

включающими в себя применение окислителей и ультрафиолетового излучения вместе, например, УФ/ TiO_2 , УФ/ H_2O_2 . Эти процессы являются более эффективными и удобными для окисления, потому что в результате не образуются токсичные и нежелательные побочные продукты реакции. Комбинация ультрафиолетового света и H_2O_2 является эффективной и осуществимой методикой окисления мышьяка в воде.

Большинство исследований посвящено окислению As (III) в различных рабочих условиях и сосредоточено на факторах, влияющих на скорость реакции, но представлено мало информации о кинетическом моделировании, основанном на механических стадиях и включающем эффекты поглощения ультрафиолетового излучения.

Кинетика окисления широкого спектра органических загрязнителей с использованием процесса УФ/ H_2O_2 была тщательно изучена [6]. Однако анализ механизмов окисления неорганических загрязнителей (в частности, мышьяка) и кинетики его реакции с использованием перекиси водорода и ультрафиолетового излучения не часто освещаются в существующей библиографии, и требуют дополнительных исследований.

Список литературы

1. Гаев, А. Я. Фундаментальные и прикладные проблемы гидросферы. Часть 2. Экологические проблемы: учебное пособие / А.Я. Гаев, М.А. Тихоненко, Ю.А. Килин. – Москва: Университетская книга, 2020. – С. 200.
2. Воробьев, А. Е. Экологическая нагрузка от горноперерабатывающих предприятий Северокавказского региона и обеспечение его промышленной безопасности / А.Е. Воробьев, В.С. Побыванец, М.З. Мадаева // Материалы III Международной конференции "Горное, нефтяное, геологическое и геоэкологическое образование в XXI веке". – 2008. – С. 182–185.
3. Sorlinia, S. Survey on full-scale drinking water treatment plants for arsenic removal in Italy / S. Sorlinia, F. Gialdina, M.C. Collivignarell // Water Practice & Technology. – 2017. – 9 vol. – pp. 42–51.
4. Lescano, M. Kinetic modeling of arsenic (III) oxidation in water employing the UV/ H_2O_2 process / M. Lescano, C. Zalazar, A. Cassano, R. Brandi // Chemical Engineering Journal. – 2012. – 211–212 vol. – pp. 360–368.
5. Bissen, M. TiO_2 -catalyzed photooxidation of arsenite to arsenate in aqueous samples / M. Bissen, M. Vieillard-Baron, A. Schindelin, F. Frimme // Chemosphere. – 2001. – 44 vol. – pp. 751–757.
6. Vaiano, V. Visible light driven oxidation of arsenite to arsenate in aqueous solution using Cu-doped ZnO supported on polystyrene pellets / V. Vaiano, L. Chianese, L. Rizzo, G. Iervolino // Catalysis Today. – 2021. – 361 vol. – pp. 69–76.

УДК 614.833

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Мехович Алина Владимировна, Амелькович Юлия Александровна
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск
E-mail: avm108@tpu.ru, amely@tpu.ru

SAFETY ASSESSMENT IN THE OPERATION OF REFRIGERATION EQUIPMENT

Mekhovich Alina Vladimirovna, Amelkovich Yuliya Alexandrovna
National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Аннотация: статья посвящена обзору существующих опасностей при эксплуатации холодильного оборудования и анализу их вероятных последствий при помощи построения «дерева событий» в случае разгерметизации резервуара аммиачной холодильной установки. Проведенное исследование позволяет выявить вероятный исход событий при

разгерметизации аммиачного резервуара и предложить мероприятия по сокращению величины риска.

Abstract: the article is devoted to an overview of the existing hazards in the operation of refrigeration equipment and an analysis of their likely consequences by constructing an "event tree" for the situation of depressurization of an ammonia refrigeration unit tank. The conducted research makes it possible to identify the probable outcome of events during the depressurization of the ammonia tank and suggest measures to reduce the risk.

Ключевые слова: аммиачная холодильная установка; дерево событий; хладагенты; оценка рисков; химически опасный объект.

Keywords: ammonia refrigeration unit; event tree; refrigerants; risk assessment; chemically hazardous object.

Среди множества техногенных аварий наибольшую опасность представляют с выбросом аварийно химически опасных веществ (АХОВ). В данном исследовании приведен обзор на опасности при работе с холодильным оборудованием, которое содержит АХОВ.

На производствах пищевой промышленности широко применяется использование холода. Например, установка воздушного охлаждения для кондитерских изделий потребляет 8500–12600 м³/ч воздуха, на охлаждение которого расходуется 25–35 кВт холода. Но не всегда удается использовать естественное охлаждение, так как оно может понизить температуру только до параметров окружающей среды. В связи с этим на пищевых предприятиях используются компрессорные холодильные установки, которые относятся к объектам, работающим под давлением. Эти установки классифицируются как оборудование повышенной опасности. Принцип действия основан на реализации простых физических процессов испарения и конденсации. Холодильные установки являются источником шума и вибрации. Опасности, возникающие при эксплуатации холодильного оборудования, заключаются в использовании хладагентов, которые могут вызывать отравления, смесей хладагентов с воздухом, которые относятся к категории пожаровзрывоопасных соединений, а также в использовании электричества.

Холодильные установки, используемые в пищевой промышленности, содержат фреоны, углекислоты и аммиак, в качестве хладагентов. Аммиачные холодильные установки имеют ряд преимуществ и используются на многих предприятиях пищевой промышленности. Основными достоинствами установок с аммиачным хладагентом являются: экологически безопасный хладагент, он обладает термодинамическими и теплофизическими свойствами, обеспечивающими высокую эффективность, нечувствителен к влаге и легко распознаваемый в случае утечек. А главным недостатком таких устройств является токсичность и взрывоопасность аммиака.

Принцип работы машины заключается в том, что газообразный аммиак испаряется из водного раствора, концентрируется, высушивается, затем конденсируется и поступает в испаритель. Оттуда пары аммиака поступают на укрепление водно-аммиачного раствора. При этом цикл заканчивается [1].

Возможными авариями, при эксплуатации данного оборудования можно считать:

- разрыв оборудования из-за высокого давления или механических повреждений;
- разрушение трубопроводного оборудования при неправильных действиях персонала;
- взрыв воздушно-аммиачной смеси при достижении взрывоопасной концентрации;
- разгерметизация емкостного оборудования на стороне высокого давления;
- пожар на аммиачных холодильных установках.

А наиболее опасными развитиями событий при авариях являются повреждение компрессора с разгерметизацией корпуса и соединений фланца и разгерметизация сосуда или трубопровода, расположенных в машинном отделении [2–3].

Проведем анализ развития сценариев аварий при разгерметизации оборудования аммиачной холодильной установки при использовании метода оценки риска – «дерева

событий». Этот метод дает ответы на несколько вопросов: «Какие аварийные ситуации могут возникнуть?» и «Какова частота реализации этих сценариев аварии?». Для ответа на первый вопрос необходимо учитывать различные типы чрезвычайных ситуаций, которые могут произойти на конкретном объекте (см. рисунок 1). В нашем случае аварийная ситуация произошла на химически опасном объекте, так как используется химически опасное вещество – аммиак.

Типы ЧС на химически опасных объектах	Описание
1	образование только первичного облака АХОВ
2	образование пролива, первичного и вторичного облаков АХОВ
3	образование пролива и только вторичного облака АХОВ
4	заражение территории малолетучими АХОВ

Рисунок 1 – Типы чрезвычайных ситуациях на ХОО

При построении «дерева событий» учтем, что распространенным типом ЧС при разгерметизации аммиачной холодильной установки является образование пролива, первичного и вторичного облаков АХОВ. Данный тип характеризуется тем, что при разгерметизации происходит мгновенное испарение части вещества, образуя первичное облако со смертельными концентрациями, а другая часть выливается на поверхность и постепенно испаряется, образуя вторичное облако с поражающими концентрациями [4].

Чтобы ответить на второй вопрос, частоты вероятности и риск возникновения чрезвычайной ситуации были получены с использованием статистических данных. В этом случае предполагается, что вероятность возникновения события инициирования (разгерметизации резервуара) равна 1. Значение частоты возникновения отдельного события пересчитывается путем умножения частоты возникновения инициирующего события на условную вероятность конечного события (см. рисунок 2).

Метод "дерева событий" помогает определить пути несчастных случаев, которые вносят наибольший вклад в риск из-за их высокой вероятности. В нашем случае наиболее вероятным последствием разгерметизации установки с аммиаком станет химическое загрязнение территории соседних предприятий и жилых районов, а также интоксикация персонала и населения.



Рисунок 2 – «Дерево событий» при разгерметизации резервуара аммиачной холодильной установки

Аварии на химически опасных объектах являются одними из наиболее серьезных видов техногенных катастроф. Аммиак относится к 4 классу опасности. Он попадает в организм человека через дыхательные пути. Острое отравление развивается быстро, вызывая повреждение глаз, легких и дыхательных путей. Исходя из этого, можно предложить комплекс мер, которые позволят снизить риск химического отравления людей и территорий.

К основным мерам по предотвращению и уменьшению последствий аварийных ситуаций при эксплуатации холодильного оборудования относятся:

1. Меры по защите персонала:

- регулярная проверка наличия и технического обслуживания средств индивидуальной и коллективной защиты;
- совершенствование системы предупреждения о чрезвычайных ситуациях;
- подготовка персонала к эвакуации.

2. Меры по повышению устойчивости объекта:

- устранение условий, создающих взрывоопасные смеси в зданиях;
- контроль работы автоматических линий и огнетушителей в чрезвычайных ситуациях;
- соблюдение правил эксплуатации устройства.

3. Организационные меры:

- обучение персонала действиям в чрезвычайных ситуациях;
- ежегодное планирование мероприятий по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Меры по предотвращению разгерметизации резервуаров с химически опасными веществами:

- контроль герметичности соединений трубопроводов;
- строгое соблюдение норм технологического режима, установленных технологическим регламентом;
- соблюдение требований инструкций по изготовлению для безопасной эксплуатации устройства;
- использование датчиков, регулирующих давление в емкости, и предохранительных клапанов;
- вентиляционное устройство помещения [5–6].

Во время эксплуатации холодильного оборудования работники подвергаются воздействию многих опасных и вредных производственных факторов. Исходя из этого, соблюдение требований к эксплуатации холодильного оборудования должно быть неотъемлемой частью при работе с оборудованием, в котором в качестве хладагентов используются химические вещества.

Список литературы

1. Логвинов, А.М. Промышленная безопасность аммиачных холодильных установок предприятий пищевой промышленности Алтайского региона / А.М. Логвинов // Безопасность труда в промышленности – 2013. – №7. – 19–21 с.
2. Яцков, А.Д. Диагностика, монтаж и ремонт технологического оборудования пищевых производств: учебное пособие / А.Д. Яцков, А.А. Романов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2016. – 120 с.: ил.
3. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 27.07.1997 г. № 116-ФЗ. – Текст: электронный // КонсультантПлюс [сайт]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/?ysclid=ldgu13geqn137940982
4. Анализ риска аварий на опасных производственных объектах: учебное пособие / А. Д. Галеев, С. И. Поникаров; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2017 – 152 с.

5. Курылев, Е.С. Холодильные установки: Учебник для студентов вузов специальности «Техника и физика низких температур», «Холодильная криогенная техника и кондиционирование» / Е.С. Курылев, В.В. Оносовский, Ю.Д. Румянцев. – 2-е изд., стереотип. – СПб.: Политехника, 2012. – 576 с.
6. Рубинович, Л.Д. Изготовление и монтаж трубопроводов и охлаждающих приборов холодильных установок / Л.Д. Рубинович. – Москва: Пищевая промышленность, 2018. – 230с.

УДК 620.179.162

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТЕХНИЧЕСКУЮ ВОДУ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НАКИПИ НА ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ КОТЕЛЬНЫХ И ТЕПЛООБМЕННЫХ АГРЕГАТОВ

*Мехтиеv Али Джаванширович, Сарсикееv Ермек Жасланович,
Герассименко Татьяна Сергеевна, Нурабай Жибек Бакытжанкызы
Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина, г. Астана*
E-mail: barton.kz@mail.ru, sarsikeev.ermek@yandex.ru,
gerko883@gmail.com, zhibek.nurabay29@gmail.com

INVESTIGATION OF THE MAGNETIC EFFECT ON PROCESS WATER TO REDUCE SCALE ON THE HEAT EXCHANGE SURFACES OF BOILER HOUSES AND HEAT EXCHANGE UNITS

*Mekhtiev Ali Javanshirovich, Sarsikeev Ermek Zhaslanovich, Gerassimenko Tatyana Sergeevna,
Nurabai Zhibek Bakytzhankyzy
S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana*

Аннотация: в статье приводится обзор перспективного метода предотвращения отложений на нагревательной поверхности котельных агрегатов и теплообменников. Рассмотрен подход в практической реализации магнитной обработки оборотной воды в системы водоподготовки, для устранения накипи солей жёсткости. Накипь является причиной выхода из строя нагревательных элементов бойлеров, стиральных машин, электрических чайников и другого оборудования, предназначенного для нагрева воды. Цель исследований является изменения качественного состава воды после магнитного (электромагнитного) воздействия и создание экспериментального образца устройства предназначенного для регулирования показателя жесткости воды и рН, используемой для котельных и теплообменных агрегатов систем трубопроводов. Для проведения исследований специально разработан лабораторный стенд, позволяющий производить обработку воды с помощью постоянных и электрических магнитов. Эксперименты проводились как с использованием постоянных магнитов, когда их число можно выбирать от 10 до 40 шт. Также использовались электромагниты постоянного и переменного тока, мощность создаваемого магнитного поля регулировалась при помощи источников питания. Проведенные исследования показали, что магнитное (электромагнитное) поле способно влиять на поток воды и изменять ее показатель рН, жёсткость и содержание в ней кислорода, а также существенно снизить процесс образования накипи на поверхностях нагрева.

Abstract: the article provides an overview of a promising method for preventing deposits on the heating surface of boiler units and heat exchangers. An approach is considered in the practical implementation of magnetic treatment of recycled water in water treatment systems to eliminate the scale of hardness salts. Scale is the cause of failure of heating elements of boilers, washing machines, electric kettles and other equipment designed for heating water. The purpose of the research is to change the qualitative composition of water after magnetic (electromagnetic) exposure and to create an experimental sample of a device designed to regulate the water hardness index and pH used for boiler houses and heat exchange units of pipeline systems. A laboratory stand has been specially developed for conducting research, which allows water treatment with the