

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

Обеспечение безопасности, прогнозирование и разработка мероприятий по
предупреждению аварий на магистральном нефтепроводе 

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

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

Кустановой Ильмиры Ислямгалиевны

Научный руководитель

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

подпись, дата

В.З.Угланова
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

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

подпись, дата

Р.И. Кузьмина
инициалы, фамилия

Саратов 2021

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время магистральный нефтепровод является одним из самых экономически целесообразных видов транспорта. Он представляет собой сложную систему с множеством узлов, несущих общий источник опасности – нефтепродукт. Объекты нефтепровода, как носители опасных и вредных производственных факторов, относятся к категории повышенной опасности. Непрерывность технологических процессов, выполняемых бесперебойно, вне зависимости от различных климатических и сезонных изменений состояния окружающей среды; наличие огромных объемов сложного технологического оборудования; большая степень рассеивания объектов; значительная протяженность линейной части в несколько сотни километров и больше, и необходимость оперативно принимать верные, безопасные решения – все это требует от будущих специалистов отличного знания особенности производства, совокупности нормативно-правовой и нормативно-технической документации в сфере нефтегазовой отрасли.

Отечественный и мировой опыт обслуживания магистральных нефтепроводов демонстрирует, что, невзирая на хорошие результаты в проектировании, строительстве и эксплуатации магистральных нефтепроводов, отказы, приводящие к техногенным авариям и, как следствие, к взрывам и пожарам, загрязнению окружающей среды, гибели людей, ущербу, не могут быть полностью устранены.

Следовательно, научные исследования, экспериментальные расчеты, методические разработки по обеспечению безопасности: предупреждению чрезвычайных ситуаций, своевременному и надежному прогнозированию, предотвращению и устранению последствия аварийных ситуаций на магистральном нефтепроводе, являются *актуальными*.

В связи с этим, *целью работы* является прогнозирование гипотетической ЧС на отдельном участке магистрального нефтепровода Куйбышев – Лисичанск и разработка мероприятий по предотвращению её возникновения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

➤ на основе анализа литературных данных, спрогнозировать сценарии ЧС;

➤ определить и рассчитать параметры, характеризующие поражающие факторы пожарной опасности;

➤ определить и рассчитать параметры, характеризующие поражающие факторы взрывной опасности;

➤ оценить эколого-экономический ущерб;

➤ разработать мероприятия по повышению безопасности и снижению риска возникновения ЧС на нефтепроводе.

Раздел 1 Магистральные нефтепроводы (литературный обзор)

1.1 Состав сооружений магистральных нефтепроводов

Магистральный нефтепровод – это сложное инженерное сооружение, включающее группу технических систем: линейная часть, головная и промежуточная перекачивающие станции, резервуары и т.д.

Линейная часть МН представляет собой систему линейно-протяженных объектов, которые предназначены для осуществления процесса перекачки нефти. Она содержит: трубопровод с лупингами, отводами и арматурными узлами; конструкции противопожарной защиты; питания и дистанционное устройство управления запорной арматуры; линии передачи энергии и технологической связи и так далее.

Задача линейных сооружений – обеспечение установленных режимов перекачки нефти. Магистральный нефтепровод, по сравнению с другими линейными сооружениями (железные дороги, автодороги) находится в особом состоянии на протяжении всего периода эксплуатации. На него влияет внутреннее давление перекачиваемого продукта, и он действует, как сосуд высокого давления. Через него перекачивается нефть, и это является опасностью возникновения пожара и взрывов.

1.2 Причины возникновения аварий на нефтепроводах

Причины аварий на магистральных нефтепроводах подразделяют на две основные группы. *Первая группа* включает в себя факторы, связанные со снижением или нарушением цельности конструкции нефтепровода из-за внешних и внутренних причин, *вторая связана* с возрастанием воздействия физических факторов, негативно влияющих на систему. Снижение цельности конструкции нефтепровода возникает из-за появления повреждения в стенке труб и изнашивание материала. Факторы второй группы проявляются при

эксплуатации нефтепровода: давление и температура нефтепродукта и/или окружающей среды, статические и подвижные нагрузки, изменение земного рельефа.

1.3 Классификация ЧС, вызванных авариями на магистральных нефтепроводах

Аварии, происходящие на магистральных нефтепроводах, приводят к ЧС, поскольку вследствие разлива нефти возможны пожары, разрушение конструкций, загрязнения окружающей среды, гибель людей, значительная потеря денежного капитала.

Классификация чрезвычайных ситуаций, вызванные авариями на магистральных нефтепроводах, представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – ЧС, вызванные авариями на магистральных нефтепроводах.

Раздел 2 Расчетная часть

В качестве объекта исследования выбран участок магистрального нефтепровода, проходящего по территории Саратовской области.

Основные характеристики трубопровода:

- общая протяженность равна 1111 км;
- проектная пропускная способность составляет 76,5 млн.т/год;
- условный диаметр 1220 мм;
- испытательное давление при сдаче в эксплуатацию равно 30-35 кгс/см²;
- толщина стенки трубы существующего нефтепровода равна 14-15 мм;
- класс прочности – K56;
- тип изоляции – комбинированная (праймер, литкор, полилен).

Возможны два типа сценариев развития возможной ЧС: наиболее вероятный и с наибольшими последствиями. В случае аварийной ситуации с разливом нефти наиболее вероятное возникновение аварийной ситуации происходит без возгорания, и в этом случае образуется облако с концентрацией паров нефти опасных для людей. Сценарий с наибольшими последствиями менее вероятен, но предполагает большие потери: пожар или взрыв из-за разлива нефти.

Как показывает практика, чрезвычайные ситуации, обычно, характеризуются совокупностью случайных событий, происходящих с разной частотой на разных этапах возникновения и развития чрезвычайной ситуации, в частности, для образования облака опасных концентраций паров нефти необходимо наличие разлива, определенных погодных условий. Когда образовавшееся облако движется в сторону поселения, то люди, которые там живут, отравляются.

Для обнаружения причинно – следственных связей между этими событиями применяется логико-графический метод анализа «*дерево событий*» (рисунок 2).

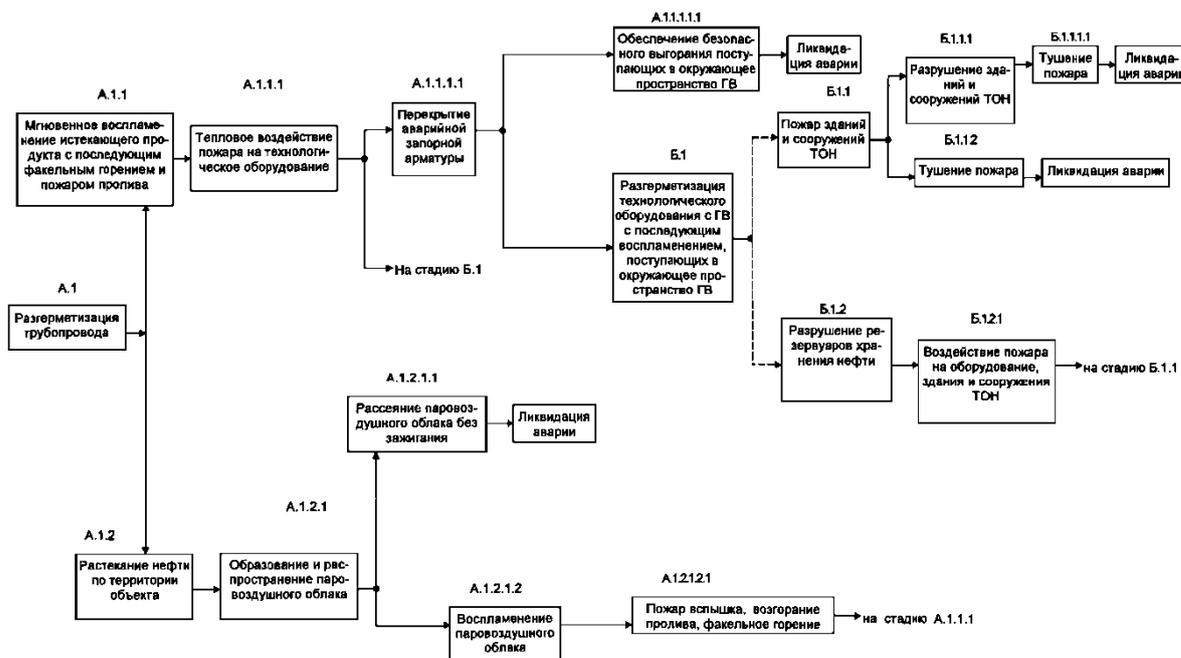


Рисунок 2 – Дерево событий.

2.1 Параметры, характеризующие поражающие факторы пожарной опасности

Для оценки возможных последствий ЧС с разливом нефти были основные рассчитаны параметры, характеризующие ЧС (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры, характеризующие ЧС

Параметры ЧС	Формула	Значения
Объем вытекшей нефти, м ³	$V_{ж} = 0,01 \cdot P_{п} \cdot Q \cdot t + \frac{\pi D^2}{4} \cdot L$	3508,0
Масса вытекшей нефти, т	$m_{ж} = \rho_{ж} \cdot V$	2982,0
Диаметр разлива нефти, м	$d = \sqrt{25,5 \cdot V}$	300,0
Толщина слоя разлившейся нефти, м	$h = \frac{V}{S}$	0,05
Площадь загрязнения, м ²	$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$	70 248
Объем нефтенасыщенного грунта, м ³	$V_{гр} = S_{гр} \cdot h_{ср}$	10 537
Объем впитавшейся в грунт нефти, м ³	$V_{ВП} = K_{Н} \cdot V_{гр}$	1686,0
Количество впитавшейся в грунт нефти, т	$M_{ВП} = K_{Н} \cdot V_{гр} \cdot \rho$	1433

Проведя анализ расчета параметров ЧС на магистральном нефтепроводе, необходимые для обоснования риска пожара и взрыва МН, а также определения количества сил и средств для устранения возможного ЧС, можно прийти к выводу, что данная ЧС *регионального уровня*.

Также нам были рассчитаны параметры, характеризующие пожарную опасность. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры, характеризующие пожарную опасность

Расчетные параметры	Значение величины	Последствия
Угловой коэффициент облученности $F_q = \frac{\frac{H}{D_s} + 0,5}{4 \cdot \left[\left(\frac{H}{D_s} + 0,5 \right)^2 + \left(\frac{r}{D_s} \right)^2 \right]^{1,5}}$	0,023	
Коэффициент пропускания атмосферы $\tau = \exp \left[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{r^2 + H^2} - \frac{D_s}{2} \right) \right]$	0,9	
Эффективный диаметр «огневого шара», м $D_s = 5,33 \cdot m^{0,327}$	149	
Время существования «огненного шара», с $t_s = 0,92 \cdot m^{0,303}$	20	<i>Ожог 1-й степени через 6-8 с для людей; Потеря несущей способности, утрата целостности кирпичной кладки зданий и сооружений.</i>
Доза теплового излучения, Дж/м ² $Q = q \cdot t_s$	$1,7 \times 10^5$	
Интенсивность теплового излучения, кВт/м ² $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau$	8,8	

2.2 Параметры, характеризующие поражающие факторы взрывной опасности

Таблица 3 – Параметры, характеризующие взрыв

Расчетные параметры	Значения величины
<p>Глубина взрывоопасной зоны, м</p> $X_{\text{НИ}} = \sqrt{\frac{A \cdot \tau \cdot i}{\varphi_{\text{ин}}}}$	299
<p>Масса паров нефти, попавшей в окружающую среду, кг</p> $m_{\text{п}} = w \cdot S_{\text{н}} \cdot T$	26300
<p>Интенсивность испарения нефти, кг/с</p> $i = 10^{-6} \cdot \sqrt{M_{\text{н}}} \cdot P_{\text{с}} \cdot S_{\text{зр}}$	5,9
<p>Величина избыточного давления на границе взрывоопасной зоны, кПа</p> $\Delta P = P_0 \cdot \left(0,8 \frac{m_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + 3 \frac{m_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + 5 \frac{m_{\text{пр}}}{r^3} \right)$	11

Раздел 3 Эколого-экономический ущерб

Экологический и экономический ущерб – обязательная составляющая при оценке последствий техногенных чрезвычайных ситуаций. В нем описывается потеря природных ресурсов, связанная с ухудшением состояния окружающей среды из-за воздействия объекта, а также затраты на их компенсацию или восстановление.

3.1 Расчет возможного экологического ущерба от чрезвычайной ситуации

Таблица 3 – Плата за экологический ущерб от ЧС

Расчетные параметры	Значения величины
Определение размера компенсационных выплат за загрязнение земель, руб. $Y_z = K_{\text{п}} \cdot K_{\text{и}} \cdot N_c \cdot S_{\text{гр}} \cdot K_{\text{э}(i)} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{г}}$	8 935 000
Определение размера компенсационных выплат за загрязнение атмосферного воздуха, руб. $Y_a = 5 \cdot K_{\text{и}} \cdot C_a \cdot M_{\text{и.в}}$	1 447 000
Общий ущерб от загрязнения окружающей среды, руб. $Y_{\text{экол}} = Y_z + Y_a$	10 382 000

3.2 Расчет возможного экономического ущерба от чрезвычайной ситуации

Таблица 4 – Плата за экономический ущерб от ЧС

Расчетные параметры	Значения величины
Ущерб от безвозвратных потерь нефти, руб. $Y_{\text{б.п}} = M_{\text{б.п}} \cdot C_{\text{тон}}$	74 540 000
Ущерб от вынужденного простоя магистрального нефтепровода, руб. $Y_{\text{простоя}} = (K \cdot E + A) \cdot Q_{\text{тр}} \cdot t$	2 918 000
Суммарный экономический ущерб, руб. $Y_{\text{экон}} = Y_{\text{б.п}} + Y_{\text{простоя}}$	77 457 000

Сумма, полученная от размера ущерба, показывает, что возникновение аварийной ситуации на магистральном трубопроводе связано со значительными затратами денежных ресурсов.

Раздел 4 Организационно-технические мероприятия, направленные на снижение частоты разгерметизации нефтепровода и аварийных ситуаций

Инженерно-технические мероприятия:

1. Снабжение технологической схемы транспорта нефти средствами автоматического контроля и противоаварийной защиты.
2. Совершенствование устаревшего и изношенного оборудования.
3. Осуществление своевременного технического обслуживания и ремонта магистрального нефтепровода и его элементов с заменой изношенных и опасных участков.
4. Запускание внутритрубного снаряда (диаскан).
5. Защита магистральных нефтепроводов от коррозии почвы внешней антикоррозионной изоляцией и катодной защитой нефтепроводов.

Организационные мероприятия:

1. Выполнение аэровизуальной съёмки (серия наблюдений с самолета или вертолета).
2. Применение автоматизированных и компьютерных средств раннего обнаружения риска возникновения аварийной ситуации.
3. Следование требованиям по поддержанию охранных зон и соблюдение минимальных расстояний до жилых массивов, которые установлены официальными документами.

4. Повышение квалификации инженеров и технического персонала по безопасной эксплуатации нефтепровода.

5. Контроль знаний стандартов и правил охраны труда и техники безопасности работников аттестационной комиссией.

6. Выполнение плана противоаварийной подготовки.

7. Осмотр пересечений нефтепроводов через автомобильные дороги и водные преграды.

8. Проводить аттестацию по промышленной безопасности руководителей и специалистов, управляющих опасными производственными объектами.

9. Осуществление противоаварийного обучения с персоналом по локализации происшествий и пожаров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований и расчетов сделаны следующие выводы:

1. Установлены и рассчитаны параметры, характеризующие пожарную опасность. Найдено, что интенсивность теплового излучения равна $8,8 \text{ кВт/м}^2$, а доза теплового излучения равна $1,7 \cdot 10^5 \text{ Дж/м}^2$.

2. Установлены и рассчитаны параметры, характеризующие взрывную опасность. Найдено, что глубина взрывоопасной зоны, 299 м, величина избыточного давления на границе взрывоопасной зоны – 11 кПа.

3. Суммарный экологический ущерб, возникший от загрязнения земель, атмосферного воздуха, составил 10 382 000 рублей.

4. Суммарный экономический ущерб от безвозвратных потерь нефти и неиспользованных мощностей нефтепровода составил 77 457 000 руб.

5. Разработаны мероприятия, направленные на снижение частоты разгерметизации нефтепровода и аварийных ситуаций.