

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

Организация системы молниезащиты аммиаксодержащих резервуаров

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 441 группы
направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»
код и наименование направления, специальности
Института химии

Шелухиной Алины Александровны

Научный руководитель

доцент, к.х.н.
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

В. З. Углова
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина
инициалы, фамилия

Саратов 2021 год

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время увеличилось число аварий, связанных с молниевыми разрядами. Удар молнии скрывает в себе большое разрушительное воздействие. В случае прямого попадания разряда в объект, возможно возгорание объекта, при непрямом попадании молнии волна перенапряжения может распространяться на несколько километров и выводить из строя экономически, стратегически важное, дорогостоящее оборудование. Согласно статистике, около 40% возгораний, связанных с нарушением правил устройства и эксплуатации электрооборудования, вызваны самыми мощными факторами импульсного воздействия – молниями.

Существует несколько видов молниезащиты – пассивная и активная. При установке пассивных систем молниезащиты объект приходится пронизывать проводами – токоотводами. В некоторых случаях (например, если здание большое) данная процедура будет весьма дорогостоящей. В то же время, активная система молниезащиты дает возможность ограничиться установкой лишь одного молниеприемника. При его обслуживании отпадает необходимость непрерывного контроля большого количества болтовых и других соединений, которые в течение зимы под воздействием снега, льда и низких температур часто повреждаются и весной им в обязательном порядке необходимо восстановление или же замена некоторых частей. В зависимости от типа активного молниеотвода и высота установки радиус защищаемой им территории может составлять до 100 метров, тем самым он защищает не только само строение, но и окружающие его в радиусе действия другие объекты.

Повышение этажности застройки, ответственности объектов, увеличение оснащенности практически всех зданий компьютерными, информационными системами, микропроцессорными средствами управления, чувствительными к импульсным перенапряжениям и помехам в электрических сетях, сделали задачу совершенствования молниезащиты чрезвычайно актуальной.

Целью бакалаврской работы является повышение уровня безопасности опасного промышленного объекта – аммиачных шаровых резервуаров – путем внедрения оптимальной системы молниезащиты.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1) оценить опасности и возможные причины их реализации на исследуемом опасном промышленном объекте;

2) рассчитать возможные последствия химической аварии на объекте (оценить параметры, характеризующие химическую и взрывную опасности);

3) рассчитать основные параметры возможных систем молниезащиты, оценить их эффективность; сформулировать рекомендации по повышению уровня безопасности объекта;

4) дать экономическую оценку исследуемым системам молниезащиты.

Автореферат изложен на 12 страницах, состоит из введения, трех разделов и заключения. Текст сопровождается 2 таблицами и 1 рисунком.

Раздел 1 Обзор литературы «Молния. Поражающее воздействие удара»

Молния – огромный электрический искровой разряд в атмосфере, обычно происходящий во время грозы, проявляющийся яркой вспышкой света и сопровождающим её громом. Сила тока в разряде молнии достигает от 10 до 300 тысяч ампер, напряжение – от десятков миллионов до миллиарда вольт. Мощность разряда – 1-1000 ГВт. Количество электричества, расходуемого молнией при разряде – от 2 до 10 кулон.

Разберем стандартный случай облака над равниной, имеющий отрицательное дно. У облака потенциал намного более отрицателен, чем у земной поверхности, следовательно, электроны будут ускоряться по направлению к земной поверхности – это явление, названное «ступенчатым лидером», выглядит как святящееся пятно. Оно проходит около 50 метров и

останавливается (около 50 мкс), потом снова продвигается по направлению к земле до тех пор, пока не достигнет земли.

В момент, когда нисходящий лидер коснется земли, образуется «проводник», который тянется до самой тучи и полон отрицательного электричества. Таким образом, отрицательный заряд покидает облако. Происходит яркое свечение и интенсивный нагрев канала до температуры порядка десятков тысяч градусов Цельсия, которое приводит к быстрому расширению воздуха и, как следствие, громовому удару. Ток в пике молнии достигает 250 кА и уносит около 20 кулон электричества.

Спустя небольшой отрезок времени, который может составлять несколько сотых секунды после исчезновения молнии, вниз стремительно движется новый лидер – он называется «темным лидером», и весь путь сверху донизу он преодолевает одним скачком. Он перемещается по прежнему пути. Новый лидер также насыщен отрицательным электрическим зарядом. В момент касания земли появляется обратная молния, мчащаяся по тому же пути.

1.1 Воздействие молнии на объекты

При прямом ударе возникают разные воздействия на объект:

1. Электрические.
2. Термические.
3. Механические.

Вторичные воздействия молнии являются следствием воздействия на объект электромагнитного поля, рассматриваемые в виде электростатической и электромагнитной индукции.

1.2 Основные понятия и виды молниезащиты

Молниезащита – это комплекс технических решений и специальных приспособлений для обеспечения безопасности здания, а также имущества и людей, находящихся в нем. Основные ее виды:

1. *Молниеприемная сеть.*

2. *Тросовая молниезащита.*
3. *Стержневой молниеотвод.*
4. *Активная молниезащита.*

1.3 Концепции определения защитного действия молниеотводов

Рассмотрим эти концепции:

1. Первая концепция. Она основывается на вычислении электрической прочности разрядных промежутков, образовавшихся между лидером и заземленными объектами на поверхности земли.
2. Вторая концепция. Она основывается на том, что при достижении высоты H_0 лидер может перекрыть любой промежуток на поверхности земли.

1.4 Зоновая концепция молниезащиты

На основе требований норм и стандартов формируется зонавая концепция молниезащиты. Они разрабатываются на стадии формирования рабочего объекта. Ее основными принципами являются:

1. Использование строительных конструкций с металлическими элементами, связанными между собой и заземлением;
2. Наличие исправной и правильно настроенной системы заземления и выравнивания потенциалов;
3. Разделение объекта на защитные зоны и проектирование системы защиты от молний относительно категории молниезащиты каждой зоны;
4. Выполнение правил размещения оборудования, подлежащего защите, и его связь с проводниками, способными оказать опасное воздействие или вызывать наводки

1.5 Зона молниезащиты

В настоящее время зоны разделяются с точки зрения прямого и непрямого воздействия на:

1. Зона 0_A – зона внешней среды объекта, все точки которой могут подвергаться прямому удару молнии;
2. Зона 0_B – зона внешней среды объекта, все точки которой не подвергаются воздействию прямого удара молнии;
3. Зона 1 – внутренняя зона объекта, точки которой не подвергаются воздействию прямого удара молнии;
4. Зона 2 и т.д.

1.6 Защита от вторичного воздействия удара молнии

Экранирование – самый важный способ уменьшить электромагнитные помехи. В качестве защитного экрана может использоваться металлическая конструкция.

Аналогичная экранная структура формируется, например, стальной арматурой крыши, стен, полов здания, а также металлическими деталями крыши, фасадов, стальных рам, решеток. Эта экранирующая структура образует электромагнитный экран с отверстиями (через окна, двери, вентиляционные отверстия, расстояние решетки в арматуре, щели в металлическом фасаде, отверстия для линий электропередачи и т. Д.). Для уменьшения влияния электромагнитных полей все металлические элементы объекта электрически объединяются и соединяются с системой молниезащиты.

Раздел 2 Расчетная часть

На объекте (аммаксодержающие шаровые резервуары) возможно возникновение ЧС по различным сценариям. В качестве объекта рассматривается площадка аммиачных резервуаров, длина которой составляет 100 м и ширина – 30 м, на которой расположено 6 резервуаров (3000 м³).

Основные сценарии потенциальной аварии при возможном воздействии на него удара молнии:

1. Разгерметизация оборудования и, как следствие, утечка аммиака в окружающую среду
2. Образование аммиака с воздухом взрывоопасно смеси с последующим взрывом или пожаром.

Последствия развития реализованных опасностей в случае удара молнии в шаровой резервуар представлены на рисунке 1 в виде «дерева отказов».

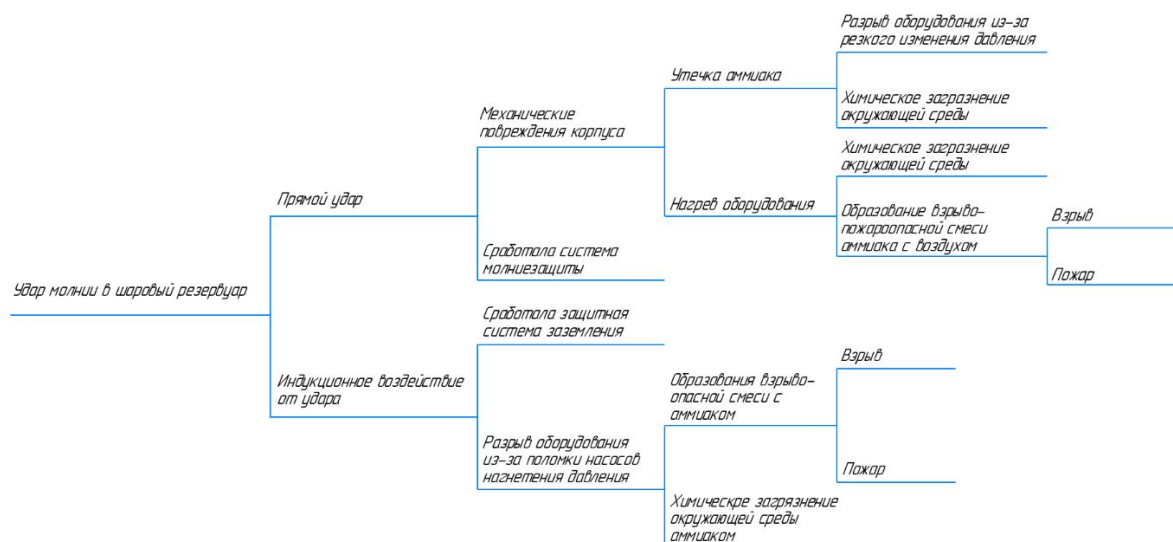


Рисунок 1 – Дерево отказов.

2.1 Аммиак. Общая информация

В бакалаврской работе рассмотрены возможные системы молниезащиты емкостей, содержащих сжиженный безводный аммиак.

Аммиак легко переходит в бесцветную жидкость с плотностью 681,4кг/м³, сильно преломляющую свет. Жидкий аммиак практически не проводит электрический ток [23]. Жидкий аммиак – хороший растворитель для очень большого числа органических, а также для многих неорганических соединений. Твёрдый аммиак – бесцветные кубические кристаллы.

Газообразный аммиак вызывает острое раздражение слизистых оболочек, слезотечение, удушье. Жидкий аммиак или струя газа, попадая на кожу человека, вызывает сильные ожоги. Порог восприятия обонянием – 0,50–0,55 мг/м³; концентрация, опасная для жизни – 350–700 мг/м³; концентрация, смертельная для жизни, – 1500–2700 мг/м³ при вдыхании в течение 0,5–1,0 ч.

Согласно, по своим свойствам аммиак в сниженном состоянии относится к трудногорючим веществам, однако при нормальных условиях аммиак при контакте с воздухом образует взрывоопасную смесь. Поэтому все оборудование должно быть герметично и иметь взрывозащищенное исполнение. Также необходимо иметь вентиляционные отсосы в местах возможных выделений аммиака.

2.2 Исходные данные для расчета

В качестве объекта рассматривается площадка аммиачных резервуаров, длина которой составляет 100 м и ширина – 30 м.

На площадке установлено 6 шаровых резервуаров объемом 3000 м³. Каждый резервуар содержит 1330 т. сжиженного аммиака.

2.3 Характеристики молнии

Определим число ударов молнии в отдельный молниеприемник.

$$N = 1,5 * 3,14 * 30 * 14^2 * 10^{-6} = 0,03$$

Таким образом, число ударов молнии в год в отдельный молниеприемник равняется 0,03, то есть вероятность попадания удара молнии относительно высока.,

Рассмотрим условия попадания молнии на всю площадку ресиверов с аммиаком. Для этого воспользуемся формулой 2.

$$N = (30 + 6 * 14)(100 + 6 * 14) - 7,7 * 14^2 * 30 * 10^{-6} = 0,58$$

По результатам расчетов, число попадания ударов молнии в год на площадку хранения аммиака равна 0,58 ударов. Что также свидетельствует о высокой вероятности возникновения техногенной ЧС.

2.4 Анализ возможного заражения окружающей среды аммиаком

Глубина зоны заражения хлором в зимнее время (январь) в результате аварии может составить 6,17 км; эквивалентное количество первичного облака равно 0,66 т, вторичного облака – 12,3 т продолжительность действия источника заражения – более 160 минут. В зону заражения не попадает ни одно из близлежащих селений, но попадает трасса Р-229 и река Большой Иргиз.

Глубина зоны заражения хлором в результате аварии в летнее время (июль) может составить 6,53 км; эквивалентное количество первичного облака равно 2,2 т, вторичного облака – 12,3 т продолжительность действия источника заражения – около 50 минут. В зону заражения также попадает трасса Р-229, река Большой Иргиз, а также линия железной дороги. Рядом с границей зоны заражения находится станция железной дороги Юльевка (рисунок 10).

Рассмотрев два варианта возможной аварии, можно утверждать, что при разных климатических условиях (зима и лето) глубина заражения меняется не критически (6,17 км и 6,53 км соответственно), но при более высоких температурах уменьшается время испарения аммиака – более, чем в 3 раза. Также в зимнее время года эквивалентное количество вещества почти в 4 раза меньше, при этом эквивалентное количество вещества во вторичном облаке одинаково (12,3) т.

2.5 Анализ объекта без системы молниезащиты

В случае возникновения взрыва на площадки с аммиачными резервуарами, зона полного разрушения (8,55 м от эпицентра) не покидает границы резервуара. Сильное и среднее разрушения затрагивают соседние резервуары (12,56 м и 21,6 и соответственно). Границы умеренного разрушения не выходят за границы площадки с аммиачным оборудованием (63 м). Зона малых повреждений выходит за границы площадки с аммиачными ресиверами, но не затрагивает другие объекты на производстве.

2.6 Анализ систем молниезащиты

Результаты расчетов всех видов систем молниезащиты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сводная таблица основным характеристик систем молниезащиты

Система молниезащиты	Высота молниеприемника	Максимальная высота защищаемой зоны	Радиус защиты на уровне объекта	Радиус защиты на уровне земли
Одиночная стержневая	48,5	44,67	50	72,3
Двойная стержневая	40	36,8	35,5	60
Множественная стержневая	37	34,04	32,39	55,5
Одиночная тросовая	35	24,84	30,22	45,9
Двойная тросовая	35	32,2	31,88	59,5

Таким образом, самой оптимальной системой будет являться одиночная тросовая система молниезащиты. Высота расположения молниезащиты на 3 м, 5 м, 13,5 м меньше, чем у стержневых множественной, двойной и одиночной

соответственно. По сравнению с двойной стержневой, при одинаковой высоте молниеприемников, необходимо в два раза меньше оборудования для защиты объекта.

Раздел 3 Экономическая часть

Для расчета наиболее оптимального варианта молниезащиты проведем сравнительный анализ стоимости материалов всех типов молниеприемников.

Расчет стоимости одиночного стержневого молниеприемника не представляется возможным, так как современные магазины могут предоставить молниеприемники максимальной высотой не более 40 метров, а для защиты такого объекта необходим молниеприемник высотой не менее 48,5 метров.

Итоговые результаты занесены в таблицу 2.

Таблица 2 – Итоговые результаты

Тип защиты	Стоимость материалов, руб.
Двойная стержневая система молниезащиты	1 254 160,00
Многократная стержневая система молниезащиты	2 180 320,00
Одиночная тросовая система молниезащиты	1 107 660,00
Двойная тросовая система молниезащиты	2 083 320,00

Таким образом, самой экономически выгодной системой является одиночная тросовая система молниезащиты. Её стоимость примерно на 5% ниже, чем двойной стержневой. Самыми дорогостоящими являются многократная стержневая и двойная стержневая системы молниезащиты, их стоимость почти в два раза больше, чем у одиночной тросовой системы молниезащиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных теоретических и практических (расчетных) исследований сформулированы следующие выводы:

1. При разных климатических условиях (зима и лето) глубина заражения меняется не критически (6,17 км и 6,53 км соответственно), но при более высоких температурах уменьшается время испарения аммиака – более, чем в 3 раза. Также в зимнее время года эквивалентное количество вещества почти в 4 раза меньше, при этом эквивалентное количество вещества во вторичном облаке одинаково (12,3) т.

2. В случае возникновения взрыва на площадки с аммиачными резервуарами, зона полного разрушения (8,55 м от эпицентра) не покидает границы резервуара. Сильное и среднее разрушения затрагивают соседние резервуары (12,56 м и 21,6 м соответственно). Границы умеренного разрушения не выходят за границы площадки с аммиачным оборудованием (63 м). Зона малых повреждений выходит за границы площадки с аммиачными ресиверами, но не затрагивает другие объекты на производстве.

3. Самой оптимальной системой будет являться одиночная тросовая система молниезащиты. Высота расположения молниезащиты на 3 м, 5 м, 13,5 м меньше, чем у стержневых многократной, двойной и одиночной соответственно. По сравнению с двойной стержневой, при одинаковой высоте молниеприемников, необходимо в два раза меньше оборудования для защиты объекта.

4. Самой экономически выгодной системой является одиночная тросовая система молниезащиты. Её стоимость примерно на 5% ниже, чем двойной стержневой. Самыми дорогостоящими являются многократная стержневая и двойная стержневая системы молниезащиты, их стоимость почти в два раза больше, чем у одиночной тросовой системы молниезащиты.