

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

Кафедра полимеров на базе ООО «АКРИПОЛ»

**Обеспечение промышленной безопасности получения морозостойких
растворов ацетата хрома на ООО «АКРИПОЛ»**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 441 группы

направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Гальченко Ивана Сергеевича

Научный руководитель

доцент, к.х.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

С. Л. Шмаков

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

А. Б. Шиповская

инициалы, фамилия

Саратов 2025

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития промышленности характеризуется стремительным ростом химических производств, ставших основой технологического прогресса во второй половине прошлого века. Интенсивное развитие химической индустрии привело к созданию технически сложных опасных производственных объектов, где одновременно используются высокие давления, экстремальные температуры и значительные объемы токсичных веществ. Особенностью современных химических предприятий является их всенаправленный характер - они объединяют в единый производственный цикл энергетические установки, транспортные системы и перерабатывающие мощности, что существенно повышает экономическую эффективность, но одновременно увеличивает потенциальные риски.

Масштабы современных химических производств впечатляют - единичные мощности аппаратов постоянно растут, номенклатура выпускаемой продукции исчисляется тысячами наименований, многие из которых обладают высокой токсичностью или пожароопасностью. При этом географическая близость промышленных зон к жилым районам создает дополнительные риски для населения. Стоит отметить, что практически все современные промышленные объекты в той или иной степени могут быть отнесены к химически опасным, поскольку даже на традиционных производствах сегодня широко используются различные химические реагенты и технологические процессы.

Особую опасность представляют аварийные ситуации на химических производствах, которые могут привести к массовым поражениям персонала и населения, масштабному загрязнению окружающей среды. Основным поражающим фактором в таких случаях становится ингаляционное воздействие опасных химических веществ, а также термическое воздействие при возникновении пожаров и взрывов. При этом риск аварийных ситуаций

сохраняется даже на современных предприятиях, оборудованных по «последнему слову техники».

Обеспечение промышленной безопасности химических производств требует ответственного подхода, учитывающего физико-химические свойства используемых веществ, особенности технологических процессов, надежность оборудования и квалификацию персонала. Особое значение приобретает постоянное совершенствование систем контроля и противоаварийной защиты, регулярное обновление нормативной базы. Не менее важным является вопрос подготовки квалифицированных кадров, способных эффективно работать в условиях постоянно меняющихся технологий.

В этих условиях особую актуальность приобретают исследования, направленные на уточнение показателей промышленной безопасности конкретных производств, таких как цех по производству морозостойких растворов ацетата хрома. Необходимость таких исследований обусловлена как изменениями в нормативной базе, так и постоянной модернизацией технологических процессов.

Цель работы заключается в оценке текущего состояния промышленной безопасности на опасном производственном объекте ООО «АКРИПОЛ», конкретно – в цехе, специализирующемся на выпуске полимеров и сополимеров акриловой и метакриловой кислот и их производных. Также предполагается разработка рекомендаций по улучшению промышленной безопасности и минимизации риска возникновения аварийных ситуаций.

Для успешного достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- Изучить основные мероприятия, направленные на обеспечение промышленной безопасности на ОПО.
- Проанализировать потенциальные сценарии аварий и инцидентов, которые могут возникнуть на объекте.

- Предложить комплекс мер по улучшению состояния промышленной безопасности и снижению рисков аварий при получении морозостойкого раствора ацетата хрома.

Практическая значимость. Совершенствование мер промышленной безопасности при получении морозостойких растворов ацетата хрома на предприятия ООО «АКРИПОЛ».

Объем и структура бакалаврской работы. Бакалаврская работа состоит из введения, литературного обзора, 5 глав (1 глава – краткие сведения о технологическом объекте; 2 глава - безопасность технологии производства ацетата хрома; 3 глава - анализ причин возникновения аварий; 4 глава - расчётная часть; 5 глава - организационные и технические мероприятия, направленные на повышение уровня безопасности персонала в цехе), выводов и списка литературы из 27 наименований. Работа изложена на 59 страниц, включает 4 таблицы и 1 рисунок, список литературы из 29 источников.

Первая глава включает в себя технологический процесс получения водного раствора ацетата хрома (III) на ООО «АКРИПОЛ» основан на восстановлении оксида хрома (VI) формалином и перекисью водорода в уксуснокислой среде с последующим добавлением этиленгликоля для обеспечения морозостойкости. Процесс включает приём и подготовку сырья, приготовление реакционной смеси, восстановление хрома, очистку выбросов и фасовку готового продукта. Основное оборудование — реактор Р-305, насосы, ёмкости для хранения реагентов и система очистки газовых выбросов.

Вторая глава обобщает безопасность цеха по производству ацетата хрома. Система безопасности цеха включает автоматический контроль уровней в резервуарах и реакторах, давления в трубопроводах и насосных агрегатах, а также обнаружение утечек газов. Для предотвращения и локализации аварий применяются инертные газы, водяной пар, порошковые и углекислотные огнетушители. Основные меры направлены на ограничение

выбросов, отключение аварийного оборудования и снижение риска возгорания.

В третьей главе проведён анализ возможных аварийных ситуаций на ОПО. Описаны уровни развития аварий — от локальных (в пределах одного технологического блока) до масштабных, охватывающих всё предприятие и даже выходящих за его пределы. Приведены типовые сценарии аварий для технологических блоков №3 и №4, включая разгерметизацию оборудования, утечки опасных веществ, образование токсических или взрывоопасных облаков, пожары и взрывы. Особое внимание уделено наиболее тяжёлым сценариям, таким как полный выброс уксусной кислоты или этиленгликоля с последующим взрывом или пожаром. Также рассмотрены источники возгорания, пути распространения аварий и воздействие поражающих факторов на персонал и оборудование. В связи с этим было разработано «Дерево событий» для цеха по производству раствора ацетата хрома.

В четвёртой главе проведён анализ взрывопожарной и химической опасности технологического процесса на производственной площадке ООО «АКРИПОЛ», с акцентом на наиболее критические сценарии аварий, связанные с разливом и последующим испарением этиленгликоля.

Краткое описание сценария предполагаемой аварии: при разрушении емкости для хранения этиленгликоля происходит полный выброс содержащегося опасного вещества в количестве 1,113 тонны. Вещество находится при атмосферном давлении и температуре окружающей среды 24°C. В результате аварии происходит растекание этиленгликоля с последующим испарением с поверхности пролива. При наличии источника зажигания возникает взрыв паровоздушной смеси на открытой площадке корпуса 393, сопровождающийся образованием ударной волны с избыточным давлением.

Авария развивается в течение 30 минут с момента разрушения емкости. Характер разлива вещества - свободный. Метеорологические условия на момент аварии: состояние атмосферы - инверсия, скорость ветра 4 м/с,

направление ветра северо-западное. Тип местности в районе аварии - равнинный.

По формуле (3) определили стехиометрическую концентрацию горючей жидкости:

$$C_{ст} \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 2,5} = 7,63\% \text{ (объёмных)}$$

По формуле (2) нашли плотность пара при расчётной температуре t_p

$$P_{г. п.} = \frac{62}{22,413 \cdot (1 + 0,00366 \cdot 61)} = 2,26 \text{ кг} \cdot \text{м}^3$$

По формуле (1) рассчитали избыточное давление ΔP

$$\Delta P = (900 - 101) \cdot \frac{1000 \cdot 0,3}{3780 \cdot 2,26} \cdot \frac{100}{7,63} \cdot \frac{1}{3} = 122,58 \text{ КПа}$$

Рассчитав избыточное давление, определим степень поражения (см. табл. 3):

Таблица 3 – предельно допустимые значения избыточного давления, способного повреждать здания.

Степень поражения	Типичные предельно допустимые значения избыточного давления, кПа
- Полное разрушение зданий	100
- 50%-ное разрушение зданий	53
- Средние повреждения зданий	28
- Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	12
Нижний порог повреждения человека волной давления	5
Малые повреждения (разбита часть остекления)	3

Таким образом, исходя из полученных значений в расчёте избыточного давления, сравнив полученный результат с табличными данными, можно сделать вывод, что при разливе всей жидкости (1,113 т этиленгликоля),

образования парогазово-воздушной смеси при наличии источника зажигания, способствует полному разрушению здания.

4.3 Оценка химической обстановки на территории вследствие разлива этиленгликоля

При организации аварийно-спасательных мероприятий и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций необходимо установить ключевые показатели, определяющие границы и характеристики пораженной территории. Для оценки масштабов химического загрязнения используются расчетные величины, выраженные в эквивалентных значениях опасных химических соединений.

Учитывая физическое состояние этиленгликоля (жидкая фаза при нормальных условиях), формирование первичного газового облака не происходит. Основную опасность представляет вторичное облако, образующееся в результате испарения вещества с поверхности разлива.

Расчет периода сохранения опасных свойств аварийного химически опасного вещества.

Длительность вредоносного воздействия химически опасных соединений устанавливается по периоду их перехода в газообразное состояние с загрязненной поверхности.

Время испарения $T_{\text{исп}}$ АХОВ с площади разлива рассчитывается по формуле (2):

$$T_{\text{исп}} = \frac{0,05 \cdot 1,113}{0,004 \cdot 2 \cdot 1} = 6,95 \text{ ч.}$$

Эквивалентное количество вещества во вторичном облаке определили по формуле (1):

$$K_6 = N^{0,8} \text{ при } N \leq T_{\text{исп}};$$

$$K_6 = 0,57$$

$$Q_{\Sigma 2} = (1 - 0,19) \cdot 0,004 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 1 \cdot \frac{1,113}{0,05 \cdot 1,113} = 0,074 \text{ т.}$$

Определение глубины зоны заражения вторичным (Γ_2) облаком АХОВ.

Для установления пределов пораженной территории при образовании вторичного химического облака (Γ_2) применяется зависимость от двух ключевых параметров: расчетного эквивалентного объема токсичного соединения и преобладающей скорости воздушных потоков. В случаях, когда полученные значения не соответствуют стандартным табличным показателям, используется метод последовательного приближения (метод интерполяции):

Методом интерполяции находим глубину зоны заражения вторичным облаком по формуле (4):

$$\Gamma_2 = 0,42 + \frac{0,59 - 0,42}{0,1 - 0,05} \cdot (0,074 - 0,05) = 0,51 \text{ км.}$$

Для определения полной глубины зоны заражения $\Gamma_{\text{полн}}$ (км), которая обусловлена воздействием вторичного облака АХОВ, применяется формула:

$$\Gamma_{\text{полн}} = \Gamma_{\text{max}} + 0,5 \cdot \Gamma_{\text{min}} = \Gamma_2, \quad (5)$$

$$\Gamma_{\text{полн}} = 0,51 \text{ км.}$$

Получившееся значение полной глубины зоны заражения сравниваем с предельным значением глубины переноса воздушных масс, определяемым по формуле (6):

$$\Gamma_{\text{п.в.}} = 0,5 \cdot 21 = 10,5 \text{ км.}$$

При подсчёте окончательной расчетной глубины зоны заражения принимается наименьшее из двух значений:

$$\Gamma_{\phi} = \min\{\Gamma_{\text{полн}}; \Gamma_{\text{п.в.}}\} \quad (7)$$

$$\Gamma_{\phi} = 0,51 \text{ км.}$$

Расчёт площади зоны заражения АХОВ.

Найшли площадь зоны фактического заражения S_{ϕ} по формуле (8):

$$S_{\phi} = 0,081 \cdot 0,51^2 \cdot 0,5^{0,2} = 0,018 \text{ км}^2$$

Определение времени подхода зараженного воздуха к объекту.

Рассчитали время подхода зараженного воздуха к объекту t по формуле (9):

$$t = \frac{0,51}{21} = 0,024 \text{ ч.}$$

Определение площади разлива осуществляется процессами растекания и просачивания жидкости, рассчитывалось по формуле (10):

$$S = \frac{1,113}{0,05 \cdot 1,113} = 20 \text{ м}^2.$$

Определение радиуса района аварии $R_{\text{ан}}$ для АХОВ рассчитывалось по формуле (11):

$$R_{\text{ан}} = 50 \cdot \sqrt{1,113} = 52,75 \text{ м.}$$

Исходя из расчётов, спустя 0.5 часа после возникновения чрезвычайного происшествия масса токсичных компонентов во вторичном облаке достигнет 74 кг. Зона химического загрязнения при этом распространится на 510 метров от места аварии. Площадь непосредственного разлива этиленгликоля составит 20 квадратных метров, а радиус опасной территории вокруг эпицентра - 52,75 метра. Стоит отметить, что предельный радиус района аварий для низкокипящих АХОВ составляет 1000 м.

Общая площадь пораженной территории, включая зону распространения токсичного облака, оценивается в 0,018 квадратных километра. Согласно прогнозу, фронт зараженного воздушного потока достигнет ближайших объектов через 1,44 минуты (0,024 часа) после начала аварии.

В пятой главе предложен комплекс организационных, технических и индивидуальных мер по повышению уровня промышленной безопасности в цехе по производству морозостойкого раствора ацетата хрома на ООО «АКРИПОЛ», основанный на результатах проведённого анализа аварийных ситуаций и оценке рисков. Предусмотрены регулярные проверки оборудования, обучение и аттестация персонала, внедрение систем диагностики и моделирования распространения опасных веществ, а также обеспечение работников средствами индивидуальной защиты. Особое внимание уделено медицинскому сопровождению и профилактике

профессиональных заболеваний. Реализация предложенных мероприятий направлена на минимизацию рисков аварий и повышение общей устойчивости производственного процесса.

Выводы. На основе итогов исследования сформулированы следующие заключения:

Произведен анализ возможных факторов, которые могли спровоцировать возникновение и развитие аварийных ситуаций в цехе.

Осуществлен разбор и анализ схем, отображающих вероятные сценарии развития аварий.

Осуществлена оценка степени химического загрязнения, вызванного аварией на ОПО, принимая во внимание предоставленную информацию и актуальные погодные условия. Согласно расчетам, негативные последствия происшествия в течение получаса с момента аварийной ситуации не выйдут за пределы санитарно-защитной зоны предприятия. Таким образом, угроза для жителей города не обнаружена.

Предложены дополнительные меры, разработанные в дополнение к уже существующим на текущем производстве, как организационного, так и технического характера. Цель данных мероприятий - увеличение уровня безопасности для всех сотрудников.