


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

## 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.

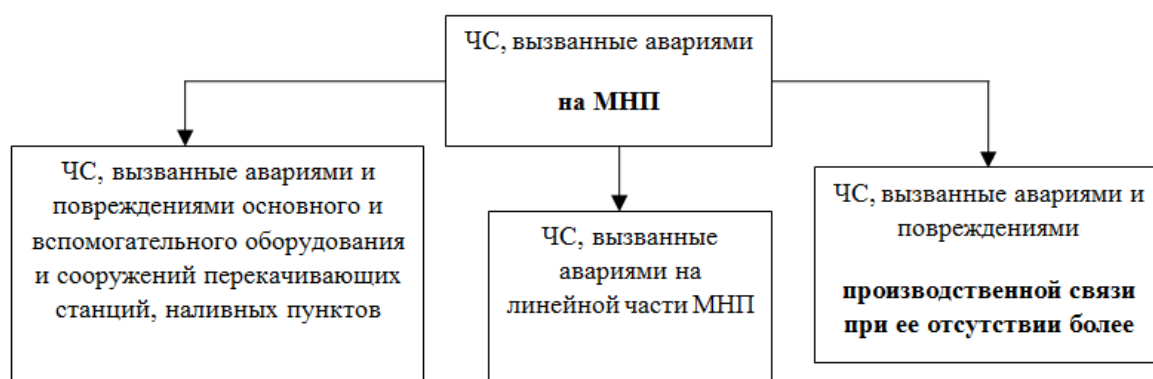


Рисунок 1 – ЧС, вызванные авариями на магистральных нефтепроводах.

## 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/см<sup>2</sup>;
- 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).

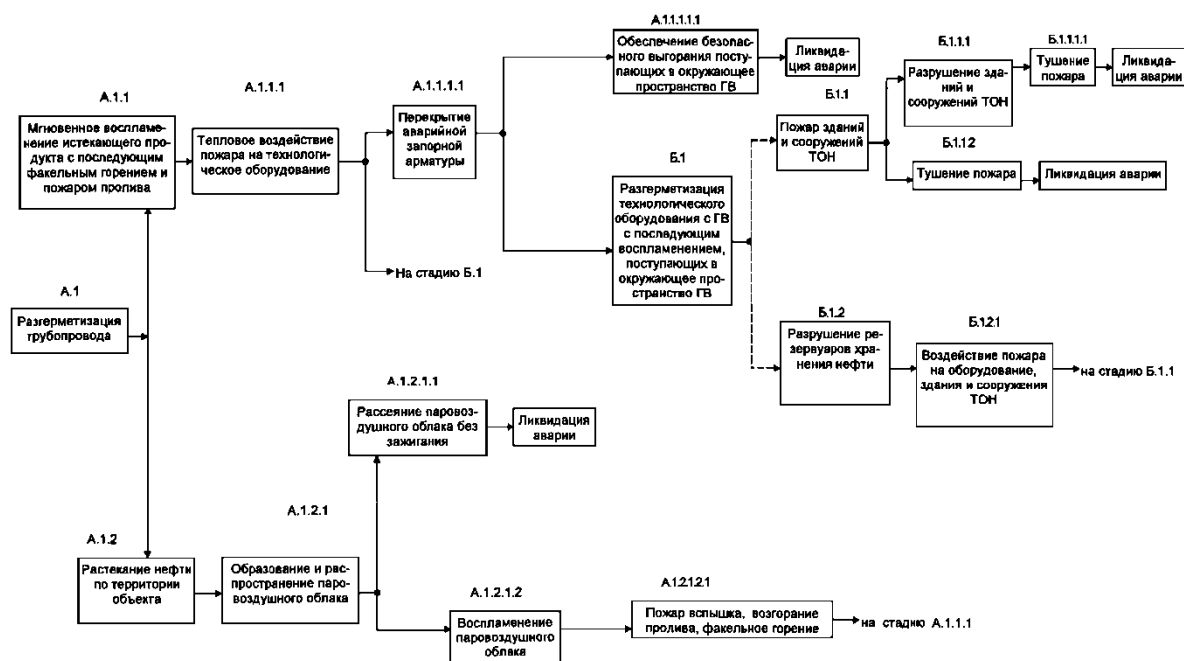


Рисунок 2 – Дерево событий.

## 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 <sup>3</sup>	$V_{ж} = 0,01 \cdot P_{п} \cdot Q \cdot t + \frac{\pi D^2}{4} \cdot L$	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 <sup>2</sup>	$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$	70 248
Объем нефтенасыщенного грунта, м <sup>3</sup>	$V_{гр} = S_{гр} \cdot h_{ср}$	10 537
Объем впитавшейся в грунт нефти, м <sup>3</sup>	$V_{ВП} = K_{Н} \cdot V_{гр}$	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 <sup>2</sup> $Q = q \cdot t_s$	$1,7 \times 10^5$	
Интенсивность теплового излучения, кВт/м <sup>2</sup> $q = E_f \cdot F_q \cdot \tau$	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. $Y_z = K_{\text{п}} \cdot K_{\text{и}} \cdot H_c \cdot S_{\text{гр}} \cdot K_{\text{э}(i)} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{г}}$	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.