 вариантов схем. Шкафы КРУ подразделяются на шкафы с выключателями, разъединителями, предохранителями силовыми, трансформаторами напряжения, трансформаторами собственных нужд,

разрядниками, а также на шкафы глухих вводов и кабельных сборок (всего 27 типоисполнений). Как и все отечественные КРУ внутренней установки классов напряжения 6-10 кВ, они предназначены для работы с одинарной системой сборных шин.

Сведения о ячейках КЭ-10 двух вариантов исполнения на номинальные токи отключения 20 и 31,5 кА, с электродинамической стойкостью 52 и 81 кА соответственно. Ячейки КЭ-10 обладают наименьшей среди отечественных КРУ шириной (750 мм) и имеют твердое изоляционное покрытие всех токоведущих элементов высокого напряжения.

Все элементы ячейки размещены внутри металлического шкафа, состоящего из каркаса, выдвижного элемента и релейного шкафа. Каркас, представляющий собой покрытый металлическими листами сборный корпус, разделен стальными перегородками толщиной 2 мм на отсеки, в том числе отсек сборных шин, отсек выдвижного элемента, отсек отпаек сборных шин и отсек линейных шин. Это позволяет локализовать в пределах одного шкафа возможные повреждения при возникновении электрической дуги.

Сборные шины выполняются из алюминиевых и медных полос. а в тропическом исполнении - только из медных.

В отсеке линейных шин размещены линейные шины и отпайки. проходящие в отсек выключателя через проходные изоляционные втулки или через втулки трансформаторов тока. В зависимости от схемы главных цепей в линейном отсеке устанавливается до трех трансформаторов тока. Предусмотрена также установка заземляющего устройства, включение которого невозможно при замкнутом выключателе.

Отсек сборных шин закрыт сверху свободно открывающейся крышкой с жалюзи. Сборные шины устанавливаются в специальных пазах изоляционных опор.

Крепление отпаек в отсеке отпаек сборных шин выполнено поворотным, что дает возможность очищать нижнюю часть опоры от пыли.

При компоновке шкафов с кабельными вводами в средней; части шкафа организуется кабельный отсек. Конструкция КРУ позволяет подключать до четырех кабелей сечением 3Х240 мм в шкафу с выключателем и до десяти аналогичных кабелей в шкафу кабельных сборок.

Отсек выдвижного элемента предназначен для размещения тележки с электромагнитным выключателем, штепсельным разъединителем, трансформатором напряжения или другим элементом.

В варианте исполнения ячейки на выдвижном элементе размещен электромагнитный выключатель типа ВЭ-10, подключаемый к схеме КРУ с помощью разъемных контактов. Изоляция разъемных контактов выполнена горшкового типа и обеспечивает разделение отсека кабельной сборки и отсека выключателя.

При одностороннем обслуживании (доступ к шкафу только с лицевой стороны) и двухрядном расположении ячеек достигнутая в конструкции малая глубина всей ячейки и выдвижного элемента позволяют обеспечить необходимую ширину прохода 1,8 м при общей ширине помещения РУ, равной 6 м, что меньше, чем для других типов отечественных КРУ.

Защитная и сигнализационная аппаратура ячейки расположена внутри релейного шкафа. В зависимости от числа элементов в схеме вспомогательных соединений релейные шкафы КРУ КЭ-10 выпускаются в двух типоисполнениях высотой 715 и 900 мм, причем в последнем случае общая высота ячейки увеличивается до 2585 мм.

Основными элементами релейного шкафа является сварной каркас с дверью и подвижная тележка с установленной на ней аппаратурой защиты и управления. Для удобства обслуживания каретка имеет возможность выдвигаться из шкафа и поворачиваться на 90°. Подсоединение релейного шкафа и тележки выполнено с помощью гибких проводов и разъемных контактов по 20 цепей в каждом. На двери релейного шкафа размещены счетчики электроэнергии, блоки указательных реле, а также другая аппаратура, в том числе устанавливаемая и по специальному требованию заказчика.

На базе ячеек типа КЭ-10 освоен выпуск шкафов КРУ типа КМ-10. Их отличие от базового варианта заключается в установке на выдвижном элементе маломасляных выключателей колонкового типа серии ВК-Ю, и технические данные практически совпадают с КРУ базового варианта.

Рассмотрим варианты исполнения ячеек с выключателем КРУ классов напряжения 7,2-24 кВ фирмы ВВС (Швейцария) типов ВВ и ВА. Они могут отличаться один от другого не только схемами главных цепей, но и наличием или отсутствием металлической перегородки между отсеком сборных шин и отсеком выключателя, возможностью использования в РУ с одинарной или двойной системой сборных шин и т. д.

Основным вариантом является тип ВВ1. Его важнейшие особенности: использование в качестве сборных шин одинаковых труб для всех классов напряжения; доступ к кабельному вводу с передней стороны ячейки, что позволяет устанавливать ее у стены здания (возможность одностороннего обслуживания), идентичность разъемов подключения выключателя к сборным шинам или к кабельному вводу, что дает возможность при необходимости менять их местами.

Ячейка типа ВА1 отличается от ВВ1 наличием металлических перегородок, образующих отсеки сборных шин, выключателя и кабельного ввода. Она снабжена подвижными металлическими заслонками, прикрывающими отверстия высоковольтных вводов. При необходимости компоновки схемы РУ с двойной системой сборных шин требования максимальной надежности и безопасности привели к созданию варианта типа ВА2. Устройство состоит из двух шкафов типа ВА1, установленных задними стенками вплотную один к другому. Единственным отличием является высоковольтный проходной изолятор, установленный в задней стенке.

Ограничения, накладываемые строительными условиями по вводу кабеля в ячейку или сверху, обусловили создание КРУ других вариантов, которые нуждаются в обслуживании и со стороны задней стенки шкафа и могут быть использованы при кабельной подводке с обеих сторон. Стремление к

унификации изделий и увеличению серийности при изготовлении КРУ Приводит к постоянному уменьшению числа вариантов исполнения, например, в КРУ GA-24 их три-четыре.

Элементы ячеек КРУ размещаются, как правило, внутри прочного" металлического заземленного шкафа. Принятая международная классификация защитных оболочек фиксирует как возможность проникновения через отверстия в оболочке тел определенного размера, так и степень защищенности оборудования от попадания воды. Шкафы современных КРУ выполняются с уровнем защищенности не ниже IP30, что соответствует максимальному диаметру отверстий в оболочке не более 2,5 мм и отсутствию защиты от воздействия воды как в виде дождя, так и в виде отдельных капель. Выбор уровня защищенности оболочки обусловливается работой КРУ в закрытом помещении или под открытым небом, а также наличием в окружающей среде влаги, песка, пыли или мелких насекомых.

При размещении ячейки КРУ внутри шкафа важной особенностью конструкции является либо возможность одностороннего обслуживания, либо необходимость обслуживания с двух сторон. В первом случае ячейки могут быть установлены в два ряда вплотную к стене помещения РУ с проходом для контроля и обслуживания шириной 1800-2200 мм. При этом достигается компактное размещение большого числа ячеек. При двухстороннем "обслуживании вдоль стены должен быть оставлен коридор шириной не менее 1 м, и общая занимаемая площадь возрастает.

В зависимости от наличия или отсутствия внутренних перегородок в соответствии с рекомендацией МЭК КРУ делятся на три типа: с металлическими перегородками между отсеками шкафа; с перегородками из диэлектрического материала; без перегородок.

При этом ячейки второго типа обладают тем преимуществом, что при коротком замыкании внутри ячейки электрическая дуга не фиксируется на диэлектрических перегородках.

Наиболее ответственным элементом схем КРУ являются высоковольтные выключатели (ВВ), выполняющие основные функции по перераспределению потоков энергии. Они определяют такие наиболее существенные для потребителя параметры КРУ, как номинальный рабочий ток, номинальный ток короткого замыкания и др. Конструкция ВВ, используемая в нем среда дугогашения являются важными характеристиками КРУ. Первоначально в качестве среды дугогашения использовались воздух и минеральное масло, в настоящее время - вакуум и элегаз. По оценкам специалистов КРУ среднего и высокого напряжения на 40-60 % должны оснащаться вакуумными выключателями. Некоторые фирмы развитых стран (например, японская «Мейденша») полностью перешли на выпуск КРУ с вакуумными выключателями, а фирма ВВС (ФРГ) разработала взаимозаменяемые выключатели с элегазовым или вакуумным принципом гашения дуги, позволяющие по требованию заказчика использовать ту или иную среду дугогашения в любой схеме КРУ.

На производственном комплексе расположен объект ЗРУ 220 кВ, который условно можно разделить на 3 блока:

– первый блок - распределительное устройство, его задачей является принятие электроэнергии напряжением 220 кВ по линии электропередач (ЛЭП) и распределение его на трансформаторы и комплектные выпрямительные агрегаты;

– второй блок – комплектные выпрямительные агрегаты, их задачей является понижение электроэнергии напряжением 220 кВ в 1,2 кВ и последующим преобразованием в постоянный ток, для электропитания электролизных цехов;

– третий блок – открытые трансформаторы, задачей которых является понижение электроэнергии напряжением 220 кВ в 10 кВ, для электроснабжения всех объектов производственного комплекса.

Графическая схема объекта ЗРУ 220 кВ с указанием блоков, на которые мы разделили объект, представлена на рисунке 2.1.

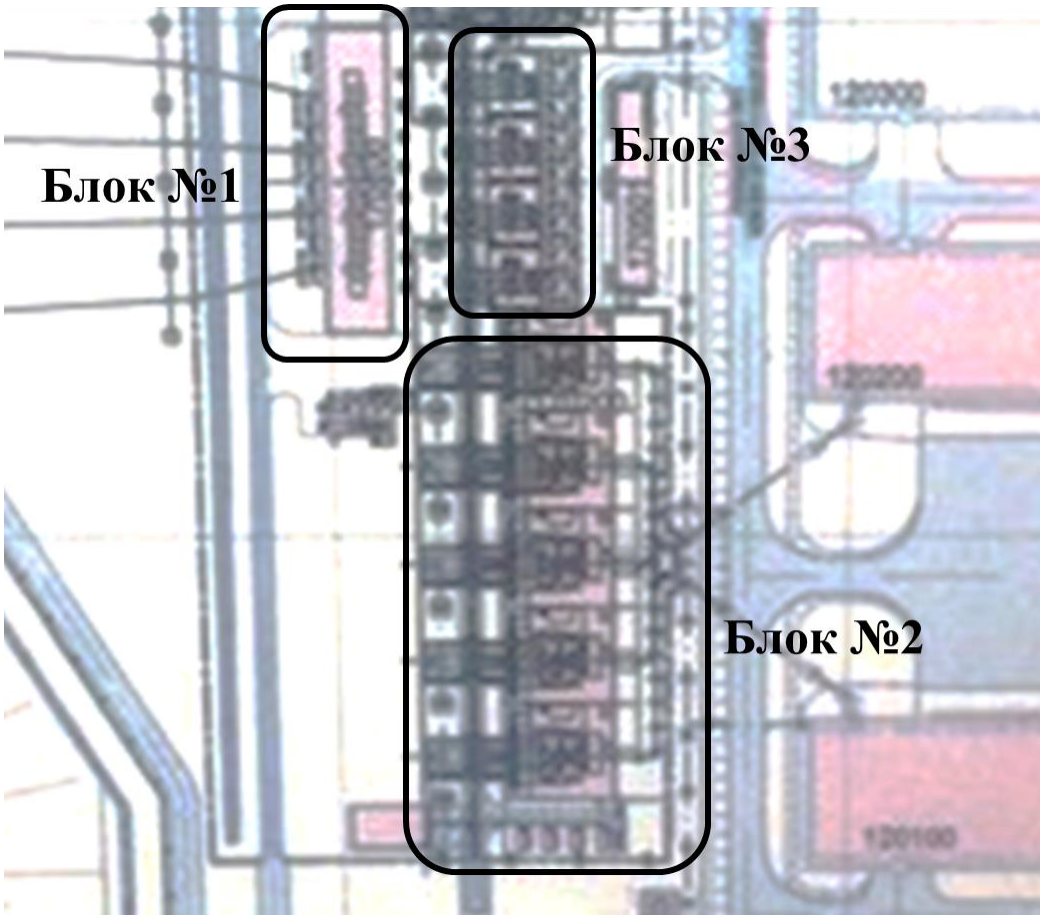


Рисунок 2.1 – Графическая схема объекта ЗРУ 220 кВ.

2.3 Пожарная опасность производственного объекта ЗРУ 220 кВ

Для рассмотрения пожарной опасности производственного объекта ознакомимся с каждым блоком подробнее.

Первый блок представляет собой 3 этажное здание, общей высотой 20м, геометрическими размерами 60×12 м, подвальных и чердачных помещений не имеет.

Наружные стены здания из несгораемых «сендвич» панелей (EI-150) толщина 150мм.

Кирпичные перегородки толщиной 250мм и 120мм кабинетов первого этажа.

Перегородки из гипрока толщиной 125мм. (EI-45) и 150мм. (EI-90)

Кровля из кровельных «сендвич» панелей (EI-30) толщина 150мм.

На втором этаже в 209 и 205 кабинетах фальшпол толщина 60см. (кабельные шахты).

1 этаж : Ворота южные противопожарные двухстворчатые (EI-60)

Двери в кабинетах 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 122, 123 – противопожарные (EI – 60) .

2 этаж : Двери в кабинетах 201, 202, 205, 206, 207, 208, 209, 212, 215 – противопожарные (EI – 60) .

3 этаж : Двери противопожарные (EI – 60)

Количество находящихся людей в здании: в дневное время 17 человек, в ночное время 4 человека.

Для предотвращения возникновения короткого замыкания распределительного устройства все проводящие электрический ток элементы изолированы оболочкой закачанную элегазом, что приводит к истреблению короткого замыкания, так как элегаз полностью нейтрализует электрическую среду.

Второй блок представляет собой 5 агрегатов, состоящие из маслонаполненных трансформаторов и выпрямительных устройств, расположенных по отдельности каждый в своём помещении. 4 агрегата находятся в рабочем состоянии и один в резерве, который запускается в случаи поломки одного из них.

Пожарная опасность заключается в коротком замыкании между частями и узлами трансформатора, приводящее к воспламенению трансформаторного масла. Для предотвращения поражения от электрической дуги агрегаты оснащены реле автоматического и принудительного выключения электропитания агрегата. Для уменьшения последствий пожара каждое помещение оснащено системой воздушного охлаждения и системой автоматического пожаротушения порошкового типа.

Третий блок представляет собой 3 открытых трансформатора маслонаполненного типа, разделённых между собой и вторым блоком разделительной стеной.

Пожарная опасность заключается в коротком замыкании между частями и узлами трансформатора, приводящее к воспламенению трансформаторного масла. Для предотвращения поражения от электрической дуги трансформаторы так же оснащены реле автоматического и принудительного выключения электропитания трансформатора. Для уменьшения последствий пожара от розлива продуктов горения под каждым трансформатором находиться маслоприёмник, выполняющую роль обвалования. Системами охлаждения и автоматического пожара тушения трансформаторы не оснащены, что увеличивает пожарную опасность блока.

Исходя из этого было определенно, что наибольшую пожарную опасность представляет третий блок открытых трансформаторов.

2.4 Неисправности и аварии маслонаполненных трансформаторов

Трансформатор представляет собой статический электромагнитный аппарат с двумя (или более) обмотками, предназначенный чаще всего для преобразования переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения. Преобразование в трансформаторе осуществляется переменным магнитным полем. Трансформаторы широко применяются при передаче электрической энергии на большие расстояния, распределении её между приёмниками, а также в различных выпрямительных, усилительных, сигнализационных и других устройствах.

При передаче электрической энергии от электростанции к потребителям сила тока в линии обуславливает потери энергии в этой линии и расход цветных металлов на её устройство. Если при одной и той же передаваемой мощности увеличить напряжение, то сила тока в такой же мере уменьшиться, а следовательно, можно будет применить провода с меньшим поперечным сечением. Это сократит расход цветных металлов при устройстве линии электропередачи и снизит потери энергии в ней.

Электрическая энергия вырабатывается на электростанциях синхронными, генераторами при напряжение 11-20 кв; в отдельных случаях применяют напряжение 30-35 кв. Хотя такие напряжения являются слишком высокими для их непосредственного использования в производстве и для бытовых нужд, они недостаточны для экономической передачи электроэнергии на большие расстояния. Дальнейшее повышение напряжения в линиях электропередачи (750 кВ и более) осуществляется повышающими трансформаторами.

Приёмники электрической энергии (лампы накаливания, электродвигатели и т.д.) из соображений безопасности рассчитывают на более низкое напряжение (110-380 в). Кроме того, изготовление электрических аппаратов, приборов и машин на высокое напряжение связано со значительными конструктивными сложностями, так как токоведущие части этих устройств при высоком напряжении требуют усиленной изоляции. Поэтому высокое напряжение, при которой происходит передача энергии, не может быть непосредственно использовано для питания приёмников и подводится к ним через понижающие трансформаторы.

Электрическую энергию переменного тока по пути от электростанции, где она вырабатывается, до потребителя приходится трансформировать 3-4 раза. В распределительных сетях понижающие трансформаторы нагружаются неодновременно и не на полную мощность. Поэтому полная мощность трансформаторов, используемых для передачи и распределения электроэнергии, в 7-8 раз больше мощности генераторов, устанавливаемых на электростанциях.

Аварийными режимами работы считаются такие режимы, при которых они не могут находиться в работе длительное время, поскольку отклонение даже одного из основных его параметров от номинального значения при достаточной длительности создает угрозу повреждения или разрушения частей трансформатора.

При оперативных переключениях и внезапном снижении нагрузки повышение напряжения на трансформаторах в зависимости от длительности не должно превышать значений, приведенных в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Допустимые превышения напряжения

Параметр	Допустимые значения	
Длительность превышения напряжения, не более	20 мин.	20 сек.
Предыдущая нагрузка в отношении к номинальному току ответвления, не более	0,50	1,00
Кратность напряжения в отношении к номинальному напряжению ответвления, не более	1,15	1,30

Количество превышений напряжения длительностью более 20 мин. не должно быть более 50 в течение года. Количество превышений напряжения длительностью 20 сек. не должно быть более 100 за срок службы трансформатора, установленный согласно ГОСТ 11677 – 85. При этом количество превышений напряжения не должно быть более 15 на протяжении одного года и более двух - на протяжении суток.

Промежуток времени между двумя превышениями напряжения длительностью 20 сек. и 20 мин. должен быть не менее одного часа. Если превышение напряжения длительностью 20 мин. произошло дважды (с часовым интервалом), то третий раз такое превышение допустимо только в аварийной ситуации и не ранее, чем через 4 часа.

При длительности превышения напряжения, промежуточном между двумя указанными выше длительности, допустимое напряжение равняется указанной в таблице 2.1. для большего из двух значений длительности.

Кроме того, при аварийных коммутациях допускаются кратковременные превышения напряжения частотой 50 Гц, значения и длительность которых указано в ГОСТ 1516.1 – 76.

В случаях, когда по условиям работы трансформатора не может быть обеспечено ограничение указанных выше допустимых значений превышений напряжения или длительность их воздействия, необходимо выполнить защиту от повышения напряжения.

Расчетные значения допустимых кратностей установившихся токов короткого замыкания, которые трансформаторы выдерживают без повреждения на протяжении допустимой длительности, определяются согласно ГОСТ 11677 – 85.

Наибольшая продолжительность допустимого значения короткого замыкания на вводах трансформатора: при замыкании на стороне НН (U ном. ≤ 35кВ) - не более 4 сек., а при замыкании на сторонах ВН, СН и НН (U ном ≥ 110 кВ) - не более 3 сек.

Неисправности трансформатора можно выявить во время осмотра, по действию предупредительной сигнализации и показывающих приборов, по результатам физико–химического анализа масла из бака трансформатора и контактора, по результатам хроматографического анализа растворенных в масле газов и профилактических испытаний.

При выявлении неисправностей необходимо принять меры по их устранению.

Если выявленные неисправности невозможно устранить без отключения трансформатора, трансформатор следует отключить.

Отключать трансформатор для более детального выяснения причин неисправности и последующего, при необходимости вывода в ремонт, необходимо в следующих случаях:

– сильный и неравномерный шум, потрескивание внутри трансформатора;

– работа газовой защиты на сигнал;

– ненормальный, постоянно возрастающий нагрев трансформатора при нормальной работе системы охлаждения и нагрузки не выше номинальной;

– появление трещин и сколов фарфора на вводах трансформатора, а также скользящих разрядов и следов перекрытия;

– выброс масла через предохранитеьные клапаны или трубу;

– износ предохранительной мембраны на баке трансформатора;

– течь масла, которая вызывает его уход из расширителя;

– присутствие в масле взвешенного угля, воды, большого количества механических примесей, кислая реакция масла, пониженное пробивное напряжение и пониженная температура вспышки масла более чем на 5 °С (в сравнении с результатами предыдущих испытаний).

– резкое изменение цвета масла;

– наличие дефектов твердой изоляции или текучих соединений, выявленных по результатам анализа растворенных в масле газов.

При снижении уровня в расширителе трансформатора или устройства РПН необходимо осмотреть трансформатор, определить причину снижения уровня масла и принять меры по его восстановлению.

Основной причиной снижения уровня масла в расширителе, как правило, является нарушение маслоплотности трансформатора. Если устранение течи без отключения трансформатора невозможно, необходимо принять меры по выводу трансформатора из работы для устранения течи и доливки масла.

В случае снижения масла при снижении температуры окружающего воздуха вследствие неправильно установленного уровня масла необходимо долить масло в расширитель.

При появлении сигнала о снижении уровня масла в расширителе бака контактора устройства РПН необходимо принять меры по запрету выполнения операций по переключению устройства РПН.

При появлении сигнала о высоком уровне масла в расширителе трансформатора или устройства РПН необходимо отрегулировать уровень масла в расширителе по средней температуре масла в баке трансформатора или в баке контактора устройства РПН.

Средняя температура масла в отключенном трансформаторе определяется по показаниям термосигнализатора за время 3t – 4t с момента отключения трансформатора (t – постоянная времени трансформатора, указанная в его паспорте).

При доливке масла, при необходимости, в работающий трансформатор для определения среднего значения температуры масла в баке трансформатора

следует измеренное значение температуры верхних слоев масла уменьшить на 8 °С для системы охлаждения вида “М” и на 10 °С - для системы “Д”.

Уровень масла в отсеке расширителя устройства РПН устанавливается таким, чтобы показания маслоуказателя (при положительной температуре масла) соответствовали приблизительно середине шкалы маслоуказателя.

Переключения устройства РПН при уровне масла в отсеке расширителя бака контактора устройства РПН или в баке контактора ниже допустимого запрещаются.

При застревании устройства РПН в промежуточном положении необходимо принять меры к разгрузке трансформатора и выводу его из работы для устранения неисправности.

Для трансформаторов с устройством РПН реакторного типа (типа РНТ) предварительно попытаться завершить процесс переключения ключом дистанционного управления со щита управления.

Категорически запрещается доводка устройства РПН до положения рукояткой ручного управления или от кнопок местного управления на трансформаторе, находящемся под напряжением.

При повышении температуры масла выше допустимого значения выяснить причины повышения температуры и принять меры к их устранению, для чего:

– проверить величину нагрузки трансформатора и соответствие температуры масла этой нагрузке с учетом температуры окружающей среды;

– сверить показания термосигнализаторов между собой;

– проверить работу системы охлаждения, в частности открытое положение вентилей на радиаторах системы охлаждения.

При отключении электродвигателей обдува необходимо зафиксировать время отключения и контролировать температуру верхних слоев масла трансформатора.

Трансформаторы с системой охлаждения вида “Д” при аварийном отключении всех вентиляторов дутья могут работать с номинальной нагрузкой в течение времени указанного в Таблице 2.2.

Таблице 2.2 – Время допустимой работы при отключении вентиляторов

Температура окружающего воздуха, °С	- 15	- 10	0	10	20	30
Допустимая длительность нагрузки, час	60	40	16	10	6	4

При срабатывании газовой защиты “на сигнал” следует немедленно разгрузить и отключить трансформатор для выяснения причин срабатывания газового реле.

Произвести внеочередной осмотр трансформатора. Если при осмотре трансформатора видимых повреждений не обнаружено, следует отобрать пробы газа (при его наличии) и масла из газового реле для проведения химического анализа и проверки газа на горючесть и пробы масла из бака трансформатора для проведения хроматографического анализа.

Отбор проб газа производить в специальный бюрет с подсоленной водой либо в шприц или в резиновую емкость. При этом следует иметь в виду, что газ, отобранный в резиновую емкость, должен находиться в ней не более 1,5 – 2 часов.

Проверять газ на горючесть следует в помещении сразу после его отбора.

Если газ является горючим или в трансформаторе (по результатам анализа газа и хроматографического анализа растворенных в масле газов) содержатся продукты разложения изоляции или масла, а также при наличии явных признаков повреждения (потрескивание, сильный гул, щелчки и др.) трансформатор необходимо вывести в ремонт.

Если газ негорючий и в нем отсутствуют продукты разложения изоляции, трансформатор с разрешения главного инженера предприятия может быть включен в работу после проведения профилактических испытаний с последующим контролем за выделением газа. Продолжительность работы трансформатора в этом случае определяется главным инженером предприятия. При увеличении количества появлений газа в реле трансформатор необходимо разгрузить и отключить для выявления причины появления газа.

При аварийном автоматическом отключении трансформатора действием защит необходимо осмотреть трансформатор, крышку бака контактора устройства РПН и защитное реле. При этом необходимо убедиться в том, что работа струйного реле не была ложной, обратить внимание на состояние предохранительной мембраны и уровень масла в расширителе бака контактора.

Включение трансформатора в работу после срабатывания струйного защитного реле или предохранительной мембраны производить только после ревизии контактора устройства РПН, замены (при необходимости) металлокерамических контактов, токоограничивающих резисторов, масла в баке контактора. Указанные работы необходимо выполнять согласно с указаниями инструкции по эксплуатации устройства РПН.

В блоке отрытых трансформаторов используются трансформаторы, понижающие напряжение с 220 кВ до 10 кВ и системой охлаждения масляного типа, в которой используется трансформаторное масло.

2.5 Свойства трансформаторного масла

Всем известно, что продукты глубокой переработки нефти используются как топливо для автомобилей, самолётов и ракет. Но из нефти получают также различные масла, причём не только для двигателей разных типов, но и для весьма важных и необходимых на каждом шагу силовых трансформаторов или выключателей. Это устройства, в которых протекает электрический ток высокого напряжения и где необходима защита от возможных вспышек и искрения. Немаловажна также функция охлаждения.

Трансформаторные масла – минеральные масла высокой чистоты и низкой вязкости. Применяются для заливки силовых и измерительных трансформаторов, реакторного оборудования, а также масляных выключателей. Предназначены для изоляции находящихся под напряжением частей и узлов силового трансформатора, отвода тепла от нагревающихся при работе трансформатора частей, а также предохранения изоляции от увлажнения.

Трансформаторные масла выполняют функции дугогасящей среды. Электроизоляционные свойства масел определяются в основном тангенсом угла диэлектрических потерь. Диэлектрическая прочность трансформаторных масел, в свою очередь, в основном определяется наличием волокон и воды, поэтому механические примеси и вода в таких маслах должны полностью отсутствовать.

Низкая температура застывания масел (минус 45°С и ниже) нужна для сохранения их подвижности в условиях пониженных температур. Для обеспечения эффективного отвода тепла трансформаторные масла должны обладать наименьшей вязкостью при температуре вспышки не ниже 95, 125, 135 и 150°С для разных марок.

Наиболее важное свойство трансформаторных масел – это их стабильность против окисления, то есть способность сохранять свои параметры при длительной работе.

Обычно все сорта таких отечественных масел содержат эффективную антиокислительную присадку.

Эксплуатационные свойства трансформаторного масла определяются его химическим составом, который зависит главным образом от химического состава сырья и применяемых способов его очистки. Применяемые марки трансформаторного масла отличаются химическим составом и эксплуатационными свойствами и имеют различные области применения. В новые масляные трансформаторы следует заливать только свежие трансформаторные масла, не бывшие в эксплуатации. Каждая партия трансформаторного масла, применяемая для заливки и доливки трансформаторов, должна иметь сертификат завода – поставщика масла. Свежее трансформаторное масло, поступающее с нефтеперерабатывающих предприятий, перед заливкой в силовые трансформаторы следует очистить от имеющихся механических примесей, влаги и газов. Влага в трансформаторном масле может находиться в состоянии осадка, в виде эмульсии и в растворённом состоянии. Подготовленное для заливки трансформаторное масло полностью очищается от влаги, находящейся в эмульсионном состоянии и в виде отстоя. В

растворённом состоянии влага не оказывает значительного влияния на электрическую прочность и тангенс угла потерь, однако способствует повышению окисляемости трансформаторного масла и снижению его стабильности. Поэтому достижение удовлетворительных значений пробивного напряжения и тангенса угла потерь трансформаторного масла не является окончательным критерием очистки. При атмосферном давлении в трансформаторном масле может быть растворено 10% воздуха. Перед заливкой в силовые трансформаторы, оборудованные азотной и плёночной защитой, трансформаторное масло должно быть дегазировано до остаточного газосодержания не более 0,1% массы. После очистки в масле должны отсутствовать механические примеси.

Процесс производства высококачественного трансформаторного или моторного масла состоит из нескольких этапов.

Вначале идёт гидрокрекинг вакуумного газойля.

Что такое крекинг? Кре́кинг (или расщепление) – это высокотемпературная переработка нефти и её фракций для получения моторных топлив, смазочных масел, а также сырья для химической и нефтехимической промышленности. Крекинг протекает с разрывом связей C–C и образованием свободных радикалов. Одновременно с разрывом связей C–C происходят дегидрирование, изомеризация, полимеризация и конденсация всех составляющих. В результате последних двух процессов образуются крекинг-остаток (фракция с температурой кипения более 350°C) и нефтяной кокс.

Крекинг проводят нагреванием нефтяного сырья или одновременным воздействием на него высокой температуры и катализаторов.

Вакуумный газойль – это смесь нефтепродуктов, кипящая при 250–300 градусах Цельсия. Гидрокрекинг вакуумного газойля – это его переработка в присутствии водорода и молибденовых катализаторов при высоком давлении и температуре.

Гидрокрекинг – гидрокаталитическая переработка сырья для получения базовых масел с высоким индексом вязкости (100 и выше), низким содержанием

сернистых и ароматических углеводородов. Масла нужного качества получаются не удалением нежелательных компонентов из сырья (как в случае с очисткой селективными растворителями, адсорбционной очисткой и гидроочисткой), а преобразованием их в углеводороды необходимой структуры за счёт реакций гидрирования, крекинга, изомеризации и гидрогенолиза (происходит удаление серы, азота, кислорода), что сказывается на стабильности получаемых масел. При гидрокрекинге получают высококачественные основы широкого ассортимента товарных смазочных масел: гидравлических, трансформаторных, моторных, энергетических, индустриальных и так далее. По своим физико-химическим свойствам масла гидрокрекинга приближаются по свойствам к синтетическим маслам или полиальфаолефинов при более низкой стоимости производства. По сравнению с базовыми маслами, получаемыми традиционными способами очистки, масла гидрокрекинга имеют безоговорочные преимущества, особенно при производстве автомобильных масел.

С развитием промышленности и техники всё более и более высокие требования предъявляются к качеству вырабатываемых масел. Эти требования хорошо известны. Это повышенный индекс вязкости, высокий уровень насыщения для продления срока службы, низкое содержание серы, повышенная окислительная стабильность, пониженная испаряемость, достаточно большой объём, который мог бы покрыть требования развитых отраслей промышленности и соответственно разумное соотношение цена–качество и при общем требовании защиты окружающей среды.

Хорошо известна традиционная схема получения базовых масел. Она включает в себя стадии дистилляции, очистки, депарафинизации с использованием определённых растворителей и процессов экстрации. Недостатки этой схемы: достаточно низкий выход масел, высокое содержание ароматических соединений в получаемых продуктах и высокое содержание серы, что не отвечает современным требованиям.

Для оптимального состава масел есть определённые химические соединения, которые являются хорошими для создания масел, и соединения, которые оказывают негативное влияние на потребительские качества масел. В частности, очень приветствуются в маслах изопарафины, нафтено-парафины, моно- и бициклические ароматические углеводороды с длинными боковыми разветвлёнными цепями. Соответственно нежелательные компоненты: твёрдые н-парафины, которые имеют низкую температуру застывания, хотя и обладают хорошими вязкостными характеристиками; полициклическая ароматика; смолистые и асфальто-смолистые соединения.

Парафин – воскоподобная смесь так называемых предельных углеводородов (алканов). Название происходит от лат. parum – «мало» и affinis – «сродный» из-за его низкой восприимчивости к большинству реагентов. Парафин – вещество белого цвета, в расплавленном состоянии обладает малой вязкостью. Парафины инертны к большинству химических реагентов. Они окисляются азотной кислотой, кислородом воздуха (при 140°С и выше) и некоторыми другими окислителями с образованием различных жирных кислот, аналогичных жирным кислотам, содержащимся в жирах растительного и животного происхождения. Синтетические жирные кислоты, получаемые окислением парафина, применяют вместо жиров растительного и животного происхождения в парфюмерной промышленности, при производстве смазок, моющих средств и других продуктов.

Изопарафины – это парафины с молекулами разветвлённого строения. Обладают хорошими антидетонационными характеристиками (например, изооктан – эталон для бензина с октановым числом 100) и очень пониженной, по сравнению с нормальными парафинами, температурой застывания. Это чрезвычайно важно и при применении в топливах, кому понравится, когда в морозный день солярка превратится в кашу. Так и в остальных областях. Именно изопарафины узкой фракции составляют основу синтетического масла. Другое дело, что там требуется столь высокая очистка от примесей других углеводородов, что основу легче направленно синтезировать, чем потом

очищать. Хорошо очищенные изопарафины имеют ряд ценнейших свойств, которыми не обладает ни один другой растворитель.

Всем хороши парафины и изопарафины, но для масла и топлива они противопоказаны. Естественно, что учёные стремятся разработать процесс, который будет направлен на удаление из нефтепродуктов нежелательных компонентов и в то же время на увеличение количества компонентов, которые улучшают качество вырабатываемых масел. Соответственно для этих целей и был разработан процесс каталитической депарафинизации. Он достаточно сложный по своему обилию химических превращений, сравнимый с процессом риформинг. Определённые основные компоненты этого процесса приводят к получению желательных целевых компонентов в вырабатываемых маслах. Это процесс изомеризации, который из нормальных парафинов приводит к парафинам с разветвлёнными цепями. Процесс гидрокрекинга, который разрывает длинные углеводородные цепи на более короткие. Процесс гидрирования насыщают ароматические соединения. И процессы гидродециклизации, когда раскрываются циклические соединения. В состав необходимых для этого процесса катализаторов входят обычно соединения алюминия, цеолиты, платина, а также присутствуют другие металлы. Вся эта сложная композиция позволяет проводить реакцию в нужном направлении и получать из низкокачественных нефтепродуктов высококачественное сырьё, которое является базовой основой масел II и III групп, то есть высокого качества.

Традиционная схема получения базовых основ масел I группы и трансформаторного масла такова: гидрокрекинг и каталитическая депарафинизация, в результате чего удаётся получать трансформаторное масло с неплохим выходом.

Учёные РН-ЦИР смогли улучшить этот процесс, который идёт теперь при температуре около 300 градусов, при этом на стадии депарафинизации выход составляет около 70%. Введение такого процесса позволяет существенно снизить температуру проведения реакции, при этом температура застывания масла при морозе, которая регламентирована -45°С, существенно перекрывается,

а выход продукта на этой стадии доходит до 90%. Соответственно преимущества предлагаемого метода: высокий выход целевых продуктов, хорошие эксплуатационные характеристики получаемых продуктов, пониженная температура процесса, а также возможность кроме этого отказаться от финишной стадии, которая в настоящее время используется для гидрирования образующихся непредельных соединений. Есть пока и недостатки у этого метода – это высокая стоимость катализатора и достаточно жёсткие требования к качеству сырья, в частности по содержанию серы.

Учёные РН-ЦИР работают как над совершенствованием самого процесса получения высококачественного трансформаторного масла, так и над разработкой всё более эффективных и стабильных катализаторов этого процесса.

3 Оценка пожарных рисков открытого трансформатора

3.1 Описание блока открытых трансформаторов

Рассматривается трансформаторный блок, размещаемый на территории ЗАО «БоАЗ» в Красноярском регионе.

В состав трансформаторного блока входят 3 маслонаполненных трансформатора по 46 тонн масла в каждом, размеры трансформатора - 4×5,5 м, высота – 3 м). Трансформаторы ограждены по бокам бетонной стеной 9×8 м. Под каждым трансформатором, расположен маслоприёмник площадью 90 м^2.

Трансформатор предназначен для преобразования 220000 в 10000 В.

Для предотвращения разрушения от электрической дуги при коротком замыкании, оборудован реле отключения электричества.

Оборудован клапанном сброса давления свыше 80 кПа.

3.2 Перечень исходных данных и используемых справочных источников информации

Физико-химические свойства трансформаторного масла

Свойства трансформаторного масла принимались согласно справочным данным: суммарная формула – $C_{25,25}{\cdot}H_{47,11}$; молярная масса – 351 кг/моль; температура вспышки - 150 ^{o}C; температура кипения - 350 ^{o}C; константы уравнения Антуана: A = 16,3553, B = 4715,69, C_A =-152,1.

Статистические данные, необходимые для определения частоты реализации пожароопасных ситуаций

Данные по частотам реализации инициирующих пожароопасные ситуации событий для маслонаполненных трансформаторов принимались в соответствии справочным данным.

Частота перегрева трансформатора с изменение свойств трансформаторного масла:

$Q_{\text{перегр.трансф}} = 1{,}408{\cdot}10^{-5}$ год$^{-1}$.

Частота выделения горючего газа из трансформаторного масла:

$Q_{\text{выдел.}ГГ} = 0{,}33 \cdot 10^{-5}$ год$^{-1}$.

Частота разгерметизации трансформатора с уменьшением уровня масла ниже минимального:

$Q_{\text{разг.трансф}} = 0{,}462 \cdot 10^{-5}$ год$^{-1}$.

Условная вероятность разрушения трансформатора при воздействии пожара пролива на трансформатор:

$P_{\text{разр.трансф}} = 0{,}4$.

Условная вероятность взрыва трансформатора при воздействии пожара пролива на трансформатор:

$P_{\text{взр.трансф}} = 0{,}6$.

Данные по вероятности успешного срабатывания различных систем противоаварийной и противопожарной защиты

Условная вероятность успешной сработки датчика температуры трансформатора:

$P_{\text{ср.датч.}t} = 0{,}9$.

Условная вероятность успешной сработки датчика горючих газов трансформатора:

$P_{\text{ср.датч.}ГГ} = 0{,}82$.

Условная вероятность успешной сработки датчика уровня масла трансформатора:

$P_{\text{ср.датч.}УРМ} = 0{,}85$.

Условная вероятность эффективного реагирования ПЧ ЗАО «БоАЗ»:

$P_{\text{эф.реаг.}ПЧ} = 0{,}92$.

Данные по метеорологическим условиям в Богучанском районе

Данные принимались согласно статистики метеорологической службы России: средняя плотность окружающего воздуха – 1,177 кг/м^3; средняя скорость ветра – 1,6 м/с.

3.3 Анализ пожарной опасности рассматриваемого объекта

Анализ имевших место инцидентов с пожарами и взрывами на трансформаторных блоках, к которым относится и рассматриваемый в настоящем трансформаторный блок, позволяет выделить закономерности возникновения и развития пожароопасных ситуаций и пожаров, согласно которым аварии с пожарами и взрывами на объектах такого рода являются, как правило, следствием ситуаций, развивающихся по следующей типовой схеме:

– в результате большой нагрузки на трансформатор, происходит перегрев трансформаторного масла, что влечёт к изменению его свойств;

– трансформаторное масло, предназначенное для изоляции находящихся под напряжением частей и узлов силового трансформатора, не справляется со своей задачей, что приводит к короткому замыканию (электрической дуге);

– факторы короткого замыкания (электрической дуги) интенсивно воздействуют на агрегат и трансформаторное масло, происходит нарушение герметичности и истечение горючего продукта в маслоприёмник;

– количество выходящего продукта и масштабы пожара увеличиваются со временем, что приводит к большому материальному ущербу и человеческим жертвам.

Определение перечня пожарных ситуаций и пожаров и сценариев их развития

Для построения множества сценариев возникновения и развития пожароопасных ситуаций и пожаров в рассматриваемом трансформаторном блоке был использован метод логических деревьев событий. Построение логических деревьев событий, лежащих в основе оценки пожарного риска для рассматриваемого трансформаторного блока, осуществлялось исходя из следующих консервативных предпосылок.

1. В качестве инициирующих пожароопасных ситуаций и пожаров рассматриваются следующие события: перегрев трансформатора, выделение горючего газа, разгерметизация агрегата.

2. Принимается, что при коротком замыкании реле отключения электричества срабатывает с условной вероятностью 100 %, так как при несработке масштаб ущерба глобален.

3. Принимается, что при коротком замыкании происходит разгерметизация и выход горючего продукта и дальнейшее его воспламенение.

4. При мгновенном воспламенении вышедшего горючего продукта возникает пожар пролива.

5. Реализация инициирующих пожароопасных ситуаций событий, связанных с разгерметизацией трансформатора, приводит к образованию пролива в пределах маслоприёмника, а в случаи полного разрушения также и к проливу вне маслоприёмника.

6. Воздействие пожара пролива горючего продукта на трансформатор при условии неэффективной работы (невыполнение задачи) пожарной части ЗАО «БоАЗ» приводит к полному разрушению или взрыву трансформатора.

7. Воздействие на соседние объекты происходит только в случаи взрыва трансформатора, так как есть ограждающая стена.

3.4 Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций

Частоты реализации сценариев развития рассматриваемых пожароопасных ситуаций и пожаров (таблица 3.2) определялись в соответствии с деревьями событий (рисунки 3.1-3.3).

Ниже приведена таблица 3.1 где рассчитаны частоты реализации сценариев развития пожароопасных ситуаций и пожаров, возникающих на Трансформаторе № 1.

Таблица 3.1 - Частоты реализации сценариев развития пожароопасных ситуаций и пожаров

Q №	Формула	Значение
1	$Q_{\text{перегр.трансф}}\cdot(1-P_{\text{ср.датч.}t})\cdot P_{\text{эф.реаг.}ПЧ}$	12,9536 $\cdot10^{-7}$ год$^{-1}$
2	$Q_{\text{перегр.трансф}}\cdot(1-P_{\text{ср.датч.}t})\cdot(1-P_{\text{эф.реаг.}ПЧ})\cdot P_{\text{разр.трансф}}$	4,5056 $\cdot10^{-8}$ год$^{-1}$
3	$Q_{\text{перегр.трансф}}\cdot(1-P_{\text{ср.датч.}t})\cdot(1-P_{\text{эф.реаг.}ПЧ})\cdot P_{\text{взр.трансф}}$	6,7584 $\cdot10^{-8}$ год$^{-1}$
4	$Q_{\text{выдел.}ГГ}\cdot(1-P_{\text{ср.датч.}ГГ})\cdot P_{\text{эф.реаг.}ПЧ}$	5,4648 $\cdot10^{-7}$ год$^{-1}$
5	$Q_{\text{выдел.}ГГ}\cdot(1-P_{\text{ср.датч.}ГГ})\cdot(1-P_{\text{эф.реаг.}ПЧ})\cdot P_{\text{разр.трансф}}$	1,9008 $\cdot10^{-8}$ год$^{-1}$
6	$Q_{\text{выдел.}ГГ}\cdot(1-P_{\text{ср.датч.}ГГ})\cdot(1-P_{\text{эф.реаг.}ПЧ})\cdot P_{\text{взр.трансф}}$	2,8512 $\cdot10^{-8}$ год$^{-1}$
7	$Q_{\text{разг.трансф}}\cdot(1-P_{\text{ср.датч.}УРМ})\cdot P_{\text{эф.реаг.}ПЧ}$	6,3756 $\cdot10^{-7}$ год$^{-1}$
8	$Q_{\text{разг.трансф}}\cdot(1-P_{\text{ср.датч.}УРМ})\cdot(1-P_{\text{эф.реаг.}ПЧ})\cdot P_{\text{разр.трансф}}$	2,2176 $\cdot10^{-8}$ год$^{-1}$
9	$Q_{\text{разг.трансф}}\cdot(1-P_{\text{ср.датч.}УРМ})\cdot(1-P_{\text{эф.реаг.}ПЧ})\cdot P_{\text{взр.трансф}}$	3,3264 $\cdot10^{-8}$ год$^{-1}$

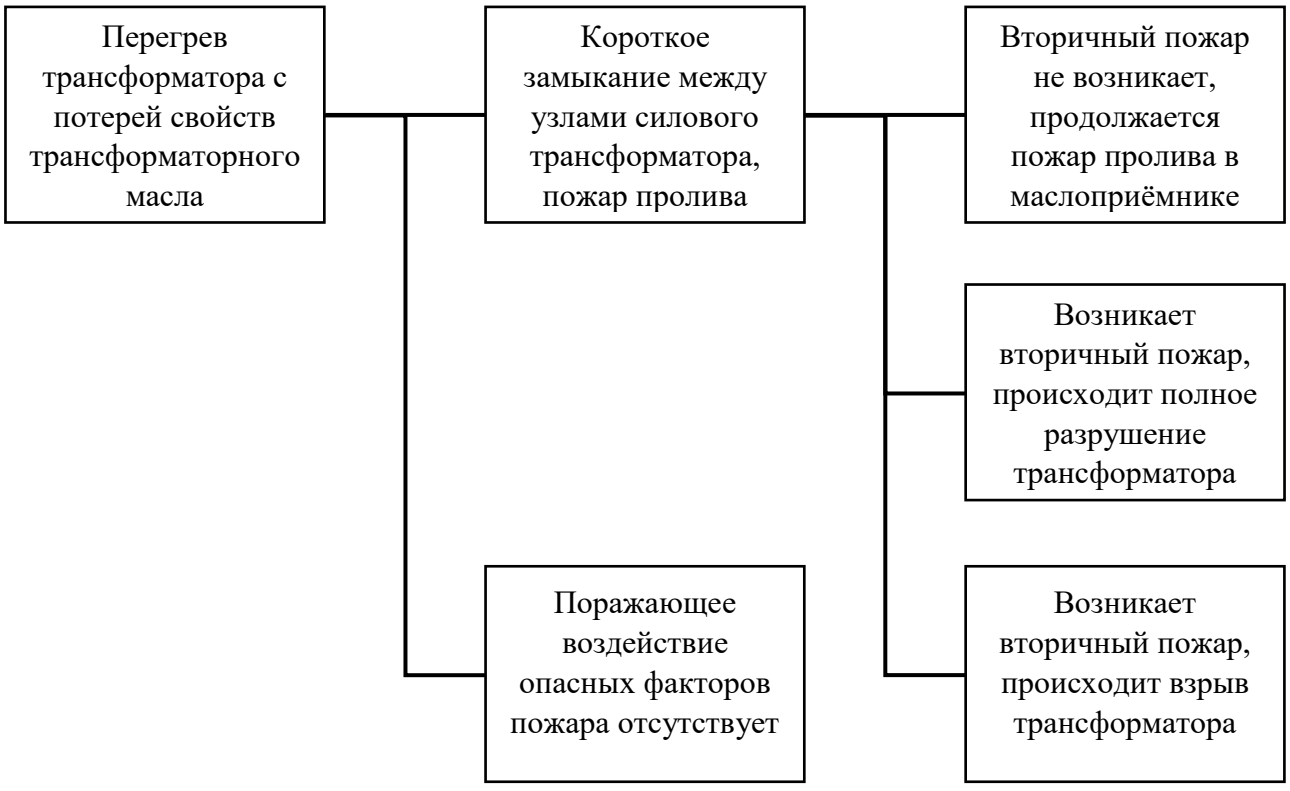


Рис. 3.1 - Дерево событий при возникновении пожароопасной ситуации связанной с перегревом трансформатора

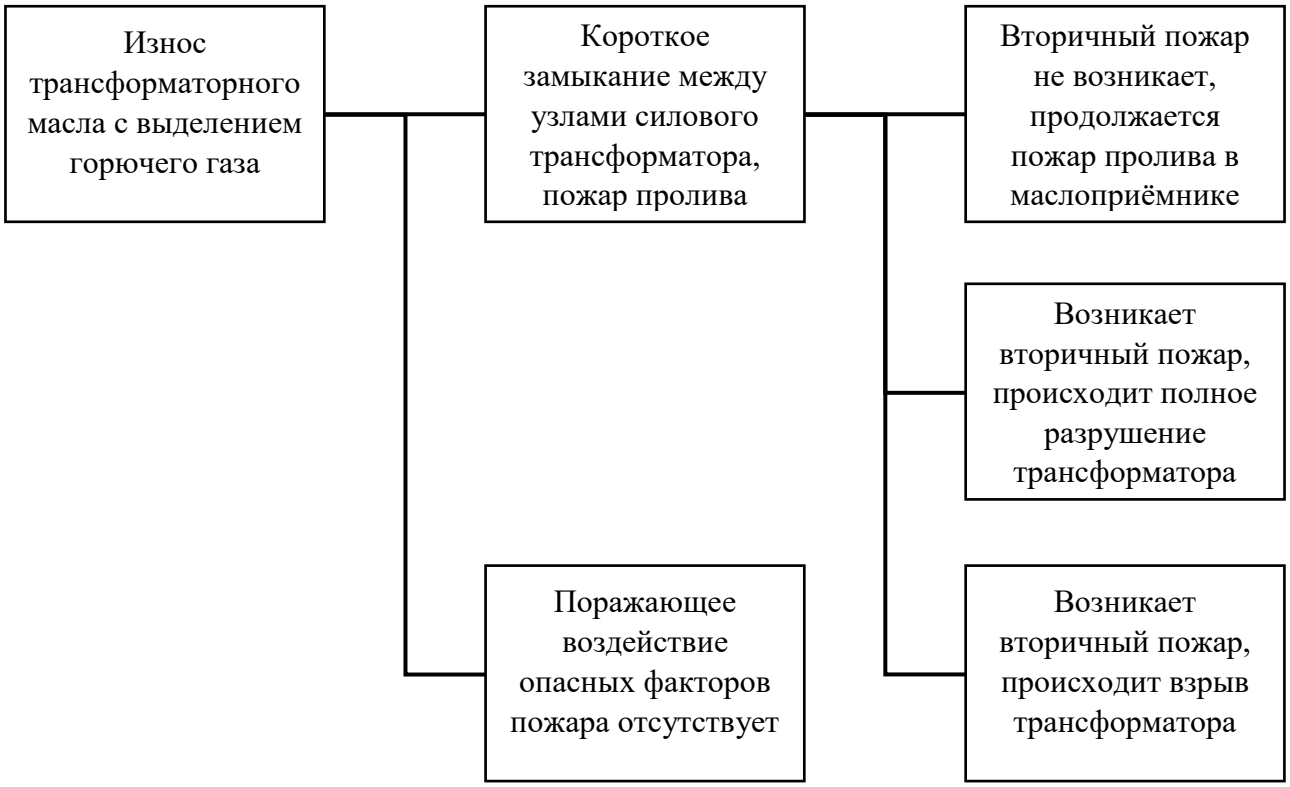


Рис. 3.2 - Дерево событий при возникновении пожароопасной ситуации, связанной с выделением горючего газа

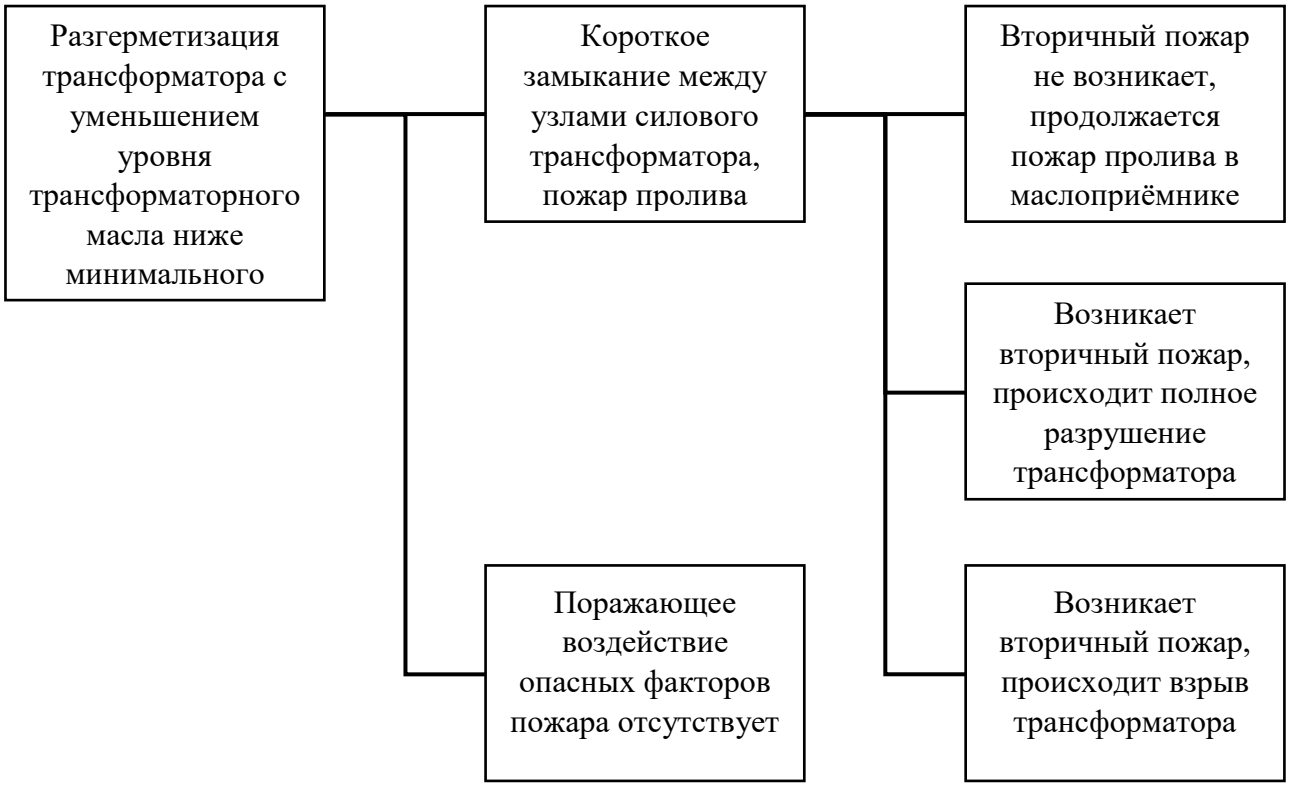


Рис. 3.3 - Дерево событий при возникновении пожароопасной ситуации, связанной с разгерметизацией трансформатора

Таблица 3.2 - Перечень пожароопасных ситуаций и пожаров и сценариев их развития

Наименование оборудования	Наименование пожароопасной ситуации/пожара	Сценарий развития пожароопасной ситуации/пожара	№ сценария
Маслонаполненный трансформатор № 1	Перегрев трансформатора с потерей свойств трансформаторного масла	Короткое замыкание между частями и узлами силового трансформатора, пожар пролива в маслоприёмнике без возникновения вторичных пожаров	1
		Короткое замыкание между частями и узлами силового трансформатора, пожар пролива в маслоприёмнике с возникновением вторичного пожара, происходит полное разрушение трансформатора	2
		Короткое замыкание между частями и узлами силового трансформатора, пожар пролива в маслоприёмнике с возникновением вторичного пожара, происходит взрыв трансформатора	3
	Износ трансформаторного масла с выделением горючего газа	Короткое замыкание между частями и узлами силового трансформатора, пожар пролива в маслоприёмнике без возникновения вторичных пожаров	4
		Короткое замыкание между частями и узлами силового трансформатора, пожар пролива в маслоприёмнике с возникновением вторичного пожара, происходит полное разрушение трансформатора	5

Продолжение таблицы 3.2

Наименование оборудования	Наименование пожароопасной ситуации/пожара	Сценарий развития пожароопасной ситуации/пожара	№ сценария
Маслонаполненный трансформатор № 1	Износ трансформаторного масла с выделением горючего газа	Короткое замыкание между частями и узлами силового трансформатора, пожар пролива в маслоприёмнике с возникновением вторичного пожара, происходит взрыв трансформатора	6
	Разгерметизация трансформатора, с уменьшением уровня трансформаторного масла ниже минимального	Короткое замыкание между частями и узлами силового трансформатора, пожар пролива в маслоприёмнике без возникновения вторичных пожаров	7
		Короткое замыкание между частями и узлами силового трансформатора, пожар пролива в маслоприёмнике с возникновением вторичного пожара, происходит полное разрушение трансформатора	8
		Короткое замыкание между частями и узлами силового трансформатора, пожар пролива в маслоприёмнике с возникновением вторичного пожара, происходит взрыв трансформатора	9

3.5 Построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития

Для рассматриваемых сценариев развития пожароопасных ситуаций и пожаров учитываются следующие опасные факторы пожара:

– выход масла за пределы маслоприёмника при полном разрушении трансформатора;

– тепловое излучение при пожарах;

– избыточное давление и импульс волны давления при взрыве трансформатора.

Количественная оценка массы горючих веществ, поступающих в окружающее пространство в разрушения трансформатора

Количество поступившего в окружающее пространство горючего продукта (трансформаторного масла) при реализации пожароопасных ситуаций, определялось исходя из следующих предпосылок.

1. Принималось, что короткое замыкание между частями и узлами силового трансформатора и последующий пожар пролива приводит истечению всего содержимого в соответствующем трансформаторе масла с образованием пролива, ограниченного маслоприёмником трансформатора.

2. Масло выходит за пределы маслоприёмника в случае полного разрушения трансформатора с переливом части масла через маслоприёмник.

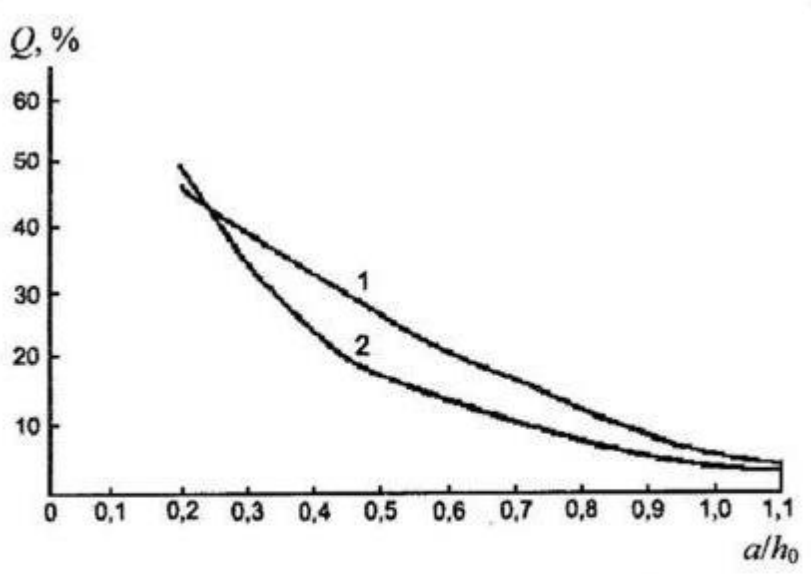
Высота маслоприёмника составляет a = 0,8 м.

Начальная высота столба жидкости в резервуаре h_0 определялась как отношение объема трансформаторного масла ($V_{\text{трансф}}$ = 56,125 м^3) к площади днища трансформатора ($S_{\text{дн.трансф}}$ = 22 м^2). Таким образом:

$$h_0 = \frac{V_{\text{трансф}}}{S_{\text{дн.трансф}}}, \tag{3.1}$$

$$h_0 = 2{,}55114 \text{ м}.$$

Значение параметра a/h_o составляет 0,31.



1-расчёт; 2-эксперемент

Рисунок 3.4 - Зависимость доли перелившейся через обвалования жидкости Q от параметра a/h_o

Доля перелившегося через маслоприёмник масла определялась по рисунку 3.4 (кривая 1) и была принята равной 38 %. Таким образом, количество перелившегося через маслоприёмник трансформатора масла составляет $V_{\text{мас.перелив}} = 21{,}3275$ м^3.

Рассчитываем площадь пролива указанного выше количества масла за пределами маслоприёмника трансформатора $F_{\text{ПРХ}}$. Коэффициент разлития f_p принимался равным 20 м$^{-1}$ (пролив на спланированное грунтовое покрытие).

$$F_{\text{ПРХ}} = f_p V_{\text{мас.перелив}}, \tag{3.2}$$

$$F_{\text{ПРХ}} = 426{,}55 \text{ м}^2.$$

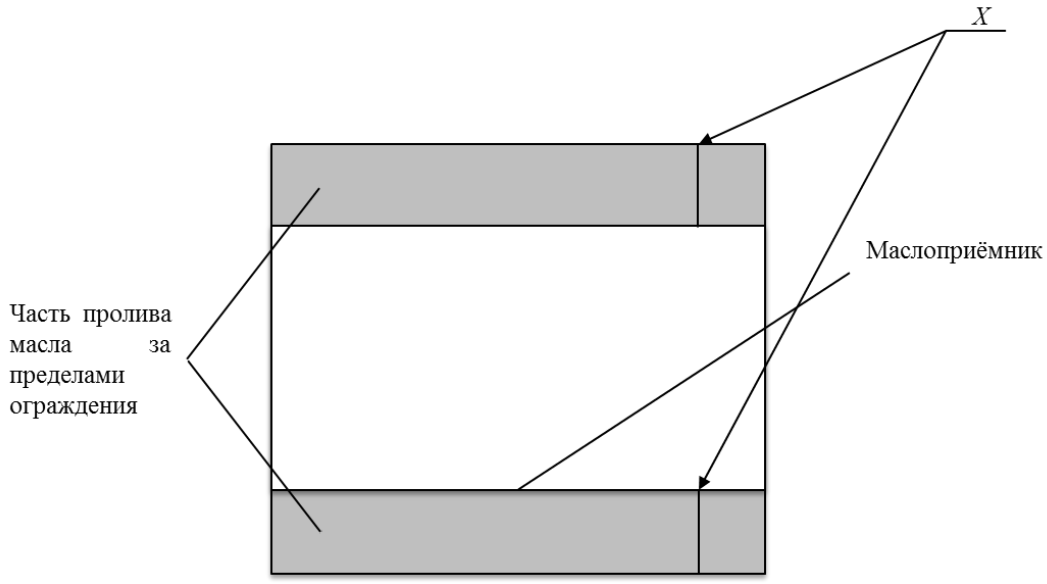


Рисунок 3.5 - Схема для определения формы пролива масла за пределами маслоприёмника трансформатора

Маслоприёмник трансформатора имеет форму прямоугольника (ограниченного по бокам защитными стенами), периметр не ограниченный которого составляет $L_{\text{перим}}$ = 20 м. При определении формы пролива масла за пределами маслоприёмника трансформатора принималось, что перелившееся через маслоприёмник количество распределено в полосах шириной X, м (рисунок 3.5).

Ширина X, м, определяется уравнением:

$$XL_{\text{перим}} + \pi X^2 = F_{\text{ПРХ}}. \quad (3.3)$$

Следовательно, ширина X определяется по формуле:

$$X = \frac{\frac{-L_{\text{перим}}}{\pi} + \sqrt{\frac{L_{\text{перим}}^2}{\pi^2} + 4\frac{F_{\text{ПРХ}}}{\pi}}}{2}, \quad (3.4)$$

$X = 8{,}89777$ м.

Расчет интенсивности теплового излучения рассматриваемых пожаров

Рассчитываем интенсивность теплового излучения пожаров для рассматриваемых сценариев развития пожароопасных ситуаций и пожаров, связанных с возникновением пожаров пролива.

Эффективный диаметр пролива d, м, рассчитывается по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}, \tag{3.5}$$

где F — площадь пролива, м^2.

$F_1 = S_{масл}$ – пожар пролива в маслоприёмнике;

$F_2 = S_{масл}+10\times X$ – пожар пролива с выходом за маслоприёмник.

$d_1 = 10{,}71$ м; $d_2 = 15{,}1$ м.

Длина пламени L, м, определяется по формулам:

$$L = \begin{cases} 55d\left(\frac{m'}{\rho_a\sqrt{gd}}\right)^{0,67} u_o^{0,21}, \text{если } u_o \geq 1, \\ 42d\left[\frac{m'}{\rho_п\sqrt{gd}}\right]^{0,61}, \text{если } u_o < 1; \end{cases} \tag{3.6}$$

$$u_o = \frac{w_0}{\sqrt[3]{\frac{m'gd}{\rho_п}}}, \tag{3.7}$$

где m' - удельная массовая скорость выгорания топлива, кг/(м^2 • с);

ρ_a - плотность окружающего воздуха, кг/м^3; $\rho_п$ - плотность насыщенных паров топлива при температуре кипения (703,1 кг/м^3);

w_0 - скорость ветра (средняя 1,6 м/с), м/с;

g - ускорение свободного падения (9,81 м/с^2).

$u_{o1} = 8{,}892;\ u_{o2} = 7{,}93.$

$L_1 = 19{,}99$ м; $L_2 = 24{,}524$ м.

Угол отклонения пламени от вертикали под действием ветра θ , рад, определяется по формуле:

$$\cos\theta = \begin{cases} 1, \text{при } u_o < 1, \\ u_0^{-0,5}, \text{при } u_o \geq 1. \end{cases} \quad (3.8)$$

$\cos\theta_1 = 0{,}335357;\ \cos\theta_2 = 0{,}35513.$

Расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта:

$$X = r' + 0{,}5d. \quad (3.9)$$

Угловой коэффициент облученности F_q, определяется по формуле:

$$F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}, \quad (3.10)$$

где F_V, F_H - факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок соответственно, определяемые для площадок, расположенных в секторе 90° в направлении наклона пламени, по следующим формулам:

$$F_V = \frac{1}{\pi}\left\{-E\,\text{arctg}D + E\left[\frac{a^2+(b+1)^2-2b(1+a\sin\theta)}{AB}\right] \times \text{arctg}\left(\frac{AD}{B}\right) + \frac{\cos\theta}{C}\left[\text{arctg}\left(\frac{ab-F^2\sin\theta}{FC}\right) + \text{arctg}\left(\frac{F^2\sin\theta}{FC}\right)\right]\right\}; \quad (3.11)$$

$$F_H = \frac{1}{\pi}\left\{\text{arctg}\left(\frac{1}{D}\right) + \frac{\sin\theta}{C}\left[arctg\left(\frac{ab-F^2\sin\theta}{FC}\right) + \text{arctg}\left(\frac{F^2\sin\theta}{FC}\right)\right] - \left[\frac{a^2+(b+1)^2-2(b+1+ab\sin\theta)}{AB}\right] \times \text{arctg}\left(\frac{AD}{B}\right)\right\}; \quad (3.12)$$

$$a = \frac{2L}{d}; \quad (3.13)$$

$$b = \frac{2X}{d}; \quad (3.14)$$

$$A = \sqrt{(a^2 + (b+1)^2 - 2a(b+1)\sin\theta)}; \quad (3.15)$$

$$B = \sqrt{(a^2 + (b-1)^2 - 2a(b-1)\sin\theta)}; \quad (3.16)$$

$$C = \sqrt{(1 + (b^2 - 1)\cos^2\theta)}; \quad (3.17)$$

$$D = \sqrt{\frac{(b-1)}{(b+1)}}; \quad (3.18)$$

$$E = \frac{a\cos\theta}{b - a\sin\theta}; \quad (3.19)$$

$$F = \sqrt{(b^2 - 1)}, \quad (3.20)$$

$a_1 = 3{,}7335;\ a_2 = 3{,}24834.$

Коэффициент пропускания атмосферы τ для пожара пролива определяется по формуле:

$$\tau = exp[-7 \cdot 10^{-4}(X - 0{,}5d)]. \quad (3.21)$$

Среднеповерхностную интенсивность теплового излучения пламени E_f, определяем по формуле:

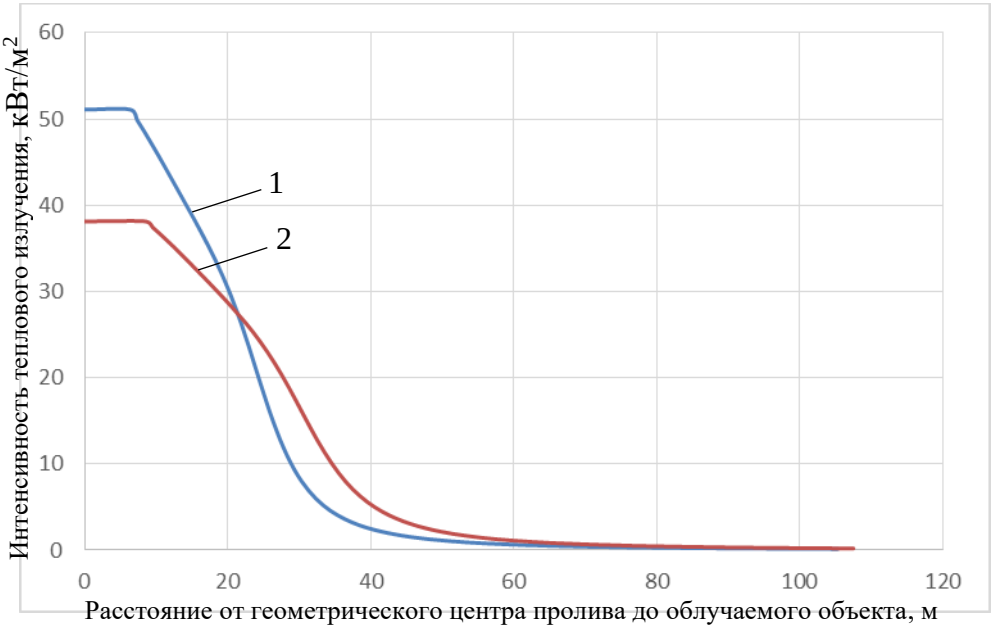
$$E_f = 140e^{-0,12d} + 20(1 - e^{-0,12d}), \quad (3.22)$$

$$E_{f1} = 53,202 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}; E_{f1} = 39,6 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}.$$

Интенсивность теплового излучения q, кВт/м^2, для пожара пролива трансформаторного масла рассчитываем по формуле:

$$q = E_f F_q \tau. \quad (3.23)$$

График зависимости интенсивность теплового излучения от расстояния от геометрического центра пролива до облучаемого объекта, приведён на рисунке 3.6.



1 – для F_1; 2 – для F_2

Рисунок 3.6 - Зависимость интенсивность теплового излучения от расстояния от геометрического центра пролива до облучаемого объекта

Результаты расчётов интенсивности теплового излучения q для площади равной F_1 и F_2 занесены в приложении А.

Расчёт параметры волны давления при взрыве резервуара с перегретой трансформаторным маслом и воздействии на него очага пожара

Избыточное давление ΔP и импульс I^+ в волне давления, образующиеся при взрыве трансформатора с перегретой трансформаторным маслом очаге пожара, определяются но формулам:

$$\Delta P = P_0 \left(0{,}8 \frac{m_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + 3 \frac{m_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + 5 \frac{m_{\text{пр}}}{r^3} \right); \quad (3.24)$$

$$I^+ = 123 \frac{m_{\text{пр}}^{0,66}}{r}; \quad (3.25)$$

$$m_{\text{пр}} = \left(\frac{E_{eff}}{4{,}52} \right) \cdot 10^{-6}, \quad (3.26)$$

где r- расстояние от центра трансформатора, м;

E_{eff} - эффективная энергия взрыва.

Эффективная энергия взрыва, рассчитываемая по формуле:

$$E_{eff} = k C_p m (T - T_b), \quad (3.27)$$

где k - доля энергии волны давления (допускается принимать равной 0,5);

C_p - удельная теплоемкость жидкости (допускается принимать равной 2000 Дж/(кг • К));

m - масса ГЖ, содержащаяся в трансформаторе, кг;

T - температура жидкой фазы, К;

T_b - нормальная температура кипения, К.

В резервуаре установлено предохранительное устройство (клапан или мембрана) величина T определяется по формуле:

$$T = \frac{B}{A - \lg P_{val}} - C_A + 273{,}15, \quad (3.28)$$

где P_{val} - давление срабатывания предохранительного устройства;

A, B, C_A - константы уравнения зависимости давления насыщенных паров жидкости от температуры (константы Антуана), определяемые по справочной литературе.

По формуле 3.28:

$T = 837$ К.

По формуле 3.27:

$E_{eff} = 9844974157$ Дж.

По формуле 3.26:

$m_{\text{пр}} = 2178{,}09$.

График зависимости избыточного давления, образующиеся при взрыве трансформатора с перегретым маслом, от расстояния, приведён на рисунке 3.7.

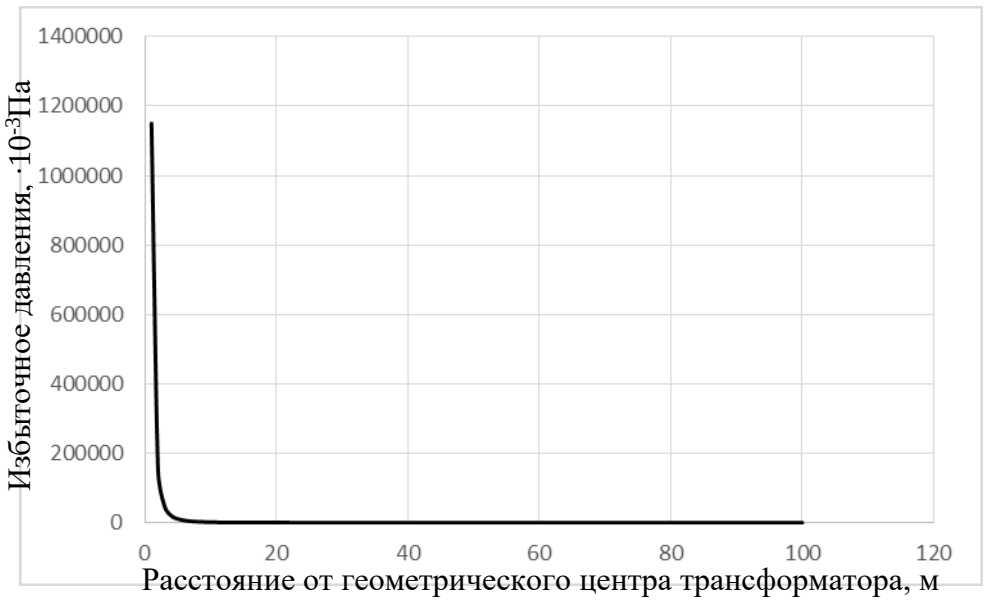


Рисунок 3.7 - Зависимость избыточного давления от расстояния

График зависимости импульса в волне давления, образующиеся при взрыве трансформатора с перегретым маслом, от расстояния, приведён на рисунке 3.8.

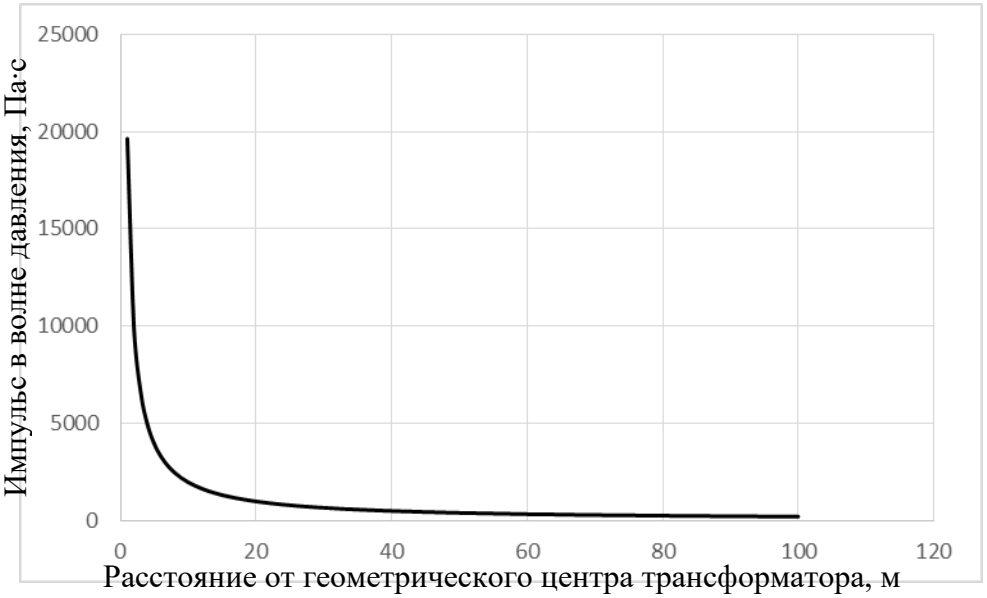


Рис.3.8 - Зависимость импульса в волне давления от расстояния

Результаты расчётов избыточное давление ΔP и импульс I^+ в волне давления занесены в приложении Б.

3.6 Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития

В результате построения полей опасных факторов пожара для рассматриваемых сценариев развития пожароопасных ситуаций и пожаров были определены следующие зависимости и величины.

1. $q_1(r)$ (рис. 3.6, кривая 1) - зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния до границы очага для пожаров, характеризующихся площадью очага (площадью пролива) F_1 = 90 м^2, для ветра средней скорости 1,6 м/с.

2. $q_2(r)$ (рис. 3.6, кривая 2) - зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния до границы очага для пожаров, характеризующихся площадью очага (площадью пролива) F_2 = 178,98 м^2, для ветра средней скорости 1,6 м/с.

3. $\Delta P(r)$ и $I^+(r)$ (рис. 3.7 и 3.8) – зависимости избыточное давление и импульса в волне давления, образующиеся при взрыве трансформатора с перегретой трансформаторным маслом очаге пожара $m_{ГЖ}$ = 46000 кг.

На основе указанных выше зависимостей и величин определяются следующие условные вероятности поражения людей.

1. Q_{dI} - условные вероятности поражения человека опасными факторами пожаров, характеризующихся площадью очага (площадью пролива) F_1 = 90 м^2, пожар в пределах маслоприёмника.

Частота реализации указанных пожаров (сценарии развития пожароопасных ситуаций и пожаров №1, 4, 7 (см. табл. 3.2)) без дополнительных условий по скорости и направлению ветра составляет:

$$Q_I = Q_1 + Q_2 + Q_3, \qquad (3.29)$$

$$Q_I = 2{,}5 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

2. Q_{dII} - условные вероятности поражения человека опасными факторами пожаров, характеризующихся площадью очага (площадью пролива) F_2 = 178,98 м^2, пожар с переливом через маслоприёмник при разрушении трансформатора.

Частота реализации указанных пожаров (сценарии развития пожароопасных ситуаций и пожаров №2, 5, 8 (см. табл. 3.2)) без дополнительных условий по скорости и направлению ветра составляет:

$$Q_{II} = Q_2 + Q_5 + Q_8, \quad (3.30)$$

$Q_{II} = 8{,}6 \cdot 10^{-8}$ год$^{-1}$.

3. Q_{dIII} - условные вероятности поражения человека и зданий опасными факторами пожаров, характеризующихся взрывом трансформатора

Частота реализации указанных пожаров (сценарии развития пожароопасных ситуаций и пожаров №2, 5, 8 (см. табл. 3.2)) без дополнительных условий по скорости и направлению ветра составляет:

$$Q_{III} = Q_3 + Q_6 + Q_9, \quad (3.31)$$

$Q_{III} = 1{,}3 \cdot 10^{-7}$ год$^{-1}$.

Для оценки поражающего воздействия опасных факторов пожара, характерных для рассматриваемых сценариев развития пожароопасных ситуаций и пожаров, использовались вероятностные и детерминированные критерии.

1. Определим условные вероятности поражения человека для сценария Q_{dI}, связанных с возникновением пожаров проливов (F_1 = 90 м^2).

Указанная условная вероятность в зоне непосредственного воздействия пламени пожаров (в пределах очага пожара), принималась равным 1.

Расстояние от границы очага пожара до зоны, где интенсивность теплового излучения пожара равна 4 кВт/м , составляет r_1 = 31 м.

Величина эффективного времени экспозиции t определяется по формуле:

$$t = t_0 + \frac{x}{u}, \tag{3.32}$$

где t_0 - характерное время, за которое человек обнаруживает пожар и принимает решение о своих дальнейших действиях, с (может быть принято равным 5);

x - расстояние от места расположения человека до безопасной зоны (зона, где интенсивность теплового излучения меньше 4 кВт/м2);

u - средняя скорость движения человека к безопасной зоне, м/с (принимается равной 3 м/с)

Значение пробит-функции Pr, определяется по формуле:

$$\mathrm{Pr} = -12{,}8 + 2{,}56\ln(tq^{\frac{4}{3}}), \tag{3.33}$$

где q - интенсивность теплового излучения, кВт/м^2.

Значение условной вероятности поражения в зависимости от значения пробит-функции определяется по формуле:

$$Q_{di}(a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\mathrm{Pr}-5} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) dU \tag{3.34}$$

Приведенная выше формула справедлива при положительных значениях пробит-функции. Значения пробит-функции, меньше или равные нулю, соответствуют условной вероятности поражения, равной нулю.

График зависимости условной вероятности поражения, от расстояния от геометрического центра пролива, приведён на рисунке 3.9.

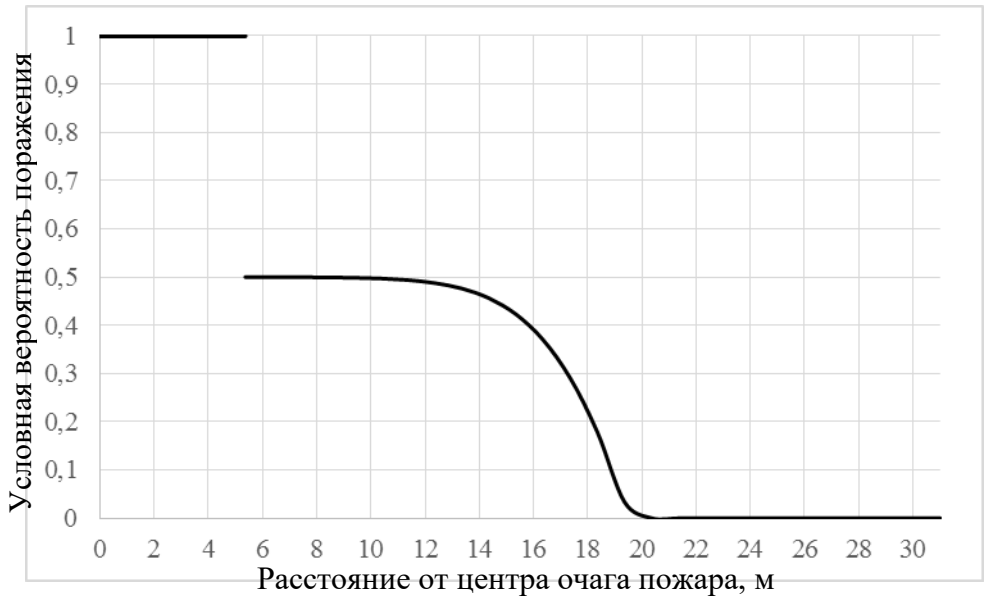


Рис.3.9 - Зависимость условной вероятности поражения человека тепловым излучением от расстояния до очага пожара

Результаты расчётов пробит-функции Pr и условной вероятности поражения Q_{di} человека тепловым излучением для площади F_1 занесены в приложении В.

2. Аналогичным образом определим условные вероятности поражения человека для сценария Q_{dII}, связанных с возникновением пожаров проливов (F_2 = 178,98 м^2).

График зависимости условной вероятности поражения человека тепловым излучением от расстояния до очага пожара, приведён на рисунке 3.10.

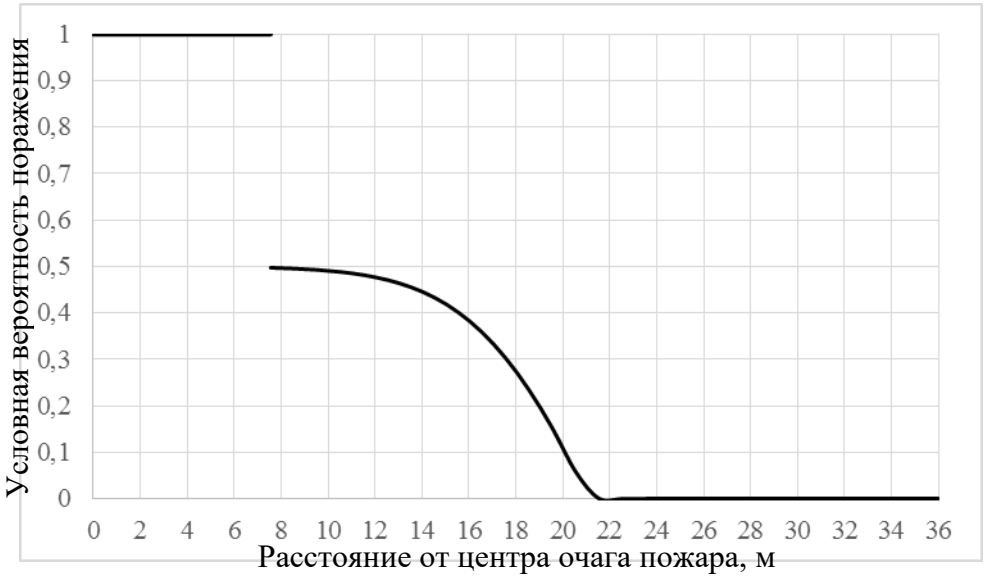


Рис.3.10 - Зависимость условной вероятности поражения человека тепловым излучением от расстояния до очага пожара

Результаты расчётов пробит-функции Pr и условной вероятности поражения Q_{di} человека тепловым излучением для площади F_2 занесены в приложении В.

3. Определим условные вероятности поражения человека для сценария Q_{dIII} связанные с опасными факторами пожаров, характеризующихся взрывом трансформатора.

При воздействии волны давления на человека, находящегося вне здания:

$$\mathrm{Pr} = 5{,}0 - 5{,}74\ln S; \tag{3.35}$$

$$S = \frac{4{,}2}{\bar{P}} + \frac{1{,}3}{\bar{\imath}}; \tag{3.36}$$

$$\bar{P} = \frac{\Delta P}{P_0}; \tag{3.37}$$

$$\bar{\imath} = \frac{I^+}{P_0^{1/2} m^{1/3}}, \tag{3.38}$$

где m - масса тела человека (допускается принимать равной 70 кг), кг;

ΔP - избыточное давление волны давления, Па;

I^+ - импульс волны давления, Па • с;

P_0 атмосферное давление, Па.

Значение условной вероятности поражения в зависимости от значения пробит-функции определяется по формуле 3.34.

График зависимости условной вероятности поражения человека волной давления от расстояния до очага пожара, приведён на рисунке 3.11.

Рис.3.11 - Зависимость условной вероятности поражения человека волной давления от расстояния до очага пожара

Результаты расчётов пробит-функции Pr и условной вероятности поражения Q_{di} человека волной давления занесены в приложении В.

Определим условные вероятности поражения зданий для сценария Q_{dIII} связанные с опасными факторами пожаров, характеризующихся взрывом трансформатора.

Пробит-функции для тяжёлых разрушений зданий определяются по формулам:

$$\Pr = 5{,}0 - 0{,}26\ln V \qquad (3.39)$$

$$V = \left(\frac{17500}{\Delta P}\right)^{8,4} + \left(\frac{290}{I^{+}}\right)^{9,3} \quad (3.40)$$

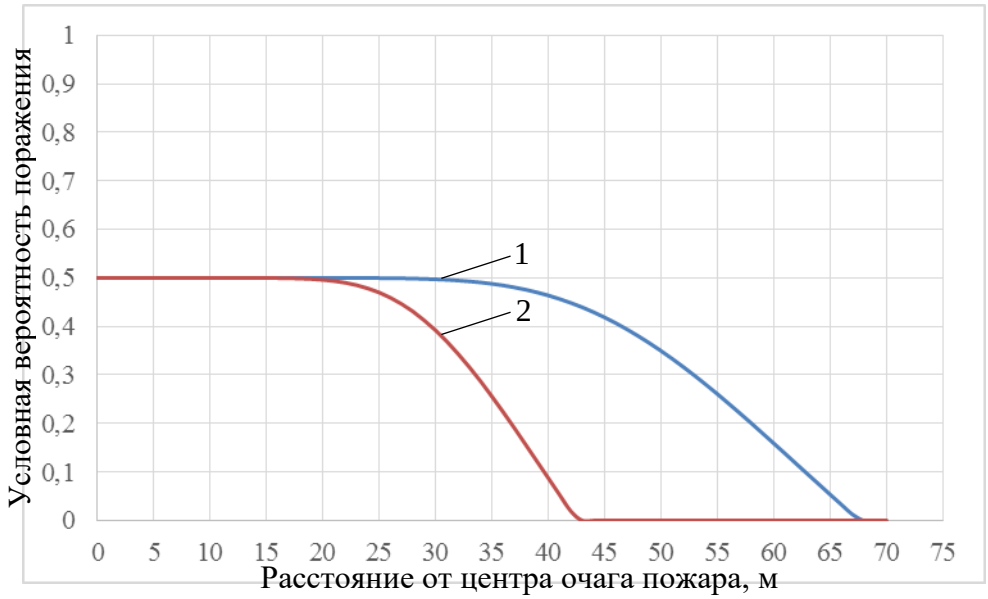
А пробит-функции для полного разрушения зданий определяются по формулам:

$$\mathrm{Pr} = 5,0 - 0,22\ln V \quad (3.41)$$

$$V = \left(\frac{40000}{\Delta P}\right)^{7,4} + \left(\frac{460}{I^{+}}\right)^{11,3} \quad (3.42)$$

Значение условной вероятности поражения в зависимости от значения пробит-функции определяется по формуле 3.34.

График зависимости условной вероятности поражения зданий волной давления от расстояния до очага пожара, приведён на рисунке 3.12.



1 – тяжёлые; 2 – полное

Рис.3.12 - Зависимость условной вероятности поражения зданий волной давления от расстояния до очага пожара

Результаты расчётов пробит-функции Pr и условной вероятности поражения Q_{di} зданий волной давления занесены в приложении В.

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Общая характеристика объекта

В разделе БЖД будет производственное помещение операторная, а также условия работы в нем.

Помещение без окон, рассчитанное на четырёх операторов, работающих на ПЭВМ.

Параметры помещения:

- длина – 6 м;
- ширина – 5 м;
- высота – 2,8 м;
- площадь – 30 $м^2$;
- объем – 84 $м^3$.

Требование к площади на одного работающего регламентируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» и составляет не менее 6 $м^2$. Таким образом, требование соблюдается (в нашем случае площадь составляет 7,5 $м^2$).

4.2 Микроклимат, отопление и вентиляция воздуха в помещении

Микроклимат помещений – это климат внутренней среды помещений.

В помещении в холодный период года предусмотрена водяная система отопления (реализуется 3-мя алюминиевыми радиаторами, расположенными по одному на стенку, кроме стены смежной с коридором).

Так же в особо жаркие летние дни не наблюдается превышение допустимой температуры, так как предусмотрена системы кондиционирования воздуха.

Величина температуры в помещении в холодный период года составляет 23°С.

Величина температуры в помещении в теплый и холодный периоды года поддерживается в диапазоне от 22 до 25°С, что соответствуют требованиям СанПиН 2.2.4.548-96.

4.3 Уровень шума и вибрации в помещении

В производственном помещении при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровень шума на рабочих местах не превышает 50 дБ (значение получено измерением шумомером VoiceLiner SLM-20), что допустимо для данных видов работ в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562–96.

4.4 Рабочее место оператора

Рабочие столы с видеомониторами размещены по два стола в два ряда. Мониторы в рядах развёрнуты друг к другу тыльной стороной, поэтому ряды совмещены и разделены экраном, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов составляет 1,5 м.

Рабочем месте оператора было организованно по всем нормам пространственных параметров, которые представлены в таблице 4.1 и на рисунке 4.1.

Таблица 4.1 - Параметры рабочего места

Пространственные параметры	L, мм
1 Высота сидения	500
2 Высота клавиатуры от пола	750
3 Угол наклона клавиатура	15°
4 Ширина основной клавиатуры	400
5 Глубина основной клавиатуры	200
6 Удаление клавиатуры от края стола	100
7 Высота экрана от уровня пола	1000
8 Угол наклона экрана и нормали	12°
9 Удаленность экрана от края стола	700
10 Высота поверхностей для записей	850
11 Площадь поверхности для записей	600x400
12 Угол наклона поверхности для записей	25
13 Глубина пространства для ног в коленях	400
14 Глубина пространства на уровне ступней	600
15 Высота пространства для ног в коленях	600
16 Высота пространства на уровне ступней	100
17 Ширина пространства для ног на уровне	500
18 Высота подставки для ног	50
19 Угол подставки для ног	20
20 Ширина подставки для ног	300
21 Глубина подставки для ног	400

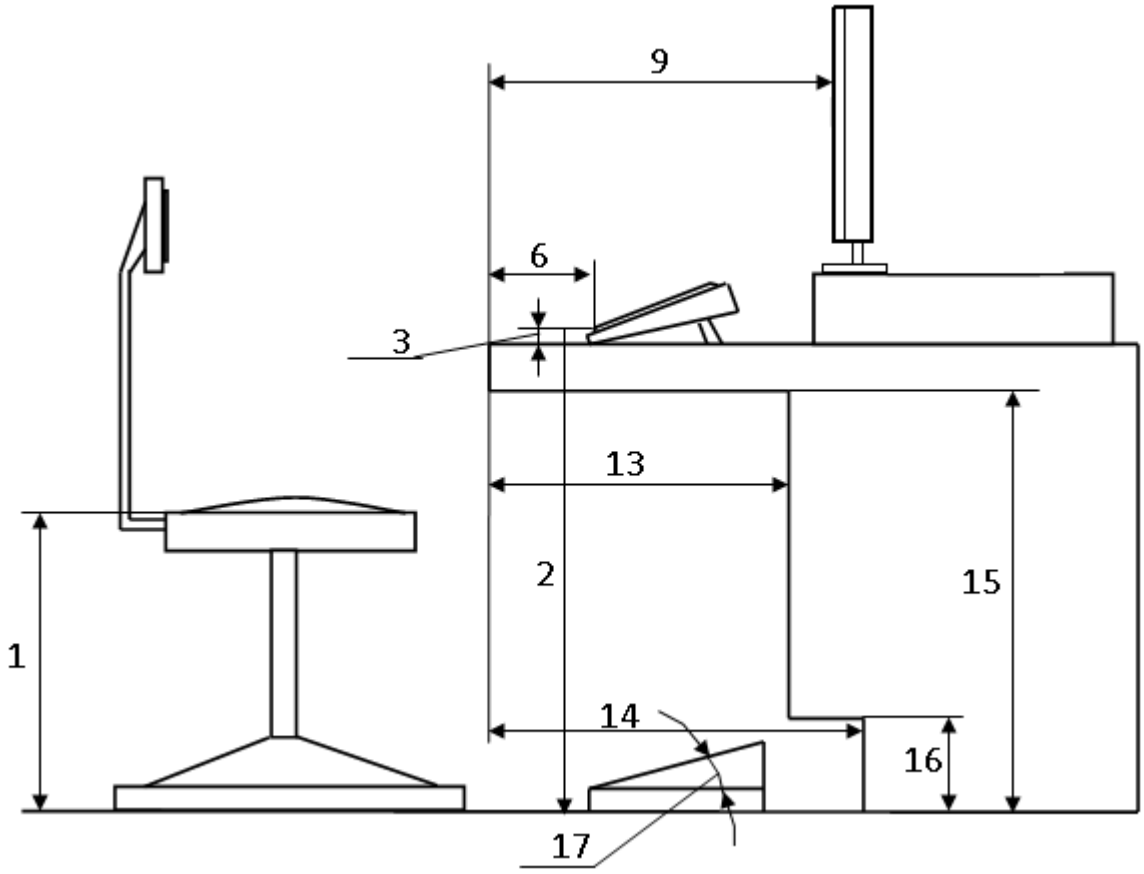


Рисунок 4.1 - Организация рабочего места оператора ПЭВМ

Рабочее место полностью удовлетворяет требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

4.5 Расчет освещенности помещения

Расчет освещенности рабочего места сводится к выбору системы освещения, определению необходимого числа светильников, их типа и размещения. Исходя из этого, рассчитаем параметры искусственного освещения, соответствующие требованиям СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» (актуализированная редакция СНиП 23-05-95*).

Расчет освещения производится для комнаты площадью 30м^2 , ширина которой 5м, высота – 2,8 м. Воспользуемся методом светового потока.

Для определения количества светильников определим световой поток, падающий на поверхность F (Лм) по формуле:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}, \quad (4.1)$$

где E - нормированная минимальная освещенность, Лк (определяется по таблице). Работу оператора, в соответствии с этой таблицей, можно отнести к разряду точных работ, следовательно, минимальная освещенность будет Е = 300Лк;

S - площадь освещаемого помещения (в нашем случае S = 30м^2);

Z - отношение средней освещенности к минимальной (в нашем случаи Z = 1,1);

K - коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (его значение зависит от типа помещения и характера проводимых в нем работ и в нашем случае K = 1,5);

n - коэффициент использования, (выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп и исчисляется в долях единицы; зависит от характеристик светильника, размеров помещения, окраски стен и потолка, характеризуемых коэффициентами отражения от стен ($P_С$) и потолка ($P_П$)), значение коэффициентов: $P_С$=50%, $P_П$=75%.

Индекс помещения I вычисляем по формуле:

$$I = \frac{S}{h(A+B)}, \quad (5.2)$$

где S - площадь помещения, S = 30 м^2;

h - расчетная высота подвеса, h = 2.8 м;

A - ширина помещения, A = 5 м;

B - длина помещения, B = 6 м.

$$I = \frac{30}{2{,}8(5+6)} = 0{,}974.$$

Зная индекс помещения I, по таблице коэффициентов использования различных светильников находим коэффициент использования, n = 0,49.

Подставим все значения в формулу 5.1 для определения светового потока:

$$F = \frac{300 \cdot 1{,}5 \cdot 30 \cdot 1{,}1}{0{,}49} = 30306 \text{ Лк}.$$

Для освещения выбираем светодиодные лампы типа OPL R ECO LED 595, световой поток которых $F_{\text{л}} = 3038$ Лк.

Рассчитаем необходимое количество ламп по формуле:

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}}, \tag{5.3}$$

$$N = \frac{30306}{3038} \approx 9{,}97 = 10 \text{ шт}.$$

На основании расчета устанавливаем пять светильника в ряд. Светильники вмещаются в ряд, так как длина ряда около 5,4 м, а размеры светильника 59,5×59,5 см. Схема расположения светильников представлена на рисунке 4.2.

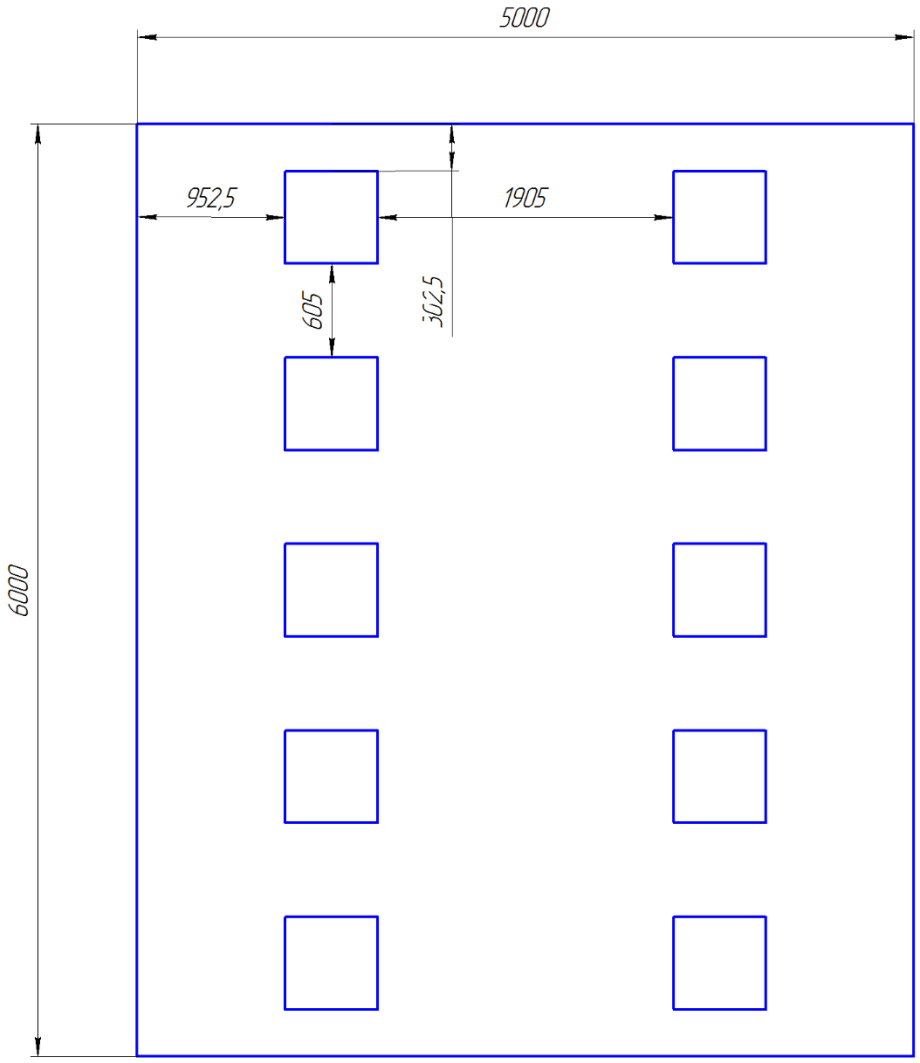


Рисунок 4.2 - Схема расположения светильников

5 Экономическая часть

5.1 Оценка экономического ущерба

Оценим ущерб от аварии на предприятии ЗРУ 220 кВ ЗАО «БоАЗ» в результате возгорания трансформатора и пожара, при 20 минутах его действия, пламя огня распространилось на 90 м2. Пострадало оборудование (трансформатор). Пожар не повлечет простой предприятия, связанных с данным объектом.

Ущерб от пожара на предприятии может быть выражен в общем виде формулой:

$$П_а = П_{пп} + П_{ла} + П_{сэ} + П_{нв} + П_{экол} + П_{втр}, \quad (5.1)$$

где $П_а$- полный ущерб от аварий, руб.;

$П_{пп}$ - прямые потери организации, эксплуатирующий опасный производственный объект, руб.;

$П_{ла}$ - затраты на локализацию/ликвидацию и расследование аварии, руб.;

$П_{сэ}$ - социально-экономические потери (затраты, понесенные вследствие гибели и травматизма людей), руб.;

$П_{нв}$ - потери (убытки) из-за неиспользованных производственных возможностей (или упущенная экономическая выгода), руб.;

$П_{экол}$ - экологический ущерб (урон, нанесенный объектам окружающей природной среды); руб.;

$П_{втр}$ - потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности.

5.1.1 Расчет прямых потерь

Прямые потери ($П_{пп}$) от пожара можно определить по формуле:

$$П_{пп} = П_{оф} + П_{тмц} + П_{им}, \quad (5.2)$$

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

$П_{тмц}$ - потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) товарно-материальных ценностей (продукции, сырья и т.п.), руб.;

$П_{им}$ - потери в результате уничтожения (повреждения) имущества третьих лиц, руб.

Потери предприятия в результате уничтожения и повреждения пожаром его основных фондов - производственных и непроизводственных ($П_{оф}$), определим, как сумму потерь в результате уничтожения ($П_{офу}$) и повреждения ($П_{офп}$) основных фондов:

$$П_{оф} = П_{офу} + П_{офп}, \quad (5.3)$$

Проектная стоимость трансформатора, составляет 20 038 000 руб., стоимость замещения уничтоженного трансформатора с учетом расходов по перевозке, монтажу составит 1 061 080 руб. ($П_{офу}$)

Так же повреждено большое количество силовых кабельных линий - 180000 руб. ($П_{офп}$)

Таким образом, потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) основных фондов $П_{оф}$:

$$П_{оф} = 20038000 + 1061080 + 180000 = 21279080 \text{ руб.}$$

Потери предприятия в результате уничтожения пожаром товарно-материальных ценностей ($П_{тмц}$) можно определить по сумме потерь каждого вида ценностей следующим образом:

$$П_{тмц} = \sum_{i=1}^{n} П_{Ti}, \quad (5.4)$$

где $П_{Ti}$ – стоимость ущерба, причиненного i-му виду товаров, хранящемуся на предприятии ($П_{Т}$), руб.;

n – число видов товара, которым причинен ущерб в результате пожара.

Здесь потери продукции включает в себя стоимость 50850 литров трансформаторного масла. Считаем, что один литр стоит 210 рублей. Тогда потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) товарно-материальных ценностей (продукции, сырья и т.п.):

$$П_{тмц} = 50850 \cdot 210 = 10678500 \text{ руб.}$$

Таким образом, по формуле 5.2 прямые потери от пожара составляют:

$$П_{пп} = 21279080 + 10678500 = 31957580 \text{ руб.}$$

5.1.2 Расчет затрат на ликвидацию пожара

Разлившиеся трансформаторное масло займёт площадь 90 м^2, т.е трансформаторное масло займет площадь маслоприемника. Дальнейший рост площади пожара происходить не будет, т.к. площадь пожара ограничена маслоприемником и в течении одного часа его ликвидируют. При этом будет использоваться 2 автоцистерны, которые израсходуют 18,88 тонн воды и 648 литров пенообразователя.

Суммарные затраты на ликвидацию пожара определяем по формуле:

$$П_{л} = С_{тех}^{общ} + С_{ов}^{общ}, \quad (5.5)$$

где $С_{тех}^{общ}$ – общая стоимость работ пожарной техники, руб.;

$С_{ов}^{общ}$У- общая стоимость огнетушащих веществ, руб.

Стоимость работы используемой пожарной техники на пожаре определяется по формуле:

$$С_{тех}^{общ} = С_{ац} \cdot n, \quad (5.6)$$

где $С_{ац}$ - стоимость работы АЦ;

n – количество АЦ.

Стоимость работы АЦ на пожаре определяется по формуле:

$$С_{ац} = С_{топ} + С_{См}, \quad (5.7)$$

где $С_{топ}$- стоимость расходуемого топлива, руб.;

$С_{См}$ – стоимость смазочных материалов, руб.

Стоимость расходуемого топлива АЦ на пожаре определяется по формуле:

$$С_{топ} = q \cdot \tau \cdot c_{дт}, \quad (5.8)$$

где q - расход топлива (л) АЦ на 1 минуту работы с насосом (0,25 л/мин);

τ – время работы АЦ (60 минут);

$c_{дт}$ – стоимость 1 литра дизельного топлива (38 руб/л).

$$С_{топ} = 0{,}25 \cdot 60 \cdot 38 = 570 \text{ руб.}$$

Стоимость смазочных материалов определяется по формуле:

$$С_{См} = 0{,}25 \cdot С_{топ}, \quad (5.9)$$

$$С_{См} = 0{,}25 \cdot 570 = 142{,}5 \text{ руб.}$$

По формуле 5.7:

$$С_{ац} = 570 + 142{,}5 = 712{,}5 \text{ руб.}$$

По формуле 5.6:

$$С_{тех}^{общ} = 712{,}5 \cdot 2 = 1425 \text{ руб.}$$

Стоимость израсходованных огнетушащих веществ определяем по формуле:

$$С_{ов}^{общ} = С_{по} + С_{в}, \quad (5.10)$$

где $С_{по}$ – стоимость требуемого пенообразователя;

$С_{в}$ – стоимость требуемой воды.

Рассчитываем стоимость требуемого пенообразователя по формуле:

$$С_{по} = Ц_{по} \cdot W_{по}, \quad (5.11)$$

где $Ц_{по}$ - цена 1 тонны пенообразователя (41000 руб/т);

$W_{по}$ - количество пенообразователя.

Рассчитываем количество требуемого пенообразователя по формуле:

$$W_{\text{по}} = \rho_{\text{по}} \cdot V_{\text{по}}/1000, \quad (5.12)$$

где $\rho_{\text{по}}$ – плотность пенообразователя (1100 кг/м^3);

$V_{\text{по}}$- объём пенообразователя (0,648 м^3).

$$W_{\text{по}} = 1100 \cdot \frac{0,648}{1000} = 0,7128 \text{ т.}$$

По формуле 5.11:

$$\text{С}_{\text{по}} = 41000 \cdot 0,7128 = 29224,8 \text{ руб.}$$

Рассчитываем стоимость требуемой воды по формуле:

$$\text{С}_{\text{в}} = \text{Ц}_{\text{в}} \cdot W_{\text{в}}, \quad (5.13)$$

где $\text{Ц}_{\text{в}}$ - цена 1 тонны воды (210 руб/т);

$W_{\text{в}}$ - количество воды (18,88 т).

$$\text{С}_{\text{в}} = 210 \cdot 18,88 = 3964,8 \text{ руб.}$$

По формуле 5.10:

$$\text{С}_{\text{ов}}^{\text{общ}} = 29224,8 + 3964,8 = 33189,6 \text{ руб.}$$

Исходя из этого суммарные затраты на ликвидацию пожара равны, по формуле 5.5:

$$П_л = 1425 + 33189{,}6 = 34615 \text{ руб.}$$

5.2 Расчёт экономического ущерба

Вычисляем экономический ущерб от пожара на предприятии, в следствии аварии на Трансформаторе № 1, по формуле 5.1:

$$П_а = 31957580 + 34615 = 31992195 \text{ руб.}$$

Итак, подводя итоги скажем, что общая сумма ущерба составит 31992195 рублей. В эту сумму входят прямые потери предприятия в результате уничтожения трансформатора № 1 и затраты на ликвидацию пожара. Но так как велика вероятность, что трансформатор при пожаре взорвётся, что повлечёт переброс пожара на соседние объекты, в данном случаи Трансформатор № 2, то общая сумма экономического ущерба предприятия увеличится вдвое, что равняется 63984390 рублей.

5.3 Расчет затрат на приобретение и монтаж автоматической системы пожаротушения

Рассмотрев возможные технические решения, сделали вывод, что для данного объекта подойдёт «Автоматические установки пожаротушения на базе лафетных стволов (ЛС) с осцилляторами для защиты объектов энергетики России» разработанное ЗАО "Инженерный центр пожарной робототехники "ЭФЭР".

Для расчета затрат на приобретение и монтаж автоматической установки пожаротушения на базе лафетных стволов (ЛС) с осцилляторами на один трансформатор (так как они идентичны) воспользуемся формулой:

$$З_{общ} = З_{мат} + З_{мон}, \quad (5.14)$$

где $З_{мат}$ – материальные затраты;

$З_{мон}$ – затраты на монтаж установки (2100000 руб.).

Материальные затраты предприятия можно определить следующим образом:

$$З_{мат} = \sum_{i=1}^{n} С_Т \cdot k_i, \quad (5.15)$$

где $С_Т$ – стоимость единицы i-го вида товаров;

k_i – количество i-го вида товаров;

n – число видов товара.

Материалы необходимые для монтажа автоматической установки пожаротушения на базе лафетных стволов (ЛС) с осцилляторами приведены в Таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Список материалов

№	Наименование товара	Количество	Стоимость единицы
1	Лафетных стволов (ЛС) с осцилляторами	4 шт	115000 руб/шт
2	Трубопровод Ø219×6,0	138 м	1145 руб/м
3	Трубопровод Ø89×3,5	6 м	232 руб/м
4	Автоматическая запорная арматура Ø219	2 шт	50000 руб/шт
5	Термостойкие провода 1 мм^2	1000 м	200 руб/м

Исходя из этого материальные затраты равны, по формуле 5.15:

$$З_{мат} = 115000 \cdot 4 + 1145 \cdot 138 + 232 \cdot 6 + 50000 \cdot 2 + 200 \cdot 1000 =$$
$$= 919402 \text{ руб.}$$

Затраты на приобретение и монтаж автоматической установки пожаротушения на базе лафетных стволов (ЛС) с осцилляторами на один трансформатор равен, по формуле 5.14:

$$З_{общ} = 919402 + 2100000 = 3019402 \text{ руб.}$$

Таким образом затраты на автоматические установки пожаротушения для 3-х трансформаторов равны 9058206 рублей, что около 7 раз меньше потенциального ущерба.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дипломная работа посвящена рассмотрению вопроса оценки пожарных рисков закрытого распределительного устройства ЗАО «Богучанский Алюминиевый завод». В процессе выполнения работы были проанализированы основные причины возникновения пожаров, произведён расчёт и оценка пожарных рисков и их последствий на территории ЗРУ 220 кВ. На основании проведенных исследований были разработаны методические рекомендации для ЗАО «БоАЗ», которые будут способствовать в дальнейшем формированию положительной динамики количества пожаров, материального ущерба, гибели и травмирования людей.

Данные материалы настоящего исследования могут быть использованы для организации производства на ЗРУ 220 кВ, ЗАО «Богучанского Алюминиевого завода».

Поставленные цели и задачи в выпускной квалификационной работе выполнены в полном объеме.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Законы и нормативные документы

1. Федеральный закон РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» - СПС Гарант, 2010.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 марта 2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» - СПС Гарант, 2010.
3. Приказ МЧС от 10.07.2009 г №404 «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» - СПС Гарант, 2010.
4. Приказ МЧС от 30.06.2009 г №382 «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» - СПС Гарант, 2010.
5. ГОСТ 30403-96 Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности. - СПС Гарант, 2010.
6. ГОСТ Р 12.3.047-98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» - СПС Гарант, 2010.
7. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. - СПС Гарант, 2010.
8. ГОСТ 12.1.033-81 Пожарная безопасность. Термины и определения. - СПС Гарант, 2010.
9. ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. - СПС Гарант, 2010.
10. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений. - СПС Гарант, 2010.
11. МДС 21-1.98 Предотвращение распространения пожара (Пособие к СНиП 21-01-97) - СПС Гарант, 2010.
12. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений. - СПС Гарант, 2010.
13. РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов» - СПС Гарант, 2010.
14. РД 03-409-01 «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» - СПС Гарант, 2010.

Научная литература

15. Акимов, В.А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах: Учебное пособие / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев. – М.: Деловой экспресс, 2004.
16. Баратов, А.Н. Пожарная опасность строительных материалов./ А.Н.Баратов - М.: Стройиздат., 1988.
17. Мировая пожарная статистика/ Н.Н.Брушлинский, П. Вагнер, С.В. Соколов, Д. Холл– М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. – 126 с.

18. Брушлинский, Н.Н. К вопросу о вычислении рисков / Н.Н. Брушлинский, Клепко Е.А. // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.: ВИНИТИ. –2004, вып. 1.

19. Брушлинский Н.Н. О понятии пожарного риска и связанных с ним понятиях // Пожарная безопасность. – 1999, № 3.

20. Брушлинский Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы – М.: Стройиздат, 1981. – 96 с.

21. Брушлинский, Н.Н. Оценка рисков пожаров и катастроф / Н.Н. Брушлинский, Глуховенко Ю.М. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНИТИ. – 1992, вып. 1 – С. 13-39.

22. Брушлинский, Н.Н. Снова о рисках и управлении безопасностью систем // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНИТИ. – 2002, вып. 4.

23. Гражданская защита. Понятийно-терминологический словарь / Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: Издательство «Флайст», Инф.-изд. Центр «Геополи-тика», 2001.

24. Демехин, В.Н. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре/ В.Н.Демехин, И.Л. Мосалков, Г.Ф.Плюснина, Б.Б.Серков, А.Ю.Фролов, Е.Т. Шурин - М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.

25. Еремина, Т.Ю. Эффективные решения в обеспечении пожарной безопасности зданий и сооружений в Российской Федерации/ Т.Ю. Еремина – 2008.

26. Ковалевич,О.М. К вопросу об определении «степени риска»/ О.М. Ковале-вич //Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНИТИ.– 2004, вып. 1.

27. Кошмаров, Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учеб. пособие / Ю. А. Кошмаров – М.: Академия ГПС МВД РФ, 2000.

28. Методика оценки пожарного риска для объектов общественного назначения (проект).- М.: ВНИИПО МЧС России, 2008.-105с.

29. Методика оценки пожарного риска для объектов производственного назначения (проект).- М.: ВНИИПО МЧС России, 2008.-105с.

30. Пожарные риски: основные понятия/под ред. Н.Н.Брушлинского – М.: Национальная академия наук пожарной безопасности, 2004.

31. Пожарные риски. Вып. 2. Динамика пожарных рисков/ Под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2005. – 82 с.

32. Пожарные риски. Вып.4. Управление пожарными рисками / Под ред. Н.Н. Брушлинского, Ю.Н.Шебеко. - М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2006.

33. Пожарные риски: основные понятия/под ред. Н.Н.Брушлинского – М.: Национальная академия наук пожарной безопасности, 2008.

34. Применение полевого метода математического моделирования пожаров в помещениях. Методические рекомендации. - ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003.

35. Пузач, С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрыво-

безопасности: Монография/ С.В. Пузач - М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. - 336 с.

36. Пузач, С.В. Новые представления о расчете необходимого времени эвакуации людей и об эффективности использования портативных фильтрующих са-моспасателей при эвакуации на пожарах: Монография / С.В. Пузач, А.В.Смагин, О.С. Лебедченко, Е.С. Абакумов - М.: Академия ГПС МЧС Рос-сии, 2007. 222 с.

37. Рекомендации «Огнестойкость и пожарная опасность совмещенных покрытий с основой из стального профилированного листа и утеплителями из пенополистирола». М: ФГУ ВНИИПО, 2008. 16 с.

38. Собурь, С.В. Пожарная безопасность предприятия/ С.В. Собурь - М.: Пож-книга, 2004.

39. Собурь С.В. Пожарная безопасность общественных и жилых зданий/ С.В. Собурь - М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.

40. Теребнев, В.В., Основы пожарного дела/ В.В. Теребнев, Н.С. Артемьев, К.В. Шадрин - М.: Центр Пропаганды, 2006.

41. Требование пожарной безопасности строительных норм и правил: Сборник нормативных документов. - Вып. 13. Ч. 5. Документы Государственной противопожарной службы МЧС России. - М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004.

42. Холщевников, В.В. Эвакуация и поведение людей при пожарах: Учеб. по-собие / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. - 212 с.

43. Шебеко, Ю.Н. Оценка пожарного риска для берегового перевалочного комплекса аммиака / Ю.Н. Шебеко, И.А. Болодьян, В.П. Молчанов и др. // Пожарная безопасность. – 2004, № 3.

44. А.В. Матюшин, М.В. Угрюмов, М.М. Шлепнев. Рекомендации по выбору оптимальных требований, предъявляемых надзорными органами МЧС России к техническому обеспечению пожарной безопасности образовательных учреждений. М.: ФГУ ВНИИПО, 2004. – 64 с.

Интернет-ресурсы

45. Официальный сайт МЧС: Статистика - www.mchs.gov.ru/stats/