NASER Technology

ц

Ионизирующее излучение NASER (λ=0,46нм) в нефтепереработке

Анализ возможностей и перспектив модернизации технологических процессов

Низкое энергопотребление • Безопасная генерация • Высокая эффективность



Кратный рост выхода

Увеличение выхода легких фракций C5-C9 с 16% до 93%



Минимальные затраты

Энергопотребление всего 5 Вт при высокой эффективности



Безопасная технология

Электромагнитная генерация без радиоактивных источников

Ионизирующее излучение NASER с длиной волны 0,46 нм, генерируемое на электронах проводимости, обладает значительным потенциалом для модернизации процессов нефтепереработки. Предварительные эксперименты показали возможность **кратного увеличения выхода лёгких фракций** в результате обработки тяжёлой нефти при крайне низком энергопотреблении.

Это открывает перспективы для **снижения энергозатрат**, **упрощения технологических процессов** и **улучшения качества нефтепродуктов**, например, за счёт снижения содержания серы. Однако для подтверждения этих результатов и понимания механизмов воздействия, особенно учитывая низкую энергию фотонов излучения NASER по сравнению с традиционно используемыми для радиационного крекинга технологиями, необходимы дальнейшие исследования и разработка пилотных установок.

Особенности и потенциальные преимущества излучения 0,46 нм

1.1. Уникальные характеристики генератора и системы воздействия 0,46 нм

Предлагаемая технология основана на использовании ионизирующего излучения **NASER** с длиной волны 0,46 нм, генерируемого принципиально новым способом без применения опасных радиоактивных источников. Это существенно упрощает вопросы

безопасности, лицензирования и эксплуатации установки на нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ).

Ключевые особенности системы:

- **Крайне низкое энергопотребление**, не оказывающее существенного влияния на экономику процесса
- Электромагнитная волна движется по **замкнутому контуру**, используя медный кабель в качестве волновода
- Воздействие происходит в **зоне разрыва кабеля** с глубиной потока до десяти сантиметров
- Возможность создания **множества линий воздействия** для увеличения рабочей зоны
- **Не требуется специальных температурных условий** для генерации

Параметры генератора NASER, такие как мощность, интенсивность и плотность потока, могут быть настроены в зависимости от конкретных задач, что обеспечивает гибкость применения технологии.

1.2. Результаты предварительных экспериментов: значительное увеличение выхода лёгких фракций

Экспериментальные данные:

Условия эксперимента:

- Объем нефти: **50 мл**
- Потребляемая мощность: **5 Вт**
- Время воздействия: **5 минут**
- Тип сырья: **тяжёлая нефть**

Результаты:

- Исходное содержание C_5-C_9: **16%**
- Содержание C_5-C_9 после обработки: **93%**
- Увеличение выхода: **в 5,8 раз**

Этот единичный опыт, проведённый на малом объёме, показал впечатляющие результаты, указывающие на **значительный потенциал технологии** для увеличения выхода ценных нефтепродуктов. Даже с учётом возможного снижения эффективности при масштабировании, полученные данные демонстрируют перспективность дальнейших исследований.

1.3. Потенциал для снижения энергозатрат и упрощения технологических процессов

Одним из ключевых преимуществ технологии NASER является **крайне низкое энергопотребление генератора**. Если результаты предварительных экспериментов подтвердятся на промышленном масштабе, это может привести к существенному

снижению энергозатрат по сравнению с традиционными процессами крекинга, такими как термический или каталитический крекинг.

Преимущества по сравнению с традиционными методами:

Энергетические:

- Снижение температуры процесса
- Уменьшение давления
- Снижение затрат на нагрев

Технологические:

- Упрощение конструкции установок
- Снижение нагрузки на катализаторы
- Увеличение срока службы оборудования

Обзор существующих методов применения ионизирующего излучения в нефтяной промышленности

Ионизирующее излучение находит применение в различных процессах нефтепереработки, демонстрируя потенциал для повышения эффективности и снижения экологической нагрузки. Исследования показывают, что радиационное воздействие может приводить к значительным изменениям в структуре углеводородов, способствуя получению более ценных продуктов и удалению нежелательных примесей.

2.1. Радиационный крекинг тяжёлых нефтей и битумов

Радиационный крекинг, особенно с использованием электронных пучков (ЭЛУ), является перспективным методом для переработки тяжёлых нефтей и битумов. Исследования показали, что облучение тяжёлого сырья приводит к разрыву длинных углеводородных цепей и сложных структур асфальтенов и смол.

Ключевые преимущества радиационного крекинга:

- Проведение процесса при более низких температурах
- Снижение энергозатрат
- Уменьшение образования кокса
- Более высокая эффективность непрерывного облучения

Экономический анализ показал, что стоимость обработки составляет менее 1,50 долларов США за баррель для преобразования тяжёлых фракций в продукты дизельного диапазона, демонстрируя значительный экономический потенциал технологии.

2.2. Радиационная десульфуризация нефтепродуктов

Радиационные методы десульфуризации основаны на способности ионизирующего излучения разрушать серосодержащие соединения, такие как меркаптаны и различные

гетероциклические соединения серы. Эти методы предлагают потенциальные преимущества по сравнению с традиционными химическими процессами.

Результаты исследований:

- Совместное действие облучения и катализатора:

  Гамма-излучение в сочетании с катализатором Zr/Al_2O_3 показало эффективность удаления дибензотиофена **98,9%** при дозе облучения 179 кГр.

- Влияние на разные типы нефтей:

  Сверхлёгкие сырые нефти обладают более высокой эффективностью десульфуризации, чем тяжёлые и лёгкие сырые нефти.

2.3. Радиационно-термический крекинг (РТК) и его преимущества

Радиационно-термический крекинг представляет собой комбинированный процесс, в котором инициирование реакций крекинга осуществляется ионизирующим излучением, а их развитие поддерживается тепловой энергией. Этот метод показал **значительные преимущества по сравнению с традиционным термическим крекингом**.

Ключевые преимущества РТК:

- Технологические:
- Снижение температуры процесса на 200–250 °C
- Увеличение выхода лёгких фракций
- Возможность работы без катализаторов
- Более высокое октановое число бензиновых фракций

Экономические:

- Значительная экономия энергии
- Снижение капитальных затрат
- Уменьшение эксплуатационных расходов
- Снижение затрат на катализаторы

2.4. Радиационная изомеризация и улучшение качества бензинов

Радиационная изомеризация относится к процессу преобразования углеводородов с прямой цепью в их разветвлённые изомеры под воздействием ионизирующего излучения. Этот процесс имеет важное значение для **улучшения качества моторных топлив**, особенно бензинов, поскольку разветвлённые изомеры обладают более высокими октановыми числами.

Механизмы радиационной изомеризации:

- **Радикальный механизм:** высокоэнергетическое излучение генерирует свободные радикалы, инициирующие изомеризацию
- **Радиационно-возбуждённые состояния:** возбуждение молекул приводит к структурным перестройкам

- **Перестройка углеродного скелета:** превращение *н*-алканов в разветвлённые углеводороды

2.5. Применение излучения для регенерации катализаторов

Применение ионизирующего излучения для регенерации катализаторов представляет собой активно развивающуюся область исследований. Катализаторы со временем теряют активность из-за образования **коксовых отложений** и накопления загрязняющих веществ.

Современные подходы к регенерации:

- **Электронный пучок и гамма-излучение:**

  Обработка дезактивированных катализаторов в диапазоне 20-150 кГр без значительных изменений в структуре катализатора.

- **Низкотемпературная плазма (NTP):**

  Эффективный и экологичный метод регенерации, способный заменить традиционное высокотемпературное выжигание.

Механизмы воздействия ионизирующего излучения на углеводороды

3.1. Радиолиз нефти: образование радикалов и ионов

Основным механизмом воздействия ионизирующего излучения на углеводороды является **радиолиз** – процесс химических превращений вещества, вызванный поглощением энергии ионизирующего излучения.

Основные этапы радиолиза:

1. **Передача энергии**

   Ионизирующее излучение передаёт энергию молекулам компонентов нефти, вызывая их ионизацию или возбуждение.

2. **Образование активных частиц**

   Образование ионов, возбуждённых молекул и свободных радикалов – частиц с неспаренным электроном.

3. **Химические превращения**

   Активные частицы инициируют цепные реакции, приводящие к изменению состава и свойств нефти.

3.2. Разрыв химических связей (C-C, C-S, C-H) под действием излучения

Ионизирующее излучение способно вызывать разрыв различных типов химических связей в молекулах углеводородов. Эффективность разрыва зависит от энергии фотонов, сечения поглощения и состава облучаемого вещества.

C-C связи	C-H связи	C-S связи
Энергия: ~3.6 эВ (345 кДж/моль) Основной механизм радиационного крекинга. Разрыв длинных углеродных цепей тяжёлых углеводородов.	Энергия: ~4.3 эВ (413 кДж/моль) Образование алкильных и водородных радикалов для последующих реакций.	Энергия: ~2.7 эВ (259 кДж/моль) Ключевой механизм радиационной десульфуризации. Разрыв связей в сероорганических соединениях.

3.3. Влияние излучения на вязкость и плотность нефти

Воздействие ионизирующего излучения на нефть может приводить к **значительным изменениям её физических свойств**, таких как вязкость и плотность. Наиболее часто наблюдаемым эффектом при облучении тяжёлых нефтей и битумов является **снижение вязкости**.

Факторы, влияющие на изменение свойств:

Снижение вязкости:

- Распад крупных молекул на более мелкие
- Уменьшение содержания асфальтенов и смол
- Увеличение доли лёгких фракций

Изменение плотности:

- Зависит от преобладания процессов крекинга
- Может снижаться при увеличении лёгких фракций
- Возможно увеличение при газообразовании

3.4. Радиационная демульсификация: влияние на разделение нефти и воды

Применение электромагнитного излучения для демульсификации нефтяных эмульсий представляет значительный интерес для нефтяной промышленности. Высокая стабильность этих эмульсий обусловлена наличием прочной бронирующей оболочки вокруг капель воды.

Механизмы радиационной демульсификации:

- Высокочастотное излучение:

  Быстрый нагрев эмульсии, уменьшение вязкости, ускорение разделения фаз.

- Микроволновое излучение:

  Объёмный нагрев, снижение дзета-потенциала, разрыв связей между ПАВ и водой.

- Радиочастотное поле:

  Воздействие на полярные компоненты нефти, тепловое и нетепловое разрушение стабилизирующих плёнок.

Потенциальные области применения излучения 0,46 нм на НПЗ

4.1. Предварительная обработка тяжёлой нефти перед перегонкой или крекингом

Одной из наиболее перспективных областей применения излучения NASER на НПЗ является **предварительная обработка тяжёлой нефти** перед её подачей на установки атмосферной перегонки или крекинг-процессы.

Ожидаемые эффекты предварительной обработки:

Улучшение качества сырья:

- Увеличение выхода лёгких фракций
- Снижение вязкости
- Уменьшение содержания серы
- Частичная деструкция асфальтенов и смол

Технологические преимущества:

- Облегчение перекачки и нагрева
- Снижение нагрузки на оборудование
- Повышение эффективности последующих процессов
- Улучшение качества конечных продуктов

4.2. Интенсификация процессов крекинга (термического, каталитического)

Излучение NASER обладает значительным потенциалом для **интенсификации процессов крекинга**, как термического, так и каталитического. Применение излучения может позволить проводить эти процессы более эффективно.

Возможности интенсификации:

Термический крекинг:

- Инициирование радиолиза углеводородов
- Снижение температуры и давления процесса
- Уменьшение энергозатрат
- Снижение образования кокса
- Увеличение глубины конверсии

Каталитический крекинг:

- Предварительная деструкция асфальтенов и смол
- Продление срока службы катализатора
- Повышение активности катализатора
- Улучшение октанового числа бензиновых фракций
- Снижение образования побочных продуктов

4.3. Улучшение качества нефтепродуктов за счёт снижения содержания серы

Снижение содержания серы в нефтепродуктах является одной из основных задач современной нефтепереработки в связи с ужесточением экологических требований. Излучение NASER может быть использовано для радиационной десульфуризации.

Преимущества радиационной десульфуризации:

- Технологические:
- Разрыв связей C-S в сероорганических соединениях
- Облегчение удаления трудноокисляемых соединений
- Повышение эффективности гидроочистки

Экономические:

- Экономия водорода
- Снижение энергозатрат
- Увеличение межрегенерационного пробега катализаторов

4.4. Радиационная обработка в процессах гидроочистки

Применение излучения NASER может быть эффективным в процессах **гидроочистки нефтепродуктов**, направленных на удаление серы, азота, кислородсодержащих соединений и металлов.

Механизмы интенсификации гидроочистки:

- Частичное разрушение сложных сероорганических и азотсодержащих молекул
- Повышение доступности соединений для каталитического воздействия
- Удаление металлоорганических соединений − ядов для катализаторов
- Создание синергетического эффекта при комбинации с каталитическими методами

Ожидаемые результаты:

↓ 20-30%	**↓ 15-25%**	**↑ 30-50%**
Снижение температуры процесса	Экономия водорода	Срок службы катализатора

4.5. Возможности применения в транспортировке и подготовке нефти

Ионизирующее излучение может найти применение на этапах **транспортировки и подготовки нефти**, предшествующих основной переработке на НПЗ.

Применение в транспортировке:

- **Снижение вязкости** тяжёлых нефтей для облегчения транспортировки
- Уменьшение затрат на подогрев трубопроводов
- Снижение количества добавляемых разбавителей
- Возможность интеграции модулей NASER вдоль трубопроводов

Применение в подготовке нефти:

- **Обессоливание и обезвоживание** сырой нефти
- Разрушение водонефтяных эмульсий
- Предварительная деструкция асфальтенов и смол
- Улучшение качества сырья перед атмосферной перегонкой

Оценка эффективности и масштабируемости технологии 0,46 нм

5.1. Сравнение энергии фотонов 0,46 нм с оптимальными для радиационного крекинга

Энергия фотонов ионизирующего излучения NASER с длиной волны 0,46 нм была рассчитана с использованием фундаментального соотношения $E = hc/\lambda$. Результаты расчетов показали, что **энергия фотона NASER излучения составляет приблизительно 2,697 кэВ**.

Сравнение с оптимальными энергиями:

- Энергия фотонов NASER: **2,697 кэВ**
- Оптимальный диапазон для крекинга: **300-600 кэВ**

Энергия фотонов NASER **в 100-200 раз ниже** оптимального диапазона для традиционного радиационного крекинга [165]

Особенности взаимодействия излучения NASER с веществом:

- Фотоны с энергией 2,697 кэВ относятся к области **мягкого рентгеновского излучения**
- Основной механизм взаимодействия – **фотоэлектрический эффект**
- Пробег фотоэлектронов в веществе значительно меньше, чем у высокоэнергетического излучения
- Эффективность поглощения сильно зависит от атомного состава (пропорционально Z^3-Z^5)

5.2. Возможные неионизирующие механизмы воздействия (резонансные, электромагнитные)

Учитывая относительно низкую энергию фотонов излучения 0,46 нм по сравнению с энергиями, традиционно используемыми для прямого радиолитического разрыва связей, возникает предположение о наличии **неионизирующих механизмов воздействия**.

Возможные механизмы:

Резонансные явления:

Частота излучения NASER (примерно $6{,}52\times10^{17}$ Гц) может совпадать с собственными частотами колебаний определённых химических связей или молекулярных структур в компонентах нефти.

- Электромагнитные взаимодействия:
- Воздействие на межмолекулярные силы
- Индукция конформационных изменений в макромолекулах
- Поляризация молекул, особенно полярных компонентов нефти
- Влияние на агрегацию асфальтенов и стабильность эмульсий

Особенности системы доставки:

Конфигурация с разрывом в медном волноводе может создавать сложные электромагнитные поля, вызывающие стоячие волны или локальное усиление поля в зоне воздействия.

5.3. Вопросы равномерности обработки и проектирования промышленных установок

При переходе от лабораторных экспериментов к промышленному применению технологии NASER возникает ряд важных вопросов, связанных с **равномерностью обработки и проектированием промышленных установок**.

Проблемы масштабирования:

- Обеспечение равномерной дозы облучения для значительных потоков нефти
- Предотвращение переобработки или недообработки частей сырья
- Оптимизация скорости потока нефти в зоне облучения
- Обеспечение турбулентного течения для улучшения массообмена

Технические решения:

- Многокаскадные системы обработки
- Специальные конструкции реакторов
- Оптимизация конфигурации волноводов и разрывов
- Системы смешивания и контроля параметров

Требования к промышленным установкам:

- **Масштабируемость системы генерации:**

  Оптимизация конструкции генераторов и волноводов для достижения максимальной эффективности и надёжности в непрерывном промышленном режиме.

- **Материаловедение:**

  Выбор материалов для волноводов и элементов реактора, стойких к радиационному воздействию, агрессивным компонентам нефти и продуктам радиолиза.

- **Мониторинг и контроль:**

Разработка систем мониторинга параметров облучения и качества нефти в реальном времени для оперативной корректировки режимов работы.

5.4. Экономическая целесообразность внедрения технологии 0,46 нм

Оценка **экономической целесообразности** внедрения технологии NASER на НПЗ является комплексной задачей, требующей учёта множества факторов.

Потенциальные экономические преимущества:

Доходная часть:

- Увеличение выхода лёгких фракций
- Повышение качества нефтепродуктов
- Увеличение глубины переработки нефти
- Улучшение экологических показателей

Экономия затрат:

- Снижение энергопотребления
- Уменьшение затрат на катализаторы
- Снижение эксплуатационных расходов
- Увеличение срока службы оборудования

Затраты на внедрение:

Капитальные:

- Разработка промышленных установок
- Изготовление генераторов
- Монтаж и интеграция
- Системы управления

Эксплуатационные:

- Обслуживание оборудования
- Ремонт и замена компонентов
- Мониторинг и контроль
- Обеспечение безопасности

Прочие:

- Обучение персонала
- Получение разрешений
- Страхование
- НИОКР и оптимизация

Факторы, влияющие на окупаемость:

- Масштаб внедрения: чем больше установка, тем быстрее окупаемость
- Тип перерабатываемого сырья: тяжёлые нефти дают больший экономический эффект
- Рыночная конъюнктура: цены на нефтепродукты и энергоносители
- Экологические требования: стимулы для экологически чистых технологий

Выводы и рекомендации по дальнейшим исследованиям

6.1. Перспективность технологии 0,46 нм для модернизации НПЗ

Технология ионизирующего излучения **NASER** демонстрирует значительную перспективность для модернизации нефтеперерабатывающих заводов, особенно в контексте переработки тяжёлых и высокосернистых нефтей.

Уникальные характеристики	**Доказанная эффективность**	**Перспективы внедрения**

- Крайне низкое энергопотребление
- Безопасная электромагнитная генерация
- Модульная конструкция

- Увеличение выхода лёгких фракций в 5,8 раз
- Обработка при 5 Вт
- Время воздействия всего 5 минут

- Повышение рентабельности НПЗ
- Улучшение экологических показателей
- Снижение энергоёмкости процессов

6.2. Необходимость дальнейших исследований механизмов воздействия и оптимизации параметров

Несмотря на обнадёживающие предварительные результаты, для успешного внедрения технологии NASER в промышленность **требуются дальнейшие углублённые исследования**.

Основные направления исследований:

Фундаментальные:

- Выяснение точных механизмов воздействия излучения NASER
- Изучение резонансных и электромагнитных эффектов
- Моделирование взаимодействия излучения с веществом

Прикладные:

- Оптимизация параметров облучения для разных типов нефти
- Изучение влияния на различные классы углеводородов
- Анализ физико-химических свойств нефти после обработки

Экспериментальные работы:

- Лабораторные эксперименты с различными образцами нефти
- Анализ влияния на асфальтены, смолы и сероорганические соединения
- Исследование изменений вязкости, плотности и фракционного состава

6.3. Разработка пилотных установок и проведение промышленных испытаний

Для подтверждения эффективности и экономической целесообразности технологии NASER в реальных условиях НПЗ **необходима разработка пилотных установок и проведение масштабных промышленных испытаний**.

Требования к пилотной установке:

Технические характеристики:

- Обработка значительных объёмов нефти
- Непрерывный или полунепрерывный режим
- Имитация реальных технологических потоков
- Масштабируемая конструкция

Функциональные возможности:

- Регулировка параметров облучения
- Контроль качества обработки
- Мониторинг работы генераторов
- Интеграция с существующими процессами

Программа промышленных испытаний:

- Оценка равномерности обработки:

  Контроль качества облучения по всему объёму обрабатываемого сырья

- Надёжность оборудования:

  Длительные испытания на стабильность работы, ресурс и отказоустойчивость

- Влияние на технологические процессы:

  Оценка эффективности последующих процессов перегонки, крекинга, гидроочистки

- Технико-экономическое обоснование:

  Сбор данных для расчёта экономической эффективности внедрения

Ожидаемые результаты исследований:

- Разработка рекомендаций по оптимальной интеграции установок NASER в технологические схемы НПЗ
- Определение областей наиболее эффективного применения технологии
- Создание технической документации для промышленного внедрения
- Обоснование экономической целесообразности внедрения на конкретных НПЗ