

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра общей и неорганической химии

Оценка рисков при работе на установке ЭЛОУ АВТ-6
АВТОРЕФЕРАТ

студента 4 курса 441 группы

направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»
код и наименование направления, специальности
Института химии

Волгина Михаила Александровича

Научный руководитель

К.Х.Н., доцент
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Т.В. Захарова
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

Д.Х.Н., профессор
должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

И.Ю. Горячева
инициалы, фамилия

Саратов 2022

ВВЕДЕНИЕ

Физико-химические свойства углеводородных веществ, могут привести к различным аварийным ситуациям.

При авариях на технологических установках нефтегазового комплекса могут возникать разливы нефти и нефтепродуктов, взрывопожароопасных веществ, образование топливно-воздушных смесей, а в дальнейшем взрывы и пожары.

Полностью исключить аварии не возможно. Для этого их необходимо предупреждать. Существует много мероприятий и методик, которые могут оценивать степень безопасности опасного производственного объекта (ОПО). Мероприятия очень затратные и сложны, так как многое методики не привязаны к климатическим условиям регионов. Кроме того, в них рассматривается узкая направленность степени опасности оборудования технологических установок. Для уменьшения аварийных инцидентов необходим комплексный подход к исследованиям данных аварий на опасных производственных объектах.

Актуальность бакалаврской работы обусловлена необходимостью постоянного улучшения уровня безопасности объектов нефтяной отрасли в связи с возможными авариями, инцидентами и т.д., последствиями которых могут быть человеческие жертвы. В целях определения опасностей и обоснования технико-технических мер по предотвращению аварийных ситуаций необходимо проводить исследование возможных опасностей для нефтяных объектов.

В следствии этого целью работы является оценка и анализ потенциальных рисков установки ЭЛОУ АВТ-6, возникающих в условиях чрезвычайной ситуации, а также рекомендации по повышению уровня безопасности на установке.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Изучить работу установки
- Выявить уязвимые места и аварийные ситуации
- Оценить степень риска

Раздел 1 Установка атмосферно-вакуумной трубчатки ЭЛОУ-АВТ-6

Установка ЭЛОУ-АВТ-6 предназначена для обессоливания и обезвоживания сырой нефти, атмосферной перегонки обессоленной нефти, вакуумной перегонки мазута, стабилизации и вторичной перегонки бензина. Продукты установки ЭЛОУ-АВТ-6 являются компонентами товарных нефтепродуктов, а также сырьем для установок вторичных процессов нефтепереработки: каталитического риформинга ЛЧ-35-11/600 и Л-35-11/300, гидроочистки дизельных топлив Л-24-6, производства битума.

В состав установки входят следующие блоки:

- блок электрообессоливания и обезвоживания нефти (далее по тексту - ЭЛОУ);
- блок атмосферной перегонки обессоленной нефти (далее по тексту - АТ);
- блок вакуумной перегонки мазута (далее по тексту - ВТ);
- блок стабилизации и вторичной перегонки бензина;
- блок очистки углеводородного газа водным раствором моноэтаноламина (далее по тексту – МЭА);
- блок утилизации тепла (котлы-утилизаторы).

На установке имеются вспомогательные узлы и системы:

- система освобождения аппаратов, трубопроводов, насосов;
- система аварийного освобождения колонно-емкостного оборудования;
- система обеспечения печей жидким и газообразным топливом;
- система паровоздушной очистки змеевиков трубчатых печей;
- узел приема, приготовления и подачи щелочного раствора;
- узел приготовления, подачи реагентов;
- система циркуляции теплофикационной воды;
- система подачи азота;

- узел подачи воздуха КИП;
- узел подачи технического воздуха;
- система охлаждения нефтепродуктов оборотной воды;
- узел подачи пара;
- система охлаждения технологических насосов;
- система сброса углеводородных газов на факел.

Технологическая схема установки ЭЛОУ-АВТ-6 однопоточная. Мощность установки ЭЛОУ-АВТ-6 по нефти составляет 833 т/ч или 7 млн. тонн в год. Диапазон устойчивой работы составляет 60-105% от номинальной производительности. Установка ЭЛОУ-АВТ-6 введена в эксплуатацию в декабре 1988 года.

Раздел 2 Расчетная часть

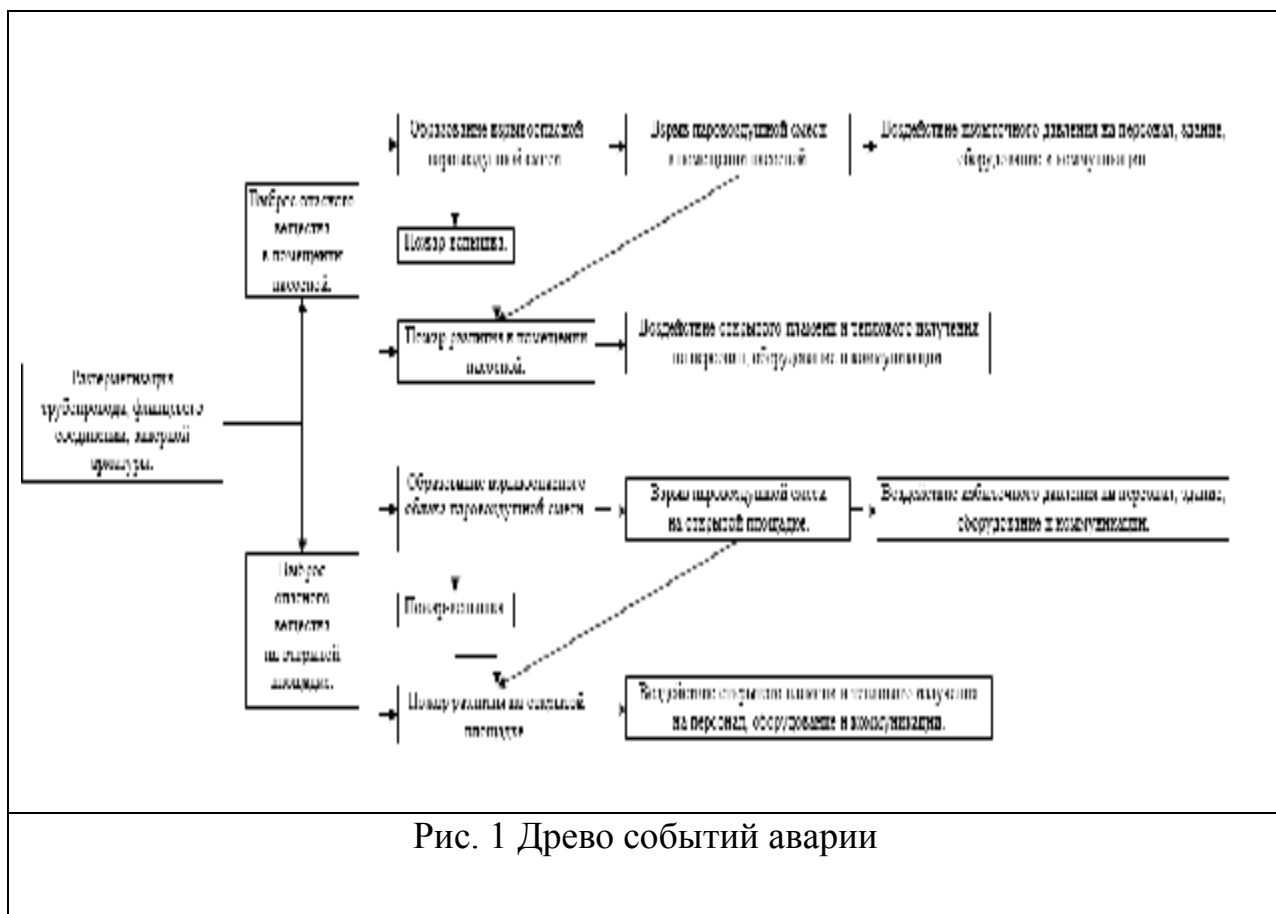
В качестве объекта исследования выбран участок технологического трубопровода на установке ЭЛОУ-АВТ-6.

Основные характеристики трубопровода:

Производительность трубопровода в нормальном режиме его эксплуатации- 833 т/ч.

Среднее давление для участка газопровод-1,7 Па

При выявлении уязвимых мест на установке было определено, что одним из возможных мест аварий является трубопровод. Исходя из проанализированных данных было составлено “древо событий аварии” при сценарии разгерметизации трубопровода и последствий образования разлива сырой нефти. Древо событий аварии представлено на рисунке 1



2.1 Расчёт зон аварийного разлива нефти

Разлив нефти в случае аварии характеризуется площадью разлива и толщиной слоя разлившейся жидкости. Примем толщину слоя разлившейся нефти $h_{\text{сл}} = 0,05$ м; время срабатывания автоматической задвижки $t = 120$ с; Скорость потока нефти по трубопроводу 29 кг/с

Таким образом, количество пролитой эмульсии, образующей возможную площадь горения, будет составлять

$$M_{\text{в}} = M_0 \cdot (1 - K_6), \text{ где:}$$

M_0 - общая масса пролитого продукта, кг;

$K_6 = 0,24$ - коэффициент, учитывающий уход разлитого продукта в балласт.

Площадь разлива (пожара) оценивается по следующей формуле

$$S_{\text{р}} = M_{\text{в}} / (h_{\text{сл}} \cdot c_{\text{ж}}), \text{ м}^2, \text{ где:}$$

$c_{\text{н}}$ - плотность жидкости, кг/м³.

Таким образом, в случае разгерметизация трубопровода на блоке ЭЛОУ, количество пролитой жидкости, образующей возможную площадь горения, будет составлять 60,4 м².

2.2 Расчёт интенсивности теплового излучения при пожарах проливов нефти

Произведём расчёт интенсивности теплового излучения при пожаре пролива нефти согласно ГОСТ Р 12.3.047-2012. Интенсивность теплового излучения q (кВт/м²) для пожара пролива легковоспламеняющихся (ЛВЖ), горючих жидкостей (ГЖ), сжиженного природного газа (СПГ) сжиженного углеводородного газа (СУГ) определяется по формуле [13]:

$$q = E_f * F_q * \tau$$

(1)

где E_f – среднеповерхностная интенсивность теплового излучения пламени, кВт/м² ;

F_q - угловой коэффициент облученности;

τ - коэффициент пропускания атмосферы.

Для нефти и нефтепродуктов допускается величину E_f (кВт/м²) определять по формуле:

$$E_f = 140 * e^{-0.12d} + 20 * (1 - e^{-0.12d}), \quad (2)$$

где d - Эффективный диаметр пролива, м.

Эффективный диаметр пролива d (м) рассчитывается по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}, \text{ где } S - \text{площадь пролива м}^2$$

Длина пламени L (м) рассчитываются по формуле:

$$L = 42 * d * \left(\frac{\dot{m}}{\rho_a * \sqrt{g * d}} \right)^{0.61} \quad (3)$$

где $\dot{m}$ - удельная массовая скорость выгорания топлива, кг/(м²·с)

ρ_a – плотность окружающего воздуха, кг/м³

g – ускорение свободного падения

d - Эффективный диаметр пролива, м.

Коэффициент пропускания атмосферы τ для пожара пролива определяется по формуле:

$$\tau = \exp[-7 * 10^{-4} * (X - 0,5 * d)] , \quad (3)$$

где d - Эффективный диаметр пролива, м

X - расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта, м.

Угловой коэффициент облученности F_q определяется по формуле:

$$F_q = \sqrt{F_V^2 * F_H^2} , \quad (4)$$

где F_V , F_H - факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок.

$$F_V = \frac{1}{\pi \left\{ -E * \arctg D + E \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2b * (1 + a * \sin[\theta])}{A * B} \right] * \arctg \left(\frac{A * D}{B} \right) + \right.} \quad (5)$$

$$F_H = \frac{1}{\pi \left\{ \arctg \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \left[\arctg \left(\frac{a * b - F^2 * \sin \theta}{F * C} \right) + \arctg \left(\frac{F^2 * \sin \theta}{F * C} \right) \right] - \left[\frac{a^2 + (b + 1)^2 - 2 * a * (b + 1) * \sin \theta}{A * B} \right] \right.} \quad (6)$$

$$a = \frac{2 * L}{d} \quad (7)$$

$$b = \frac{2 * X}{d} \quad (8)$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2 * a * (b + 1) * \sin \theta} \quad (9)$$

$$(10)$$

$$(11)$$

$$(12)$$

$$E = \frac{a * \cos \theta}{b - a * \sin \theta}$$

(13)

$$F = \sqrt{b^2 - 1}$$

(14)

Рассчитаем эффективный диаметр пролива d(м):

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 60,4}{3,14}} = 8,8 \text{ м}$$

Рассчитаем длину пламени L(м):

$$L = 42 * d * \left(\frac{m'}{\rho a * \sqrt{g * d}} \right)^{0,61} = 42 * 8,8 * \left(\frac{0,03}{1,2 * \sqrt{9,81 * 8,8}} \right)^{0,61} = 7,4 \text{ м}$$

Рассчитаем угловой коэффициент облученности F_q :

$$a = \frac{2 * L}{d} = \frac{2 * 7,4}{8,8} = 1,7$$

$$b = \frac{2 * X}{d} = \frac{2 * 9}{8,8} = 2,04$$

$$A = \sqrt{a^2 + (b + 1)^2 - 2 * a * (b + 1) * \sin \theta} = \sqrt{1,7^2 + (2,04 + 1)^2 - 2 * 1,7 * (2,04 + 1) * \sin \theta}$$

$$B = \sqrt{a^2 + (b - 1)^2 - 2 * a * (b - 1) * \sin \theta} = \sqrt{1,7^2 + (2,04 - 1)^2 - 2 * 1,7 * (2,04 - 1) * \sin \theta}$$

$$C = \sqrt{1 + (b^2 - 1) * \cos^2 \theta} = \sqrt{1 + (2,04^2 - 1) * 1} = 2,04$$

$$D = \sqrt{\frac{b - 1}{b + 1}} = \sqrt{\frac{2,04 - 1}{2,04 + 1}} = 0,58$$

$$E = \frac{a * \cos \theta}{b - a * \sin \theta} = \frac{1,7 * 1}{2,04 - 1,7 * 1} = 5$$

$$F = \sqrt{b^2 - 1} = \sqrt{2,04^2 - 1} = 1,77$$

$$F_1 V = 1/\pi \{ -E * \arctg D + E[(a^2 + (b + 1)^2 - 2b * (1 + a * \sin \theta)) / (A * B)] \}$$

$$F_1 H = 1/\pi \{ \arctg(1/D) + \sin \theta / C [\arctg((a * b - F^2 * \sin \theta) / (F * C)) + \arctg$$

$$F_q = \sqrt{F_v^2 * F_H^2} = \sqrt{1,14^2 * 0,11^2} = 0,12$$

Рассчитаем среднеповерхностную интенсивность теплового излучения

пламени:

Рассчитаем коэффициент пропускания атмосферы τ для пожара пролива определяется по формуле:

$$\tau = \exp[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (X - 0,5 \cdot d)] = \exp[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (9 - 0,5 \cdot 8,8)] = 0,99$$

Рассчитаем интенсивность теплового излучения:

Аналогично проведём расчет пролива нефти для сценария ручного закрытия запорной арматуры $t=180$ с, $t=300$ с. Полученные результаты занесены в таблицу 1.

Таблица 1 - Полученные значения теплового излучения при расчете пожара

t, с	q, кВт/м ²
120	7,3
180	17,3
300	88

Таблица 2 - Предельно допустимые значения интенсивности теплового излучения для различных степеней поражения человека и повреждения материалов

Степень поражения	Типичные предельно допустимые значения интенсивности теплового излучения, кВт/м ²
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2
Непереносимая боль через 20-30 с	7,0
Ожог 1-й степени через 15-20 с	
Ожог 2-й степени через 30-40 с	

Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин	
Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганной поверхности; воспламенение фанеры	17,0
Непереносимая боль через 3-5 с	10,5
Ожог 1-й степени через 6-8 с	
Ожог 2-й степени через 12-16 с	
Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12%) при длительности облучения 15 мин	12,9
Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганной поверхности; воспламенение фанеры	17,0

Сравнив полученные значения расчетов (табл 1) со стандартными значениями таблицы 5 можно сделать вывод, что в первом сценарии ($t=120$ с), пожар можно будет ликвидировать с минимальными последствиями для персонала, а в сценариях ($t= 180$ с, $t= 300$ с) после пожара может возникнуть взрыв производственного блока, так как эффективный диаметр разлива будет доходить до производственного объекта.

Согласно ГОСТ Р 12.3.047-2012 (таблица 2) такие численные значения интенсивности теплового излучения является опасным, поскольку превышает значение $4,2 \text{ кВт/м}^2$.

Раздел 3 Оценка рисков и меры их предотвращения

Технический риск – комплексный показатель надежности элементов техносферы. Он выражает вероятность аварии при эксплуатации машин, механизмов, реализации технологических процессов, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений и в общем виде определяется по формуле:

Где $R_{\text{тех}}$ – технический риск;

$\Delta T(t)$ – число аварий в единицу времени t на идентичных технических системах и объектах;

T – число идентичных технических систем и объектов, подверженных общему фактору риска.

Согласно ФЗ 123 "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008, допустимая величина индивидуально пожарного риска не должна превышать 10^{-6} . При пожаре уровень риска будет составлять $4 \cdot 10^{-5}$.

Таблица 6 - Источники риска и их уровень

Источник риска	Уровень риска
Пожар	$4 \cdot 10^{-5}$
Падение	$9 \cdot 10^{-5}$
Индивидуальный риск	10^{-6}

Раздел 4 Организационно-технические мероприятия, направленные на снижение частоты ЧС

Основными противопожарными и профилактическими мероприятиями, которые проводятся на опасном производственном объекте, являются:

- Применение негорючих моющих средств в тех местах, где детали или готовые изделия обезжириваются и очищаются.
- Сбор информации о параметрах пожарной опасности различных веществ и материалов, используемых в технологическом процессе.
- Использование автоматических систем пожарной безопасности.

- Регулярные проверки работоспособности систем пожарной автоматики.
- Изоляция пожароопасного технологического оборудования
- Применение противопожарных преград и быстродействующей арматуры, которые предотвратят быстрое распространение огня по помещениям и коммуникациям.
- Запрет на использование горючих материалов при проведении ремонтных работ на путях эвакуации.
- Применение специальной защиты от дыма и других систем в наиболее пожароопасных помещениях.
- Установка противопожарных точек с песком и брезентовой ткани

Значительная роль в повышении уровня безопасности принадлежит и организационным мероприятиям, таким как обучение персонала обслуживанию трубопроводов, электродегидраторов с выдачей удостоверений после утвержденных экзаменов в установленном порядке и т.п.

Для предотвращения аварийной ситуации необходимо правильно настроить и использовать следующие устройства:

- 1) индикатор уровня жидкости, автоматически отключающий напряжение при исчезновении или резком падении внешнего напряжения;
- 2) регулятор уровня, автоматически поддерживающий постоянный уровень разделения фаз и стабильность электрического режима в устройстве;
- 3) два реле максимального тока, автоматически отключающие напряжение при возникновении перегрузки на любой фазе;
- 4) предохранительный клапан, срабатывающий при увеличении рабочего давления до расчетного - 10 кгс/см^2 ;
- 5) манометр для проверки рабочего давления;

6) сигнализация положения контактора, наличия напряжения на электродах и аварийных отключений электродегидратора.

ВЫВОДЫ

- Изучен технологический процесс первичной переработки нефти
- Установлены возможные аварийные ситуации
- Выбрана методика расчета интенсивности теплового излучения, составлено три сценария аварийных ситуаций
- Проведена оценка основные риски и предложены меры повышения безопасности