

ВВЕДЕНИЕ

Нефтепроводные магистрали играют существенную роль в российской инфраструктурной системе, гарантируя доставку нефти как потребителям внутри страны, так и на международные рынки. Стабильное и безопасное функционирование этих трубопроводов является критически важным фактором для экономического благополучия и энергетической независимости государства.

Промышленные аварии на магистральных нефтепроводах (МНП) обладают рядом особенностей:

- основным поражающим фактором при аварии является разлившаяся нефть или нефтепродукт, а объектами их воздействия являются компоненты природной окружающей среды;

- МНП являются протяжёнными линейными объектами, поэтому аварии могут происходить на различных участках и в различных условиях;

- в отличие от промышленных аварий, связанных со взрывами, пожарами, выбросами и сбросами токсичных газов и жидкостей, последствия аварий на МНП наступают не стремительно.

Таким образом, проведение научных исследований, экспериментальных вычислений и разработка методик по обеспечению безопасности, включая предотвращение чрезвычайных ситуаций, оперативное и надежное прогнозирование, а также ликвидацию последствий аварий на магистральных нефтепроводах, представляются крайне важными.

Для разработки эффективных методов защиты населения и персонала необходимо уметь предвидеть вероятность аварий, оценивать их последствия и рассчитывать опасные факторы, возникающие при разливе нефти.

В связи с этим, *целью* бакалаврской работы является оценка последствий чрезвычайной ситуации и экологического ущерба при аварии на

нефтепроводе, а также представление способов защиты нефтепровода от некоторых повреждений.

Для достижения поставленной цели необходимо *решить ряд задач:*

- 1) на основе анализа литературных источников, спрогнозировать возможные сценарии чрезвычайных ситуаций;
- 2) определить и рассчитать параметры, характеризующие поражающие факторы пожарной и взрывной опасности;
- 3) по результатам исследования предложить меры по повышению безопасности и снижению риска повреждения нефтепровода;
- 4) оценить экологический ущерб.

Раздел 1 Магистральные нефтепроводы (литературный обзор)

1.1 Терминология, общая информация, определения при описании аварийной ситуации на нефтепроводе

Магистральный нефтепровод – это сложный инженерный комплекс, состоящий из трубопроводной сети (включающей подземные, надземные, наземные и подводные участки), насосных станций, емкостей для складирования нефти, а также других технических объектов, обеспечивающих перекачку, прием, выдачу нефти конечным потребителям или перегрузку на другие транспортные средства.

Охранная зона магистрального трубопровода – определённый участок земли или водного пространства, где действуют специальные правила эксплуатации, созданные вокруг основной трубопроводной системы с целью гарантирования её сохранности.

Авария на основном нефтепроводе – это неожиданный выброс или просачивание нефти, вызванное полным разрушением или частичной поломкой самого нефтепровода, его компонентов, хранилищ, механизмов и аппаратуры, часто сопровождающееся одним или несколькими инцидентами.

1.2 Причины возникновения аварий на магистральных нефтепроводах

Аварии на нефтепроводных магистралях обусловлены типичными факторами, которые можно систематизировать в следующие взаимосвязанные группы:

Технические факторы (составляют около 60% от общего числа причин аварий):

➤ внешнее воздействие на трубопровод. Чаще всего повреждения возникают из-за ремонтных или строительных работ вблизи работающего трубопровода, что представляет собой серьезную опасность.

➤ коррозионные процессы, приводящие к разрушению металла трубопровода под воздействием химических или электрохимических реакций с окружающей средой.

➤ дефекты, имеющиеся в трубах – любые отклонения фактических параметров материалов и изделий от установленных нормативных требований.

Эксплуатационные нагрузки и воздействия. Основными эксплуатационными нагрузками и воздействиями являются внутреннее давление продукта в трубопроводе и температурный перепад.

1.3 Классификация возможных ЧС на магистральном нефтепроводе

Пожары и взрывы, приводящие к разрушениям сооружений, загрязнению окружающей среды, травматизму и гибели людей, могут возникать в результате разлива продукта, транспортируемого по магистральным нефтепроводам.

На магистральных нефтепродуктопроводах возможны следующие инциденты:

- разрыв основной линии или ответвления к нефтебазе, что приведет к утечке нефтепродукта на прилегающую территорию;
- выход нефтепродукта через неплотности сальников, трещины или свищи запорной арматуры с последующим возгоранием;
- незаконное подключение к трубопроводу;
- авария на диспетчерской станции, включая пожар или разлив нефтепродукта.

1.4 Мероприятия, направленные на обеспечение безопасности на магистральных нефтепроводах

- 1) Создание собственных специализированных групп для устранения разливов, их аттестация в соответствии с нормами российского законодательства и обеспечение необходимым оснащением.
- 2) Создание резервов материальных ресурсов, предназначенных для ограничения и ликвидации последствий чрезвычайных происшествий.
- 3) Организация обучения сотрудников методам защиты и действиям в аварийных ситуациях, связанных с разливами нефти.
- 4) Подготовка документа, удостоверяющего промышленную безопасность опасных производственных объектов.
- 5) Гарантирование и организация производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на предприятии.
- 6) Своевременный пересмотр планов и документации при изменении первичных данных.
- 7) Разработка и поддержание в рабочем состоянии систем выявления утечек нефти и нефтепродуктов, а также систем связи и оповещения.
- 8) Систематические проверки исправности автоматизированных систем выявления и предупреждения аварийных ситуаций на объектах.
- 9) Наблюдение за соблюдением правил противопожарной безопасности.
- 10) Защита сотрудников и населения: обеспечение работников средствами индивидуальной защиты, разработка схем эвакуации.
- 11) Подготовка к привлечению дополнительных ресурсов и персонала при необходимости, в соответствии с планом взаимодействия.

Раздел 2 Расчетная часть

2.1 Объект исследования: нефтепровод

В качестве объекта исследования выбран стандартный участок нефтепровода РФ, предназначенный для транспортировки нефтяных смесей на экспорт в страны Восточной Европы.

Ключевые параметры трубопровода:

- суммарная протяженность – 1111 км;
- производительность – 82 млн. тонн в год;
- номинальный диаметр – 1220 мм;
- рабочее давление – 5,50 МПа;
- толщина стенок труб – 14-15 мм;
- класс прочности – K56;
- тип изоляции – многослойная (праймер, полилен).

Развитие кризисной ситуации может протекать по двум основным путям: по наиболее ожидаемому и по варианту, представляющему наибольший потенциальный ущерб. В случае аварии с выбросом нефти, типичный сценарий заключается в отсутствии воспламенения, что приводит к образованию зоны с опасным для самочувствия уровнем концентрации нефтяных испарений. Вариант с самыми тяжелыми последствиями, хотя и менее вероятный, сопряжен с более значительными потерями, такими как возгорание или взрыв, спровоцированные утечкой нефти.

Как показывает практика, чрезвычайные происшествия обычно представляют собой сложный набор случайных событий, возникающих с разной частотой на различных этапах их зарождения и протекания. К примеру, для формирования облака опасных концентраций нефтяных паров необходим сам факт утечки и благоприятные погодные условия. При

перемещении этого облака в сторону жилой зоны происходит поражение населения.

Для установления взаимосвязей между этими событиями используется методика логического анализа, известная как «дерево событий» (рисунок 1).

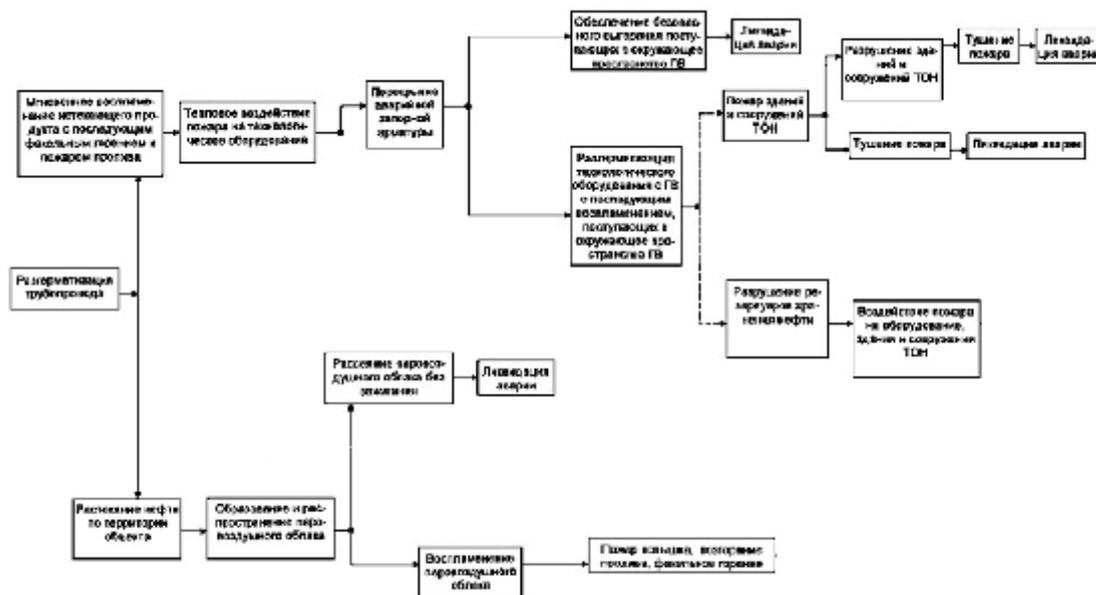


Рисунок 1 – Дерево событий

2.1 Параметры, характеризующие поражающие факторы пожарной опасности

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

Таблица 1 – Параметры, характеризующие ЧС

Параметры ЧС	Формула	Значения
Объем вытекшей нефти, м ³	$V_{ж} = 0,01 \cdot P_{п} \cdot Q \cdot t + \frac{\pi D^2}{4}$	3507,68
Масса вытекшей нефти, т	$m_{ж} = \rho \cdot V$	2981,528
Диаметр разлива нефти, м		299,07

Толщина слоя разлившейся нефти, м	$h = \frac{V}{S}$	0,05
Площадь загрязнения, м ²	$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$	70 248,26
Объем нефтенасыщенного грунта, м ³	$V_{гр} = S_{гр} \cdot h_{гр}$	21074,5
Объем впитавшейся в грунт нефти, м ³	$V_{ВП} = K \cdot M$	3371,92
Количество впитавшейся в грунт нефти, т		2866,13

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

Параметры ЧС	Формула	Значения
Глубина зоны опасного теплового излучения: для людей, м для зданий и сооружений, м	$x = 33 \cdot \ln \left[\left(1,25 \cdot \frac{Q_0}{q} \right)^{0,5} \right]$	141 85,5

2.2 Параметры, характеризующие поражающие факторы взрывной опасности

Таблица 3 – Параметры, характеризующие взрыв

Расчетные	Формула	Значения
-----------	---------	----------

параметры		
Глубина взрывоопасной зоны, м		298,92
Масса паров нефти, попавшей в окружающую среду, кг	$m_n = w \cdot S_n \cdot T$	20 990,18
Интенсивность испарения нефти, кг/с		5,84
Величина избыточного давления на границе взрывоопасной зоны, кПа	$\Delta P = P_0 \cdot \left(0,8 m_{np}^0 \cdot \frac{33}{r} + 3 m_{np}^0 \cdot \frac{66}{r^2} + 5 \frac{m_{np}^0}{r^3} \right)$	10,011

Раздел 3 Меры защиты нефтепроводов от повреждений

В проектной документации для наиболее уязвимых зон линейных участков магистральных трубопроводов необходимо предусмотреть специализированные меры безопасности, направленные на снижение вероятности аварийных ситуаций. Реализация этих мер может включать одно или несколько из следующих условий:

- Усиление стенки трубы путем увеличения её толщины.
- Заглубление трубопровода на большую глубину.
- Ужесточение требований к качеству защитного покрытия и режимам работы электрохимической защиты.
- Внедрение систем мониторинга коррозионных процессов.
- Использование труб, предварительно обработанных защитным покрытием.
- Применение бетонного покрытия для дополнительной защиты.
- Установка защитных футляров, кожухов или плит.
- Использование композитных усиливающих бандажей для укрепления конструкции.
- Прокладка трубопровода в тоннельном исполнении.
- Создание дополнительных обвалований и возведение защитных стенок.
- Стабилизация грунта, в особенности в прибрежных зонах.
- Организация систем отвода воды (каналов, кюветов).
- Осуществление геотехнического мониторинга состояния трубопроводов.

Раздел 4 Эколого-экономический ущерб

При анализе техногенных катастроф необходимо учитывать экологические и экономические издержки. Это включает в себя оценку ущерба, нанесенного природным ресурсам в результате негативного воздействия на окружающую среду, а также финансовые средства, требуемые для возмещения потерь или восстановления этих ресурсов.

4.1 Определение размера компенсационных выплат за загрязнение земель

Таблица 3 – Плата за экологический ущерб земель от ЧС

Расчетные параметры	Формула	Значения величины
Определение денежной оценки ущерба, нанесенного почвам	$УЩ = \underbrace{УЩ_{загр}} + \underbrace{УЩ_{сн}} + \underbrace{УЩ_{уничт}}$ $\underbrace{УЩ_{загр}} = \underbrace{СЗ} * \underbrace{S} * \underbrace{Kг} * \underbrace{Kисп} * \underbrace{Tх} * \underbrace{Kмпс}$ $\underbrace{УЩ_{сн}} = \underbrace{S} * \underbrace{Kисп} * \underbrace{Tх} * \underbrace{Kмпс}$ $\underbrace{УЩ_{уничт}} = \underbrace{25} * \underbrace{S} * \underbrace{Kисп} * \underbrace{Tх} * \underbrace{Kмпс}$	14 968 596 390 рублей

4.2 Определение размера компенсационных выплат за загрязнение атмосферного воздуха

Таблица 4 – Плата за экономический ущерб атмосферного воздуха от ЧС

Расчетные параметры	Формула	Значения величины
---------------------	---------	-------------------

<p>Определение размера компенсационных выплат за загрязнение атмосферного воздуха</p>	$Y_a = 5 \cdot K_{и} \cdot C_a \cdot M_{и.в}$	<p>14 961 800,304 рублей</p>
---	---	----------------------------------

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований и расчетов сделаны следующие выводы:

1. Зафиксированная область нефтеразлива достигла 70 248,26 м², что классифицирует данную чрезвычайную ситуацию как имеющую региональный масштаб. Дальность зоны опасного теплового воздействия для объектов инфраструктуры и строений достигла 85,5 м, а для людей – 141 м.

2. Выявлено, что при имеющихся исходных данных, поражающие факторы достигают границ жилой застройки. Зона тотальных разрушений простирается на 295 м в радиусе. В области средних разрушений, охватывающей расстояние до 788 м, вероятны повреждения перегородок внутри зданий, окон и дверей.

3. Представлены технические средства, предназначенные для сведения к минимуму вероятности возникновения аварийных ситуаций на нефтепроводной системе.

4. Общий экологический ущерб, нанесенный окружающей среде в результате загрязнения почвы и атмосферы, оценивается в 14 983 558 190,304 рублей.