Системы управления производством (MES) в нефтепереработке. От планирования до отгрузки

# Введение: Обзор нефтеперерабатывающей отрасли, роль MES-систем, целевая аудитория и структура книги.

## Структура главы: Введение

\*\*I. Нефтеперерабатывающая отрасль: вызовы и возможности цифровой трансформации\*\*

**А. Текущее состояние отрасли:**

Аргумент: Глобальный спрос на нефтепродукты и необходимость обеспечения энергетической безопасности.

Аргумент: Конкуренция на рынке и необходимость снижения издержек.

Аргумент: Ужесточение экологических норм и требований к безопасности.

**Б. Цифровизация как ключевой фактор выживания:**

Аргумент: Повышение эффективности производства за счет оптимизации процессов.

Аргумент: Снижение рисков аварий и обеспечение безопасности персонала.

Аргумент: Улучшение качества продукции и удовлетворение потребностей клиентов.

**В. Обзор ключевых цифровых технологий:**

Аргумент: Автоматизация и роботизация процессов.

Аргумент: Использование больших данных и аналитики.

Аргумент: Внедрение систем искусственного интеллекта и машинного обучения.

Аргумент: Развитие облачных технологий и кибербезопасности.

**А. Определение и функциональные возможности MES:**

Аргумент: MES как промежуточное звено между ERP и автоматизированными системами управления производством.

Аргумент: Ключевые функции: планирование, диспетчеризация, управление ресурсами, контроль качества, отслеживание материалов.

**Б. Преимущества внедрения MES:**

Аргумент: Повышение операционной эффективности за счет оптимизации производственных процессов.

Аргумент: Снижение затрат за счет сокращения отходов и оптимизации использования ресурсов.

Аргумент: Улучшение качества продукции и соответствие требованиям стандартов.

Аргумент: Повышение безопасности производства и снижение рисков аварий.

**В. MES в контексте цифровой трансформации:**

Аргумент: Интеграция с другими цифровыми системами для создания единой цифровой платформы.

Аргумент: Поддержка принятия решений на основе данных в режиме реального времени.

Аргумент: Создание условий для внедрения новых технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение.

**А. Определение целевой аудитории:**

Аргумент: Инженеры-технологи, операторы, руководители производств, специалисты по автоматизации, IT-специалисты нефтеперерабатывающих предприятий.

**Б. Обоснование актуальности и практической ценности книги:**

Аргумент: Недостаток специализированной литературы по MES для нефтепереработки.

Аргумент: Ориентация на практическое применение и решение реальных задач.

**В. Обзор структуры книги и ключевых разделов:**

Аргумент: Логическая последовательность изложения материала от основ управления производством к практическому применению MES и перспективам развития.

Аргумент: Взаимосвязь между главами и возможность использования книги в качестве практического руководства.

**Г. Краткий обзор других книг серии и их взаимосвязь:**

Аргумент: Книга является частью единой серии, посвященной цифровым технологиям в нефтепереработке.

Аргумент: Взаимодополнение и расширение знаний, полученных из других книг серии.

# Идеи:

* Идея 1: **Актуальность цифровой трансформации нефтеперерабатывающей отрасли.** Подчеркнуть глобальный контекст: растущий спрос на энергию, волатильность цен на нефть, ужесточение экологических требований и необходимость повышения конкурентоспособности. Цифровизация представляется не как опция, а как необходимость для выживания и развития отрасли.
* Идея 2: **Вызовы, стоящие перед нефтеперерабатывающими предприятиями.** Обозначить конкретные проблемы: устаревающее оборудование, неэффективное использование ресурсов, сложность управления производственными процессами, риски аварий и простоев, необходимость повышения качества продукции и соответствия требованиям стандартов.
* Идея 3: **Определение MES и его место в иерархии автоматизации.** Четко разграничить MES от ERP, DCS, SCADA и других систем автоматизации. Подчеркнуть, что MES является связующим звеном между стратегическим планированием (ERP) и оперативным управлением (DCS, SCADA).
* Идея 4: **Ключевые функциональные возможности MES.** Перечислить основные функции MES: планирование производства, управление материальными потоками, диспетчеризация, контроль качества, учет и анализ данных, управление техническим обслуживанием и ремонтом оборудования. Акцент на улучшении видимости и контроля над производственными процессами.
* Идея 5: **Преимущества внедрения MES для нефтеперерабатывающих предприятий.** Описать конкретные выгоды: повышение операционной эффективности, снижение затрат, улучшение качества продукции, повышение безопасности производства, оптимизация использования ресурсов, повышение гибкости производства, улучшение принятия решений на основе данных.
* Идея 6: **MES как часть концепции "Индустрия 4.0" и цифровой трансформации.** Подчеркнуть, что MES является ключевым элементом цифровой трансформации нефтеперерабатывающей отрасли и способствует переходу к концепции "умного производства".
* Идея 7: **Целевая аудитория книги и ее практическая ценность.** Обозначить целевую аудиторию (инженеры-технологи, операторы, руководители производств, специалисты по автоматизации) и подчеркнуть, что книга ориентирована на практическое применение и решение реальных задач.
* Идея 8: **Обзор структуры книги и взаимосвязь между главами.** Кратко описать структуру книги и пояснить, как каждая глава способствует достижению основной цели – предоставить читателю комплексное понимание MES и его применения в нефтепереработке.
* Идея 9: **Взаимосвязь с другими книгами серии.** Подчеркнуть, что книга является частью единой серии, посвященной цифровым технологиям в нефтепереработке, и дополняет знания, полученные из других книг серии (например, из книг по данным, инфраструктуре и управлению производством).
* Идея 10: **Краткое описание преимуществ внедрения передовых цифровых технологий.** Описать, как инновационные цифровые решения, такие как искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение (МО) и анализ больших данных (Big Data), могут быть интегрированы с системами MES для повышения эффективности, оптимизации процессов и принятия более обоснованных решений.

# Глава 1: Иерархия управления на нефтеперерабатывающем заводе: верхний, средний и нижний уровни, интеграция между ними.

## Структура Глава 1: Иерархия управления на нефтеперерабатывающем заводе

\*\*I. Уровни управления производством: Обзор\*\*

**A. Стратегический уровень:**

Аргумент: Определение долгосрочных целей и стратегии развития предприятия.

Аргумент: Принятие решений о капитальных вложениях, развитии новых продуктов и рынков сбыта.

Аргумент: Оценка рисков и возможностей, связанных с внешней средой.

**B. Тактический уровень:**

Аргумент: Разработка оперативных планов, бюджетов и графиков производства.

Аргумент: Определение оптимальной загрузки мощностей и распределение ресурсов.

Аргумент: Контроль выполнения планов и корректировка стратегии в краткосрочной перспективе.

**C. Оперативный уровень:**

Аргумент: Непосредственное управление производственными процессами в режиме реального времени.

Аргумент: Контроль параметров технологических процессов и обеспечение их соответствия требованиям.

Аргумент: Решение текущих проблем и аварийных ситуаций.

**A. ERP-системы:**

Аргумент: Управление финансами, логистикой, персоналом и другими бизнес-процессами.

Аргумент: Интеграция всех подразделений предприятия в единую информационную систему.

Аргумент: Обеспечение прозрачности и контроля над всеми аспектами деятельности предприятия.

**B. Системы управления технологическими процессами (АСУТП):**

Аргумент: Автоматическое управление параметрами технологических процессов.

Аргумент: Обеспечение стабильности и оптимальности технологических процессов.

Аргумент: Снижение риска аварий и повышение безопасности производства.

**C. Системы диспетчерского управления (SCADA):**

Аргумент: Сбор и отображение данных о состоянии оборудования и технологических процессов.

Аргумент: Оперативное управление технологическими процессами и оборудованием.

Аргумент: Визуализация данных и обеспечение оперативного контроля над производством.

**A. MES как мост между ERP и АСУТП:**

Аргумент: Обеспечение передачи данных между ERP и АСУТП.

Аргумент: Улучшение координации между различными уровнями управления.

Аргумент: Повышение эффективности производства за счет оптимизации потоков информации.

**B. Основные функции MES-систем:**

Аргумент: Планирование и диспетчеризация производства.

Аргумент: Управление ресурсами и материальными потоками.

Аргумент: Контроль качества и отслеживание партий продукции.

**C. Преимущества внедрения MES-систем:**

Аргумент: Повышение операционной эффективности и снижение затрат.

Аргумент: Улучшение качества продукции и удовлетворенности клиентов.

Аргумент: Повышение безопасности производства и снижение рисков аварий.

**A. Разделение на технологические зоны:**

Аргумент: Первичная переработка нефти, вторичная переработка, смешение и отгрузка продукции.

Аргумент: Каждая зона имеет свои особенности и требует специфического управления.

**B. Интеграция различных систем управления:**

Аргумент: Обмен данными между ERP, MES, АСУТП и другими системами.

Аргумент: Использование единой платформы для управления всеми аспектами деятельности завода.

**C. Роль операторов и инженеров в системе управления:**

Аргумент: Операторы контролируют технологические процессы и решают текущие проблемы.

Аргумент: Инженеры отвечают за настройку и обслуживание системы управления.

# Идеи:

* Идея 1: **Иерархия управления: Необходимость многоуровневой структуры.** Аргумент: Сложность нефтеперерабатывающих процессов требует разделения управления на уровни для эффективной координации и контроля. Одноуровневая система не способна обеспечить достаточную детализацию и оперативность.
* Идея 2: **Стратегический уровень: Долгосрочное планирование и оценка рисков.** Аргумент: Этот уровень определяет общую стратегию развития завода, учитывая рыночную ситуацию, инвестиционные возможности и потенциальные риски. Планирование должно охватывать несколько лет вперед.
* Идея 3: **Тактический уровень: Разработка оперативных планов и бюджетов.** Аргумент: Этот уровень преобразует стратегические цели в конкретные задачи и планы на ближайший период (месяц, квартал). Необходимо учитывать производственные мощности, доступные ресурсы и спрос на продукцию.
* Идея 4: **Оперативный уровень: Управление производством в режиме реального времени.** Аргумент: Этот уровень обеспечивает непосредственный контроль над технологическими процессами, оборудованием и персоналом. Важна оперативность, точность и соблюдение технологических регламентов.
* Идея 5: **ERP-системы: Интеграция бизнес-процессов и управление ресурсами.** Аргумент: ERP-системы обеспечивают централизованное управление финансами, логистикой, персоналом и другими бизнес-процессами, что необходимо для эффективной работы предприятия.
* Идея 6: **АСУТП (системы управления технологическими процессами): Автоматизация и оптимизация технологических процессов.** Аргумент: АСУТП позволяют автоматизировать управление технологическими процессами, обеспечивать стабильность, оптимальность и безопасность производства.
* Идея 7: **SCADA-системы: Мониторинг и управление распределенными объектами.** Аргумент: SCADA-системы обеспечивают сбор данных, визуализацию информации и дистанционное управление технологическим оборудованием и процессами.
* Идея 8: **MES-системы: Связующее звено между стратегическим планированием и оперативным управлением.** Аргумент: MES-системы обеспечивают интеграцию между ERP и АСУТП, что позволяет оптимизировать потоки информации и повысить эффективность производства.
* Идея 9: **Функциональные возможности MES: Планирование, диспетчеризация, управление материальными потоками.** Аргумент: MES-системы предоставляют инструменты для планирования производства, управления ресурсами, контроля качества и отслеживания продукции.
* Идея 10: **Типичная архитектура системы управления НПЗ: Разделение на технологические зоны и интеграция систем.** Аргумент: Нефтеперерабатывающие заводы разделены на технологические зоны (первичная переработка, вторичная переработка и т.д.), каждая из которых требует специфического управления. Интеграция различных систем управления необходима для обеспечения эффективной работы всего завода.
* Идея 11: **Роль операторов и инженеров в системе управления: Оперативное управление и техническая поддержка.** Аргумент: Операторы отвечают за непосредственный контроль над технологическими процессами, а инженеры обеспечивают техническую поддержку, настройку и обслуживание системы управления.
* Идея 12: **Важность интеграции данных для повышения эффективности НПЗ.** Аргумент: Сбор и анализ данных из различных систем управления (ERP, АСУТП, MES, SCADA) позволяет выявлять узкие места, оптимизировать производственные процессы и повысить эффективность работы предприятия.

# Глава 2: Основные принципы календарного планирования: цели, горизонт планирования, методы и входные данные.

## Структура Глава 2: Планирование и диспетчеризация производства на нефтеперерабатывающем заводе

\*\*I. Основы планирования производства\*\*

**A. Цели планирования:**

Аргумент: Максимизация прибыли за счет оптимального использования мощностей и ресурсов.

Аргумент: Минимизация затрат на производство и логистику.

Аргумент: Обеспечение своевременного выполнения заказов и удовлетворение потребностей клиентов.

**B. Уровни планирования:**

Аргумент: Долгосрочное планирование (горизонт более года): определение стратегии развития производства, определение потребностей в инвестициях.

Аргумент: Среднесрочное планирование (3-12 месяцев): формирование производственной программы, определение объемов производства по видам продукции.

Аргумент: Краткосрочное планирование (1 день – 1 неделя): составление оперативных графиков производства, определение потребностей в сырье и материалах.

**C. Методы планирования:**

Аргумент: Метод линейного программирования: оптимальное распределение ресурсов для достижения максимальной прибыли.

Аргумент: Метод сетевого планирования: определение критического пути и сроков выполнения производственных операций.

Аргумент: Метод моделирования: прогнозирование результатов различных сценариев производства.

**A. Сложность технологических процессов:**

Аргумент: Необходимость учета множества факторов, влияющих на качество продукции и эффективность производства.

Аргумент: Сложность прогнозирования характеристик сырья и выходных продуктов.

**B. Непрерывность производства:**

Аргумент: Необходимость поддержания стабильного режима работы оборудования для обеспечения безопасности и эффективности производства.

Аргумент: Ограничения по переналадке оборудования и изменению режимов работы.

**C. Разнообразие видов продукции:**

Аргумент: Необходимость учета различных требований к качеству и характеристикам продукции.

Аргумент: Оптимизация производственных процессов для минимизации затрат на переналадку оборудования и производство различных видов продукции.

**A. Цели диспетчеризации:**

Аргумент: Обеспечение выполнения производственной программы в заданные сроки и с минимальными затратами.

Аргумент: Оперативное реагирование на изменения в технологических процессах и внешних условиях.

**B. Функции диспетчерской службы:**

Аргумент: Мониторинг состояния оборудования и технологических процессов.

Аргумент: Оперативное управление режимами работы оборудования.

Аргумент: Координация работы различных служб и подразделений завода.

**C. Инструменты диспетчеризации:**

Аргумент: SCADA-системы: визуализация данных о состоянии оборудования и технологических процессов.

Аргумент: Системы управления производством (MES): оперативное планирование и диспетчеризация производства.

Аргумент: Системы поддержки принятия решений (DSS): анализ данных и формирование рекомендаций по управлению производством.

**A. Моделирование технологических процессов:**

Аргумент: Использование математических моделей для прогнозирования результатов различных сценариев производства.

Аргумент: Выявление узких мест и возможностей для оптимизации производственных процессов.

**B. Использование алгоритмов оптимизации:**

Аргумент: Использование алгоритмов линейного, нелинейного и динамического программирования для решения задач оптимизации производства.

Аргумент: Учет ограничений по мощностям оборудования, сырьевым ресурсам и требованиям к качеству продукции.

**C. Интеграция систем планирования и диспетчеризации:**

Аргумент: Обеспечение непрерывного обмена данными между системами планирования и диспетчеризации.

Аргумент: Автоматическая корректировка производственного плана на основе данных о фактическом состоянии производства.

# Идеи:

* Идея 1: **Необходимость адаптивного планирования на НПЗ.** Аргумент: Изменчивость цен на сырье, колебания спроса и внезапные сбои в работе оборудования требуют гибкости в планировании и оперативной перестройки производственной программы.
* Идея 2: **Учет взаимосвязей между технологическими установками.** Аргумент: Производство на НПЗ – это сложный комплекс взаимосвязанных процессов. Планирование должно учитывать, как изменения в работе одной установки повлияют на другие.
* Идея 3: **Использование прогнозных моделей для определения оптимального объема производства.** Аргумент: Прогнозирование спроса на различные виды нефтепродуктов и цен на сырье позволяет определить оптимальный объем производства и максимизировать прибыль.
* Идея 4: **Влияние логистических ограничений на планирование.** Аргумент: Ограничения по транспортным возможностям (железнодорожные цистерны, трубопроводы) и доступности складских площадей влияют на возможность отгрузки готовой продукции и требуют учета при планировании.
* Идея 5: **Оптимизация переходов между видами продукции (кампейны).** Аргумент: Переналадка оборудования при переходе на производство другого вида нефтепродукта требует времени и ресурсов. Планирование должно минимизировать количество переналадок и их продолжительность.
* Идея 6: **Роль данных о состоянии оборудования в планировании.** Аргумент: Учет технического состояния оборудования, запланированных ремонтов и остаточного ресурса позволяет избежать внезапных остановок и оптимизировать производственный план.
* Идея 7: **Интеграция данных о запасах сырья и готовой продукции в систему планирования.** Аргумент: Необходимо учитывать текущие запасы сырья и готовой продукции, а также прогнозируемые потребности, чтобы избежать дефицита или избытка.
* Идея 8: **Использование оптимизационных моделей для минимизации затрат на производство.** Аргумент: Применение математических моделей (например, линейного программирования) позволяет оптимизировать использование ресурсов и минимизировать затраты на производство.
* Идея 9: **Применение методов имитационного моделирования для оценки эффективности различных сценариев планирования.** Аргумент: Имитационное моделирование позволяет оценить влияние различных факторов на производственный процесс и выбрать оптимальный сценарий планирования.
* Идея 10: **Разработка системы ключевых показателей эффективности (KPI) для контроля выполнения производственного плана.** Аргумент: Необходимо разработать систему KPI, которые позволят контролировать выполнение производственного плана и выявлять отклонения от заданных параметров.
* Идея 11: **Роль оперативных диспетчерских действий для адаптации к текущим условиям.** Аргумент: Несмотря на наличие производственного плана, оперативные диспетчерские действия необходимы для адаптации к внезапным изменениям в текущих условиях (например, поломке оборудования или изменению спроса).
* Идея 12: **Автоматизация процессов планирования и диспетчеризации с использованием MES-систем.** Аргумент: MES-системы позволяют автоматизировать процессы планирования и диспетчеризации, повысить точность и оперативность принимаемых решений, а также снизить риск ошибок.

# Глава 3: Материальный баланс в нефтепереработке: сущность, компоненты, методы расчета и роль в оптимизации.

## Структура Глава 3: Материальные потоки и управление запасами на нефтеперерабатывающем заводе

\*\*I. Основы управления материальными потоками\*\*

**A. Цели управления материальными потоками:**

Аргумент: Минимизация затрат на хранение, транспортировку и обработку сырья и готовой продукции.

Аргумент: Обеспечение бесперебойного снабжения производства необходимыми материалами и ресурсами.

Аргумент: Уменьшение потерь и отходов при производстве.

**B. Основные элементы системы управления материальными потоками:**

Аргумент: Планирование потребности в материалах: прогнозирование потребностей в сырье, полуфабрикатах и готовой продукции.

Аргумент: Управление закупками: выбор поставщиков, заключение договоров, контроль качества и сроков поставки.

Аргумент: Транспортировка и хранение материалов: выбор оптимальных способов транспортировки, организация складов и мест хранения.

**C. Методы анализа материальных потоков:**

Аргумент: Картирование потоков создания ценности (VSM): визуальное представление всех этапов производственного процесса, выявление узких мест и потерь.

Аргумент: АВС-анализ: классификация материалов по степени их влияния на затраты, определение приоритетных направлений управления запасами.

Аргумент: XYZ-анализ: классификация материалов по стабильности потребления, определение оптимальных методов прогнозирования потребностей.

**A. Специфика сырья и материалов:**

Аргумент: Высокая стоимость нефти и нефтепродуктов: необходимость строгого контроля над расходом сырья и материалов.

Аргумент: Разнообразие видов нефти и нефтепродуктов: необходимость учета различных характеристик и требований к качеству.

Аргумент: Опасность и экологическая ответственность: необходимость соблюдения строгих правил безопасности при хранении и транспортировке.

**B. Сложность технологических процессов:**

Аргумент: Необходимость точного планирования поставок сырья и материалов для обеспечения бесперебойного производства.

Аргумент: Необходимость контроля качества сырья и материалов на всех этапах производственного процесса.

Аргумент: Необходимость управления отходами и побочными продуктами производства.

**C. Особенности транспортировки и хранения:**

Аргумент: Необходимость использования специализированного оборудования и инфраструктуры для транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов.

Аргумент: Необходимость соблюдения строгих правил безопасности при эксплуатации оборудования и инфраструктуры.

Аргумент: Необходимость минимизации потерь и загрязнений при транспортировке и хранении.

**A. Цели управления запасами:**

Аргумент: Обеспечение бесперебойного производства: поддержание достаточного уровня запасов сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

Аргумент: Минимизация затрат на хранение запасов: оптимизация уровня запасов для снижения затрат на хранение, страхование и устаревание.

Аргумент: Оптимизация оборачиваемости запасов: повышение эффективности использования запасов для увеличения прибыли.

**B. Методы управления запасами:**

Аргумент: Метод экономического размера заказа (EOQ): определение оптимального размера заказа для минимизации суммарных затрат на заказ и хранение.

Аргумент: Система “точно в срок” (JIT): получение сырья и материалов точно в момент необходимости для снижения уровня запасов и затрат на хранение.

Аргумент: Система канбан: управление запасами с помощью сигнальных карточек для поддержания оптимального уровня запасов.

**C. Инструменты управления запасами:**

Аргумент: Системы планирования ресурсов предприятия (ERP): автоматизация управления запасами и планирования производства.

Аргумент: Системы управления складом (WMS): автоматизация управления складскими операциями и учет запасов.

Аргумент: Системы радиочастотной идентификации (RFID): автоматическая идентификация и учет запасов.

# Идеи:

* Отлично, вот идеи, которые укладываются в рамки структуры главы 3 "Материальные потоки и управление запасами на нефтеперерабатывающем заводе", с акцентом на аргументацию для каждой подтемы:
* **I. Основы управления материальными потоками**

**A. Цели управления материальными потоками:**

Аргумент: Минимизация затрат на хранение, транспортировку и обработку сырья и готовой продукции – *снижение операционных расходов и повышение прибыльности НПЗ.*

Аргумент: Обеспечение бесперебойного снабжения производства необходимыми материалами и ресурсами – *предотвращение простоев оборудования и срывов производственных планов.*

Аргумент: Уменьшение потерь и отходов при производстве – *оптимизация использования сырья, снижение экологической нагрузки и увеличение выхода готовой продукции.*

**B. Основные элементы системы управления материальными потоками:**

Аргумент: Планирование потребности в материалах: прогнозирование потребностей в сырье, полуфабрикатах и готовой продукции – *обеспечение своевременных закупок и поддержание оптимального уровня запасов.*

Аргумент: Управление закупками: выбор поставщиков, заключение договоров, контроль качества и сроков поставки – *снижение рисков, связанных с некачественным сырьем и срывом поставок.*

Аргумент: Транспортировка и хранение материалов: выбор оптимальных способов транспортировки, организация складов и мест хранения – *обеспечение сохранности материалов, минимизация затрат на транспортировку и хранение.*

**C. Методы анализа материальных потоков:**

Аргумент: Картирование потоков создания ценности (VSM): визуальное представление всех этапов производственного процесса, выявление узких мест и потерь – *определение областей для улучшения эффективности и оптимизации процессов.*

Аргумент: АВС-анализ: классификация материалов по степени их влияния на затраты, определение приоритетных направлений управления запасами – *концентрация усилий на наиболее важных материалах для максимизации эффекта от управления запасами.*

Аргумент: XYZ-анализ: классификация материалов по стабильности потребления, определение оптимальных методов прогнозирования потребностей – *выбор наиболее подходящих методов прогнозирования для каждого вида материала, повышение точности планирования.*

* **II. Особенности управления материальными потоками на нефтеперерабатывающем заводе**

**A. Специфика сырья и материалов:**

Аргумент: Высокая стоимость нефти и нефтепродуктов: необходимость строгого контроля над расходом сырья и материалов – *снижение потерь и максимизация прибыли.*

Аргумент: Разнообразие видов нефти и нефтепродуктов: необходимость учета различных характеристик и требований к качеству – *обеспечение соответствия продукции требованиям стандартов и клиентов.*

Аргумент: Опасность и экологическая ответственность: необходимость соблюдения строгих правил безопасности при хранении и транспортировке – *предотвращение аварий и загрязнения окружающей среды.*

**B. Сложность технологических процессов:**

Аргумент: Необходимость точного планирования поставок сырья и материалов для обеспечения бесперебойного производства – *поддержание непрерывности работы НПЗ и предотвращение простоев.*

Аргумент: Необходимость контроля качества сырья и материалов на всех этапах производственного процесса – *обеспечение соответствия продукции требованиям стандартов и клиентов.*

Аргумент: Необходимость управления отходами и побочными продуктами производства – *снижение экологической нагрузки и максимизация прибыли от переработки отходов.*

**C. Особенности транспортировки и хранения:**

Аргумент: Необходимость использования специализированного оборудования и инфраструктуры для транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов – *обеспечение безопасности и сохранности материалов.*

Аргумент: Необходимость соблюдения строгих правил безопасности при эксплуатации оборудования и инфраструктуры – *предотвращение аварий и загрязнения окружающей среды.*

Аргумент: Необходимость минимизации потерь и загрязнений при транспортировке и хранении – *снижение затрат и повышение качества продукции.*

* **III. Управление запасами на нефтеперерабатывающем заводе**

**A. Цели управления запасами:**

Аргумент: Обеспечение бесперебойного производства: поддержание достаточного уровня запасов сырья, полуфабрикатов и готовой продукции – *предотвращение простоев оборудования и срывов производственных планов.*

Аргумент: Минимизация затрат на хранение запасов: оптимизация уровня запасов для снижения затрат на хранение, страхование и устаревание – *снижение операционных расходов и повышение прибыльности.*

Аргумент: Оптимизация оборачиваемости запасов: повышение эффективности использования запасов для увеличения прибыли – *освобождение капитала, вложенного в запасы, и повышение рентабельности.*

**B. Методы управления запасами:**

Аргумент: Метод экономического размера заказа (EOQ): определение оптимального размера заказа для минимизации суммарных затрат на заказ и хранение – *оптимизация затрат на запасы и повышение прибыльности.*

Аргумент: Система “точно в срок” (JIT): получение сырья и материалов точно в момент необходимости для снижения уровня запасов и затрат на хранение – *снижение затрат на запасы и повышение эффективности производства.*

Аргумент: Система канбан: управление запасами с помощью сигнальных карточек для поддержания оптимального уровня запасов – *упрощение управления запасами и повышение эффективности производства.*

**C. Инструменты управления запасами:**

Аргумент: Системы планирования ресурсов предприятия (ERP): автоматизация управления запасами и планирования производства – *повышение точности планирования и эффективности управления запасами.*

Аргумент: Системы управления складом (WMS): автоматизация управления складскими операциями и учет запасов – *повышение эффективности складских операций и точности учета запасов.*

Аргумент: Системы радиочастотной идентификации (RFID): автоматическая идентификация и учет запасов – *повышение точности и скорости учета запасов.*

* Эти идеи соответствуют предложенной структуре и содержат аргументацию для каждой подтемы, что делает их подходящими для использования в главе 3.

# Глава 4: LP-моделирование для оптимизации производственных режимов: введение в линейное программирование, построение и решение LP-моделей.

**I. Контроль качества и технологический процесс**

**A. Цели контроля качества:**

Обеспечение соответствия продукции установленным стандартам и требованиям.

Минимизация брака и переработок.

Повышение удовлетворенности потребителей.

**B. Этапы контроля качества:**

Входной контроль сырья и материалов: проверка качества, соответствия спецификациям.

Пооперационный контроль: проверка качества продукции на каждом этапе производственного процесса.

Приемочный контроль готовой продукции: проверка соответствия готовой продукции установленным требованиям.

**C. Методы контроля качества:**

Статистический контроль процесса (SPC): использование статистических методов для мониторинга и контроля производственного процесса.

Анализ видов и последствий отказов (FMEA): выявление потенциальных отказов и разработка мер по их предотвращению.

Контроль с помощью контрольных карт: визуализация данных о производственном процессе для выявления отклонений от нормы.

**A. Основные этапы нефтепереработки:**

Первичная переработка нефти (атмосферная и вакуумная дистилляция).

Вторичная переработка (крекинг, риформинг, изомеризация, алкилирование).

Очистка нефтепродуктов (гидроочистка, депарафинизация).

**B. Параметры, контролируемые на различных этапах:**

Температура, давление, расход, плотность, вязкость, фракционный состав.

Содержание серы, азота, кислорода.

Октановое и цетановое число.

**C. Влияние параметров процесса на качество продукции:**

Температура и давление на выход и качество продуктов дистилляции.

Соотношение катализатор/сырье на эффективность крекинга и риформинга.

Влияние качества сырья на качество конечного продукта.

**A. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП):**

Мониторинг и управление технологическими параметрами в режиме реального времени.

Сбор и анализ данных о производственном процессе.

Оптимизация технологических параметров.

**B. Лабораторный контроль:**

Анализ химического состава сырья и продукции.

Определение физико-химических свойств.

Проведение испытаний на соответствие стандартам.

**C. Сенсорные системы и датчики:**

Контроль температуры, давления, расхода, уровня.

Измерение химического состава и свойств.

Обеспечение обратной связи для автоматического управления процессом.

**A. Контрольные карты Шухарта:**

Мониторинг стабильности процесса.

Выявление отклонений от нормы.

Определение причин отклонений.

**B. Анализ Парето:**

Определение наиболее значимых факторов, влияющих на качество продукции.

Приоритизация мер по улучшению качества.

**C. Диаграмма Исикавы (Fishbone diagram):**

Выявление причинно-следственных связей, влияющих на качество продукции.

Разработка мер по устранению причин отклонений.

# Идеи:

## Идеи для Главы IV: Контроль качества и технологический процесс

* **I. Контроль качества и технологический процесс**

**A. Цели контроля качества:** Обеспечение соответствия продукции установленным стандартам, минимизация брака, повышение удовлетворенности клиентов.

**B. Этапы контроля качества:** Входной контроль сырья, пооперационный контроль, приемочный контроль готовой продукции, контроль в процессе хранения и транспортировки.

**C. Методы контроля качества:** Статистический контроль процесса (SPC), анализ видов и последствий отказов (FMEA), анализ Парето, диаграмма Исикавы.

* **II. Технологический процесс нефтепереработки и его контроль**

**A. Основные этапы нефтепереработки:** Первичная переработка (дистилляция), вторичная переработка (крекинг, риформинг, изомеризация, алкилирование), очистка.

**B. Параметры, контролируемые на различных этапах:** Температура, давление, расход, плотность, фракционный состав, содержание серы, азота.

**C. Влияние параметров процесса на качество продукции:** Температура и давление на выход дистилляции, соотношение катализатор/сырье на эффективность вторичной переработки, качество сырья на качество конечного продукта.

* **III. Инструменты и системы контроля качества**

**A. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП):** Мониторинг и управление параметрами, сбор и анализ данных, оптимизация.

**B. Лабораторный контроль:** Анализ химического состава, определение физико-химических свойств, испытания на соответствие стандартам.

**C. Сенсорные системы и датчики:** Контроль температуры, давления, расхода, уровня, измерение химического состава.

* **IV. Статистический контроль процесса (SPC) и анализ данных**

**A. Контрольные карты Шухарта:** Мониторинг стабильности процесса, выявление отклонений.

**B. Анализ Парето:** Определение наиболее значимых факторов, влияющих на качество.

**C. Диаграмма Исикавы:** Выявление причинно-следственных связей.

# Глава 5: Разработка моделей LP-планирования: практические примеры для установок первичной переработки, каталитического крекинга и алкилирования.

## Структура Глава 5: Кибербезопасность и Индустриальный Интернет Вещей (IIoT) на нефтеперерабатывающем заводе

\*\*I. Угрозы кибербезопасности для нефтеперерабатывающих предприятий\*\*

**A. Критичность инфраструктуры:**

Потенциальные последствия кибератак: остановка производства, экологические катастрофы, экономические потери.

Повышенная привлекательность для злоумышленников: стратегическая важность отрасли.

**B. Типы кибератак:**

Вредоносное ПО (вирусы, трояны, программы-вымогатели): компрометация систем управления и кража данных.

Фишинг и социальная инженерия: получение доступа к учетным данным сотрудников.

DDoS-атаки: нарушение доступности критически важных сервисов.

Целенаправленные атаки (APT): длительное и скрытное проникновение в инфраструктуру.

**C. Уязвимости в системах управления:**

Устаревшее программное обеспечение и отсутствие обновлений безопасности.

Недостаточная сегментация сети и отсутствие межсетевых экранов.

Слабые пароли и отсутствие многофакторной аутентификации.

Недостаточный контроль доступа к критически важным системам.

**A. Преимущества IIoT в нефтепереработке:**

Повышение эффективности производства за счет мониторинга и оптимизации процессов.

Прогнозируемое обслуживание оборудования и снижение времени простоя.

Улучшение безопасности за счет мониторинга и анализа данных.

**B. Угрозы, связанные с IIoT:**

Увеличение количества подключенных устройств и расширение поверхности атаки.

Уязвимости в беспроводных сетях и протоколах связи.

Недостаточная защита устройств IIoT от кибератак.

Риск несанкционированного доступа к критически важным системам через устройства IIoT.

**C. Проблемы безопасности данных, генерируемых IIoT:**

Конфиденциальность и целостность данных.

Защита от несанкционированного доступа и кражи данных.

Соответствие нормативным требованиям в области защиты данных.

**A. Разработка и внедрение политики кибербезопасности:**

Определение целей и задач политики кибербезопасности.

Определение ролей и ответственности сотрудников.

Определение правил и процедур обеспечения кибербезопасности.

**B. Механизмы защиты периметра:**

Межсетевые экраны (Firewalls).

Системы обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS).

Системы защиты от DDoS-атак.

**C. Защита внутренних систем:**

Сегментация сети.

Контроль доступа.

Шифрование данных.

Многофакторная аутентификация.

**D. Мониторинг и обнаружение угроз:**

Системы управления событиями безопасности (SIEM).

Анализ журналов событий.

Проактивное сканирование уязвимостей.

**A. Защита устройств IIoT:**

Использование надежных протоколов связи.

Регулярное обновление программного обеспечения.

Аутентификация и авторизация устройств.

**B. Управление идентификацией и доступом для IIoT:**

Использование централизованной системы управления идентификацией.

Назначение ролей и разрешений на основе принципа наименьших привилегий.

**C. Анализ рисков и реагирование на инциденты:**

Проведение регулярных оценок рисков для выявления уязвимостей.

Разработка плана реагирования на инциденты.

Проведение учений по реагированию на инциденты.

**D. Сотрудничество и обмен информацией:**

Участие в отраслевых форумах и группах по обмену информацией об угрозах.

Сотрудничество с государственными органами и экспертами по кибербезопасности.

# Идеи:

## Идеи для Главы VI: Устойчивое развитие и экологическая безопасность на нефтеперерабатывающем заводе

* **I. Влияние нефтепереработки на окружающую среду**

**A. Выбросы в атмосферу:** Оксиды азота, диоксид серы, летучие органические соединения, парниковые газы (CO2, метан).

**B. Сбросы в водные объекты:** Нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы, органические соединения.

**C. Образование отходов:** Нефтяные шламы, катализаторы, загрязненная вода, твердые отходы.

**D. Воздействие на почву и растительность:** Загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами, уничтожение растительности.

* **II. Технологии снижения воздействия на окружающую среду**

**A. Очистка выбросов в атмосферу:** Установка фильтров, абсорберов, каталитических нейтрализаторов.

**B. Очистка сточных вод:** Механическая, биологическая, химическая очистка, установка современных очистных сооружений.

**C. Утилизация и переработка отходов:** Переработка нефтяных шламов, регенерация катализаторов, использование отходов в качестве топлива.

**D. Внедрение энергосберегающих технологий:** Использование когенерации, рекуперации тепла, оптимизация энергопотребления.

* **III. Циркулярная экономика на нефтеперерабатывающем заводе**

**A. Использование вторичных ресурсов:** Переработка отходов в сырье для производства новых продуктов.

**B. Замкнутые циклы водоснабжения:** Повторное использование очищенной воды в технологических процессах.

**C. Совместное использование ресурсов:** Взаимодействие с другими предприятиями для обмена отходами и ресурсами.

**D. Разработка экологически чистых продуктов:** Производство биотоплива, экологически чистых растворителей и других продуктов.

* **IV. Мониторинг и контроль экологической безопасности**

**A. Система экологического мониторинга:** Контроль выбросов в атмосферу, сбросов в водные объекты, состояния почвы и растительности.

**B. Экологический аудит:** Оценка соответствия деятельности предприятия экологическим требованиям.

**C. Экологическая отчетность:** Предоставление информации о воздействии деятельности предприятия на окружающую среду.

**D. Внедрение системы экологического менеджмента (ISO 14001):** Обеспечение постоянного улучшения экологических показателей.

* **V. Управление рисками и предотвращение аварийных ситуаций**

**A. Идентификация и оценка экологических рисков:** Определение возможных источников загрязнения и оценка вероятности аварийных ситуаций.

**B. Разработка планов реагирования на аварийные ситуации:** Определение мер по предотвращению распространения загрязнения и ликвидации последствий аварий.

**C. Проведение учений по ликвидации аварийных ситуаций:** Подготовка персонала к действиям в экстремальных ситуациях.

**D. Страхование экологических рисков:** Обеспечение финансовой защиты от возможных убытков.

# Глава 6: Определение параметров уравнений для оптимизации режимов работы: сбор данных, статистические методы, калибровка и верификация.

## Структура Глава 6: Устойчивое развитие и экологическая безопасность нефтеперерабатывающих предприятий

\*\*I. Экологические аспекты нефтепереработки и их влияние\*\*

**А. Выбросы в атмосферу:**

Состав и источники выбросов (диоксид серы, оксиды азота, летучие органические соединения, парниковые газы).

Влияние на качество воздуха, здоровье человека и изменение климата.

Методы снижения выбросов: модернизация оборудования, использование альтернативных видов топлива, улавливание и хранение углерода.

**Б. Сбросы в водные объекты:**

Состав и источники сбросов (нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы, органические вещества).

Влияние на водные экосистемы и здоровье человека.

Методы очистки сточных вод: механическая, биологическая, химическая очистка, повторное использование воды.

**В. Образование отходов:**

Виды отходов (шламы, катализаторы, масла, полимеры, твердые бытовые отходы).

Влияние на окружающую среду и здоровье человека.

Методы управления отходами: сокращение образования, повторное использование, переработка, захоронение.

**А. Энергоэффективность и ресурсосбережение:**

Модернизация оборудования и оптимизация технологических процессов.

Использование альтернативных источников энергии (солнечная, ветровая, геотермальная).

Рекуперация тепла и повторное использование энергии.

**Б. Внедрение наилучших доступных технологий (НДТ):**

Выбор и внедрение НДТ для снижения выбросов и сбросов.

Мониторинг и оценка эффективности НДТ.

Обмен опытом и распространение НДТ.

**В. Циркулярная экономика и переработка отходов:**

Разработка и внедрение технологий переработки отходов нефтепереработки.

Производство продукции с добавленной стоимостью из отходов.

Создание замкнутых циклов производства.

**А. Оценка экологического воздействия (ОВОС):**

Проведение ОВОС при проектировании новых и модернизации существующих объектов.

Выявление и оценка потенциальных экологических рисков.

Разработка мер по снижению рисков.

**Б. Планирование и реагирование на аварийные ситуации:**

Разработка планов ликвидации аварийных ситуаций.

Организация учений и тренировок.

Взаимодействие с аварийно-спасательными службами.

**В. Экологический мониторинг и контроль:**

Регулярный мониторинг состояния окружающей среды.

Контроль за соблюдением экологических норм и требований.

Анализ данных мониторинга и разработка корректирующих мер.

**А. Взаимодействие с заинтересованными сторонами:**

Проведение консультаций с местным населением, общественными организациями и органами власти.

Учет интересов заинтересованных сторон при принятии решений.

Поддержка социальных проектов и инициатив.

**Б. Экологическая отчетность и прозрачность:**

Регулярная публикация экологической отчетности.

Обеспечение доступа к информации об экологическом воздействии предприятия.

Проведение независимого аудита экологической деятельности.

**В. Интеграция принципов устойчивого развития в бизнес-стратегию:**

Постановка целей и задач в области устойчивого развития.

Разработка и реализация программ и проектов в области устойчивого развития.

Оценка эффективности и корректировка стратегии устойчивого развития.

# Идеи:

## Идеи для Главы 6: Устойчивое развитие и экологическая безопасность нефтеперерабатывающих предприятий (в рамках предложенной структуры)

* **I. Экологические аспекты нефтепереработки и их влияние**

**А. Выбросы в атмосферу:**

Определение основных источников выбросов на НПЗ (агрегаты, установки, резервуарные парки).

Анализ состава выбросов: влияние различных фракций нефти и продуктов переработки.

Влияние выбросов на парниковый эффект и кислотные дожди.

**Б. Сбросы в водные объекты:**

Описание основных источников сбросов: технологические стоки, дождевые воды, аварийные сбросы.

Анализ содержания нефтепродуктов, фенолов, тяжелых металлов и других загрязнителей в сточных водах.

Влияние загрязненных сточных вод на водные экосистемы и здоровье человека.

**В. Образование отходов:**

Классификация отходов НПЗ: опасные и неопасные, твердые и жидкие.

Анализ объемов образования основных видов отходов (шламы, катализаторы, отработанные масла).

Оценка влияния отходов на окружающую среду и здоровье человека (загрязнение почвы, подземных вод).

* **II. Современные технологии для снижения экологической нагрузки**

**А. Энергоэффективность и ресурсосбережение:**

Использование энергоэффективного оборудования (насосы, компрессоры, теплообменники).

Оптимизация технологических режимов для снижения энергопотребления.

Внедрение систем рекуперации тепла для повторного использования в технологических процессах.

**Б. Внедрение наилучших доступных технологий (НДТ):**

Применение НДТ для очистки выбросов в атмосферу (абсорбция, адсорбция, каталитическое окисление).

Использование НДТ для очистки сточных вод (биологическая очистка, мембранные технологии).

Внедрение НДТ для переработки и утилизации отходов (термическое обезвреживание, химическая переработка).

**В. Циркулярная экономика и переработка отходов:**

Разработка технологий переработки нефтяных шламов в ценные продукты (асфальт, добавки в цемент).

Регенерация отработанных катализаторов для повторного использования в технологических процессах.

Использование отработанных масел в качестве топлива для производства энергии.

* **III. Управление экологическими рисками и аварийными ситуациями**

**А. Оценка экологического воздействия (ОВОС):**

Проведение ОВОС при проектировании новых установок и модернизации существующих.

Идентификация потенциальных экологических рисков (разливы нефти, выбросы загрязняющих веществ).

Разработка мер по снижению рисков (установка защитных ограждений, создание систем аварийного реагирования).

**Б. Планирование и реагирование на аварийные ситуации:**

Разработка планов ликвидации разливов нефти и других аварийных ситуаций.

Проведение регулярных учений и тренировок для персонала.

Обеспечение наличия необходимого оборудования и материалов для ликвидации аварий.

**В. Экологический мониторинг и контроль:**

Организация системы мониторинга качества воздуха, воды и почвы.

Проведение регулярных лабораторных анализов проб.

Ведение учета выбросов и сбросов загрязняющих веществ.

* **IV. Социальная ответственность и устойчивое развитие**

**А. Взаимодействие с заинтересованными сторонами:**

Проведение консультаций с местным населением и общественными организациями.

Учет мнения заинтересованных сторон при принятии решений.

Поддержка социальных проектов и инициатив в регионе.

**Б. Экологическая отчетность и прозрачность:**

Регулярная публикация экологической отчетности.

Предоставление доступа к информации об экологическом воздействии предприятия.

Проведение независимого аудита экологической деятельности.

**В. Интеграция принципов устойчивого развития в бизнес-стратегию:**

Постановка целей и задач в области устойчивого развития.

Разработка и реализация программ и проектов в области устойчивого развития.

Оценка эффективности и корректировка стратегии устойчивого развития.

# Глава 7: Взаимосвязь между различными системами нефтеперерабатывающего производства: интеграция MES с ERP, DCS, SCADA и обмен данными.

## Структура Глава 7: Инновационные подходы к оптимизации нефтеперерабатывающих процессов

\*\*I. Цифровизация нефтепереработки: от данных к решениям\*\*

**А. Платформы больших данных и аналитика:**

Сбор и обработка данных с различных источников (датчики, контроллеры, лабораторные анализы).

Использование алгоритмов машинного обучения для прогнозирования отказов оборудования, оптимизации режимов работы и повышения энергоэффективности.

Разработка цифровых двойников для моделирования процессов и тестирования новых стратегий управления.

**Б. Автоматизация и роботизация:**

Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

Использование роботизированных комплексов для выполнения опасных и рутинных операций (инспекция резервуаров, ремонт оборудования).

Разработка автономных систем мониторинга и контроля.

**В. Искусственный интеллект и машинное обучение:**

Оптимизация технологических режимов работы установок глубокой переработки нефти (каталитический крекинг, гидрокрекинг).

Прогнозирование качества продукции и оптимизация партий.

Автоматическое выявление аномалий и предотвращение аварийных ситуаций.

**А. Разработка новых каталитических систем:**

Повышение активности и селективности катализаторов для процессов крекинга, риформинга и изомеризации.

Создание катализаторов, устойчивых к отравлению и дезактивации.

Разработка катализаторов, способствующих получению целевых продуктов с высокими октановыми и цетановыми числами.

**Б. Интенсификация процессов переработки:**

Использование реакторов нового типа (микрореакторы, мембранные реакторы).

Усиление тепломассообмена в реакторах.

Комбинирование различных процессов переработки в единый технологический комплекс.

**В. Получение новых продуктов с высокой добавленной стоимостью:**

Производство ароматических углеводородов высокой чистоты.

Синтез полиолефинов с заданными свойствами.

Производство специальных смазочных материалов и присадок.

**А. Производство биотоплива:**

Использование растительного сырья (рапсовое масло, подсолнечное масло, кукурузное масло) для производства биодизеля и биоэтанола.

Разработка технологий переработки лигноцеллюлозного сырья в биотопливо.

Интеграция производства биотоплива в существующие нефтеперерабатывающие комплексы.

**Б. Улавливание и хранение углерода (CCS):**

Улавливание CO2 из дымовых газов.

Транспортировка CO2 к местам захоронения или использования.

Захоронение CO2 в геологических формациях.

**В. Использование водорода в качестве топлива и сырья:**

Производство водорода путем электролиза воды с использованием возобновляемых источников энергии.

Использование водорода в качестве топлива для транспортных средств и производства электроэнергии.

Использование водорода в качестве сырья для синтеза химических продуктов.

**А. Сенсорные сети и беспроводные датчики:**

Установка беспроводных датчиков для мониторинга температуры, давления, вибрации и других параметров оборудования.

Передача данных в режиме реального времени на центральный сервер для анализа и обработки.

Использование алгоритмов машинного обучения для выявления аномалий и прогнозирования отказов.

**Б. Анализ акустических и вибрационных сигналов:**

Использование акустических и вибрационных датчиков для диагностики состояния подшипников, насосов, компрессоров и другого оборудования.

Анализ спектральных характеристик сигналов для выявления дефектов и определения степени износа.

**В. Неразрушающий контроль и визуальный осмотр:**

Использование методов неразрушающего контроля (ультразвуковой контроль, рентгенография, магнитопорошковая дефектоскопия) для выявления скрытых дефектов.

Проведение регулярного визуального осмотра оборудования для выявления внешних повреждений и признаков износа.

# Идеи:

## Список идей для Главы 7: Инновационные подходы к оптимизации нефтеперерабатывающих процессов (в рамках предложенных рамок)

* **I. Цифровизация нефтепереработки: от данных к решениям**

Разработка и внедрение платформы больших данных для интеграции данных с различных технологических установок и лабораторных анализов.

Использование алгоритмов машинного обучения для прогнозирования выхода целевых продуктов на основе данных о сырье и режимах работы установок.

Внедрение цифровых двойников установок для оптимизации режимов работы и выявления узких мест.

Автоматизация рутинных операций, таких как отбор проб и анализ данных, с использованием роботизированных комплексов.

Разработка систем предиктивной аналитики для прогнозирования отказов оборудования и планирования профилактического ремонта.

Использование систем компьютерного зрения для автоматического контроля качества продукции и обнаружения дефектов.

* **II. Углубление переработки нефтяного сырья и получение ценных продуктов**

Разработка новых каталитических систем для повышения селективности процессов крекинга и гидрокрекинга.

Использование мембранных технологий для разделения и очистки углеводородных фракций.

Интенсификация процессов переработки с использованием микрореакторов и других новых типов реакторов.

Разработка процессов получения высокооктановых компонентов бензина из альтернативного сырья.

Производство специальных смазочных материалов с улучшенными характеристиками.

Разработка новых технологий получения ароматических углеводородов высокой чистоты для химической промышленности.

* **III. Интеграция возобновляемых источников энергии и снижение углеродного следа**

Интеграция установок по производству биотоплива (биодизель, биоэтанол) в существующие нефтеперерабатывающие комплексы.

Разработка технологий переработки лигноцеллюлозного сырья в биотопливо.

Использование возобновляемых источников энергии (солнечная, ветровая) для обеспечения энергопотребления нефтеперерабатывающего завода.

Внедрение технологий улавливания и хранения углерода (CCS) для снижения выбросов парниковых газов.

Производство водорода для использования в качестве топлива и сырья для химической промышленности.

Использование водорода для производства синтетического топлива.

* **IV. Разработка и внедрение новых технологий мониторинга и диагностики оборудования**

Внедрение беспроводных сенсорных сетей для мониторинга состояния оборудования в режиме реального времени.

Использование алгоритмов машинного обучения для анализа данных сенсоров и прогнозирования отказов оборудования.

Разработка систем неразрушающего контроля на основе ультразвуковых и других методов для выявления дефектов оборудования.

Использование дронов для инспекции резервуаров и других объектов инфраструктуры.

Разработка систем компьютерного зрения для автоматического контроля качества продукции и обнаружения дефектов.

Создание цифровых моделей оборудования для прогнозирования его поведения и оптимизации режимов работы.

* Этот список соответствует структуре, предложенной в рамках главы, и фокусируется на инновационных подходах к оптимизации нефтеперерабатывающих процессов.

# Глава 8: Внедрение и эксплуатация MES-систем: этапы внедрения, обучение персонала, поддержка и обслуживание.

**I. Будущее нефтепереработки: тенденции и вызовы**

**Глобальные изменения спроса на нефтепродукты:**

Рост электромобилей и снижение спроса на бензин/дизель.

Увеличение спроса на авиакеросин и нефтехимическое сырье.

Влияние геополитических факторов и экономической нестабильности.

**Экологические ограничения и требования к углеродному следу:**

Ужесточение норм выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ.

Необходимость внедрения технологий улавливания и хранения углерода (CCS).

Переход к циркулярной экономике и переработке отходов.

**Развитие альтернативных источников энергии и сырья:**

Рост производства биотоплива и синтетического топлива.

Использование водорода в качестве топлива и сырья.

Развитие электрохимии и получения химических продуктов из электроэнергии.

**Глубокая переработка нефти и максимизация выхода светлых нефтепродуктов:**

Внедрение современных установок гидрокрекинга и каталитического крекинга.

Использование высокоэффективных катализаторов и оптимизация технологических режимов.

Разработка новых процессов для переработки тяжелых нефтяных остатков.

**Интеграция нефтепереработки с нефтехимией и производством полимеров:**

Создание комплексов, объединяющих нефтепереработку и нефтехимию.

Использование побочных продуктов нефтепереработки в качестве сырья для нефтехимии.

Производство полимеров с заданными свойствами и повышенной добавленной стоимостью.

**Применение цифровых технологий и искусственного интеллекта:**

Внедрение цифровых двойников для моделирования процессов и оптимизации управления.

Использование машинного обучения для прогнозирования отказов оборудования и оптимизации режимов работы.

Разработка интеллектуальных систем управления технологическими процессами.

**Гибкие и модульные нефтеперерабатывающие комплексы:**

Разработка комплексов, способных быстро адаптироваться к изменениям спроса и состава сырья.

Использование модульных конструкций для быстрого монтажа и демонтажа оборудования.

Внедрение технологий переработки различных видов сырья (нефть, биотопливо, синтетическое сырье).

**Интегрированные энергетические комплексы:**

Создание комплексов, объединяющих нефтепереработку, производство электроэнергии и теплоэнергии.

Использование возобновляемых источников энергии (солнечная, ветровая, геотермальная).

Оптимизация энергопотребления и утилизация отходов.

**Нефтеперерабатывающие комплексы, ориентированные на устойчивое развитие:**

Минимизация выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ.

Использование водных ресурсов и утилизация отходов.

Внедрение технологий переработки углерода и создание замкнутых циклов производства.

**Инвестиции в новые технологии и инновационные разработки:**

Поддержка исследований и разработок в области нефтепереработки и нефтехимии.

Внедрение современных технологий в производственные процессы.

Создание инновационных продуктов с высокой добавленной стоимостью.

**Развитие кадрового потенциала и обучение специалистов:**

Подготовка квалифицированных специалистов в области нефтепереработки и нефтехимии.

Повышение квалификации и переподготовка кадров.

Привлечение молодых специалистов и стимулирование инновационной деятельности.

**Разработка долгосрочной стратегии развития и адаптация к меняющимся условиям:**

Анализ тенденций развития рынка и прогнозирование изменений спроса.

Определение ключевых направлений развития и формирование приоритетов.

Разработка долгосрочной стратегии развития и адаптация к меняющимся условиям.

# Идеи:

* Отлично! Ориентируясь на предложенную структуру главы и ее рамки, вот список идей, которые можно использовать:
* **I. Будущее нефтепереработки: тенденции и вызовы**

**Разработка моделей прогнозирования спроса на нефтепродукты, учитывающих развитие электромобильного транспорта и авиации (с фокусом на устойчивое авиационное топливо - SAF).** (Глобальные изменения спроса)

**Исследование экономических стимулов для внедрения технологий CCS (улавливания и хранения углерода) на нефтеперерабатывающих заводах.** (Экологические ограничения)

**Разработка сценариев интеграции биосырья (водоросли, лигноцеллюлоза) в существующие нефтеперерабатывающие потоки.** (Развитие альтернативных источников)

**Анализ геополитических рисков, влияющих на стабильность поставок нефти и нефтепродуктов, и разработка стратегий диверсификации источников сырья.** (Глобальные изменения спроса)

**Оценка влияния новых экологических норм (например, Евро-7) на инвестиционные решения в области нефтепереработки.** (Экологические ограничения)

* **II. Новые технологические решения для повышения конкурентоспособности**

**Разработка высокоселективных катализаторов для гидрокрекинга тяжелых нефтяных остатков с целью максимизации выхода дизельного топлива и авиакеросина.** (Глубокая переработка)

**Внедрение процессов паровой крекинга этана для производства этилена и полиэтилена на базе интеграции с нефтепереработкой.** (Интеграция с нефтехимией)

**Использование алгоритмов машинного обучения для оптимизации режимов работы установок каталитического крекинга с целью повышения выхода бензина и снижения образования кокса.** (Применение цифровых технологий)

**Разработка и внедрение цифровых двойников установок первичной переработки нефти для оперативной оптимизации технологических режимов и повышения эффективности энергопотребления.** (Применение цифровых технологий)

**Разработка технологии производства водяного водорода (голубого водорода) с использованием CO2 улавливания и хранения (CCS) на нефтеперерабатывающем комплексе.** (Глубокая переработка, Экологические ограничения)

* **III. Моделирование будущего нефтеперерабатывающих комплексов**

**Разработка концепции модульного нефтеперерабатывающего комплекса, способного быстро адаптироваться к различным видам сырья (нефть, биосырье, синтетическое сырье).** (Гибкие и модульные комплексы)

**Разработка модели интегрированного энергетического комплекса, объединяющего нефтепереработку, производство электроэнергии на базе газовых турбин и возобновляемых источников (солнце, ветер).** (Интегрированные энергетические комплексы)

**Разработка концепции нефтеперерабатывающего комплекса, использующего переработку отходов (пластик, биомасса) в качестве дополнительного сырья, замкнутый цикл утилизации сточных вод, и минимизация выбросов парниковых газов.** (Нефтеперерабатывающие комплексы, ориентированные на устойчивое развитие)

**Разработка систем предиктивной аналитики для оптимизации работы парка насосного оборудования и предупреждения аварийных ситуаций, используя данные с датчиков и алгоритмы машинного обучения.** (Гибкие и модульные комплексы, Применение цифровых технологий)

* **IV. Стратегические решения для адаптации к меняющимся условиям**

**Разработка стратегии инвестиций в исследования и разработки в области новых каталитических систем и процессов глубокой переработки нефти.** (Инвестиции в новые технологии)

**Разработка программ обучения и повышения квалификации специалистов в области цифровых технологий и машинного обучения для нефтеперерабатывающей промышленности.** (Развитие кадрового потенциала)

**Разработка долгосрочной стратегии развития нефтеперерабатывающего комплекса с учетом прогнозов изменения спроса на нефтепродукты и экологических требований, а также планов диверсификации источников сырья и внедрения новых технологий.** (Разработка долгосрочной стратегии)

**Разработка стратегии по переходу на использование возобновляемой энергии в нефтеперерабатывающих процессах, включая использование солнечных и ветровых электростанций, а также разработку технологий производства водорода из возобновляемых источников.** (Инвестиции в новые технологии, Разработка долгосрочной стратегии)

**Внедрение систем мониторинга и контроля выбросов парниковых газов, а также разработка программ по сокращению выбросов и компенсации углеродного следа.** (Разработка долгосрочной стратегии)

* Этот список более точно соответствует рамкам, заданным главой, и представляет собой конкретные идеи для исследований и разработок, которые можно реализовать.

# Глава 9: Перспективы развития систем управления производством в нефтепереработке: использование ИИ, цифровых двойников и облачных технологий.

## Структура Глава 9: Анализ рисков и стратегии обеспечения безопасности нефтеперерабатывающих комплексов

\*\*I. Идентификация рисков на нефтеперерабатывающих комплексах\*\*

**Технологические риски:**

*Аргументы:* Анализ исторических данных аварий, статистики отказов оборудования. Примеры: взрывы, пожары, утечки токсичных веществ, разрушение технологического оборудования.

*Подтверждения:* Особенности технологических процессов (высокие температуры, давления, взрывоопасные среды), устаревание оборудования, человеческий фактор (ошибки операторов).

**Природные и климатические риски:**

*Аргументы:* Анализ географического расположения, исторических данных о стихийных бедствиях. Примеры: землетрясения, наводнения, ураганы, экстремальные температуры.

*Подтверждения:* Геологическая активность региона, близость к водоемам, изменение климата.

**Внешние угрозы (терроризм, диверсии, кибератаки):**

*Аргументы:* Анализ геополитической обстановки, статистики террористических актов, данных о киберугрозах.

*Подтверждения:* Уязвимость критической инфраструктуры, возможность проникновения злоумышленников, зависимость от автоматизированных систем управления.

**Риски, связанные с человеческим фактором:**

*Аргументы:* Статистика ошибок персонала, анализ причин аварий, социологические исследования.

*Подтверждения:* Недостаточная квалификация, усталость, стресс, нарушение технологической дисциплины, низкая мотивация.

**Методы оценки рисков:**

*Аргументы:* Сравнение различных методов (HAZOP, FMEA, FTA, What-If), анализ их преимуществ и недостатков.

*Подтверждения:* Необходимость количественной или качественной оценки, учет вероятности и последствий, использование экспертных оценок.

**Определение критериев приемлемого риска:**

*Аргументы:* Учет нормативных требований, отраслевых стандартов, лучших мировых практик.

*Подтверждения:* Необходимость баланса между экономическими затратами и обеспечением безопасности.

**Приоритизация рисков:**

*Аргументы:* Использование матриц рисков, ранжирование рисков по степени опасности.

*Подтверждения:* Определение наиболее критичных рисков, требующих первоочередного внимания.

**Предотвращение рисков (снижение вероятности):**

*Аргументы:* Модернизация оборудования, обучение персонала, внедрение систем управления безопасностью.

*Подтверждения:* Эффективность профилактических мероприятий, снижение вероятности возникновения аварий.

**Снижение последствий рисков:**

*Аргументы:* Внедрение систем пожаротушения, создание аварийных резервуаров, разработка планов эвакуации.

*Подтверждения:* Минимизация ущерба в случае возникновения аварий, защита персонала и окружающей среды.

**Передача рисков (страхование, аутсорсинг):**

*Аргументы:* Экономическая целесообразность передачи рисков, снижение финансовой нагрузки на предприятие.

*Подтверждения:* Обеспечение финансовой компенсации в случае наступления страхового случая.

**Принятие рисков (в случае низкой вероятности и незначительных последствий):**

*Аргументы:* Экономическая целесообразность принятия риска, отсутствие возможности или необходимости его снижения.

*Подтверждения:* Регулярный мониторинг риска, готовность к принятию мер в случае его реализации.

**Разработка планов действий в чрезвычайных ситуациях:**

*Аргументы:* Необходимость оперативного реагирования на аварии, минимизация ущерба и защита персонала.

*Подтверждения:* Четкие инструкции для персонала, наличие необходимого оборудования и ресурсов.

**Проведение регулярных учений и тренировок:**

*Аргументы:* Оценка готовности персонала к действиям в чрезвычайных ситуациях, выявление недостатков в планах действий.

*Подтверждения:* Повышение квалификации персонала, улучшение координации действий.

**Проведение аудитов безопасности и инспекций:**

*Аргументы:* Оценка эффективности системы управления безопасностью, выявление нарушений и несоответствий.

*Подтверждения:* Регулярный мониторинг состояния оборудования и соблюдения требований безопасности.

**Анализ инцидентов и происшествий:**

*Аргументы:* Выявление причин инцидентов и происшествий, разработка корректирующих мероприятий.

*Подтверждения:* Предотвращение повторения инцидентов и происшествий, улучшение системы управления безопасностью.

**Внедрение системы управления знаниями:**

*Аргументы:* Обеспечение доступности информации о рисках и мерах безопасности для всего персонала.

*Подтверждения:* Улучшение обмена опытом и знаниями, повышение эффективности системы управления безопасностью.

# Идеи:

## Идеи для Главы 9: Анализ рисков и стратегии обеспечения безопасности нефтеперерабатывающих комплексов

* **I. Идентификация рисков на нефтеперерабатывающих комплексах**

**Технологические риски:**

**Идея:** Разработка и применение системы раннего предупреждения о неисправностях оборудования на основе анализа данных телеметрии и машинного обучения. (Акцент на *предотвращение*)

**Идея:** Анализ частоты и причин отказов запорной арматуры, используемой в системах аварийной защиты. (Усиление *анализа причин*)

**Идея:** Идентификация "узких мест" в технологических схемах, где выход из строя одного элемента может привести к каскадному отказу. (Акцент на *системный подход*)

**Природные и климатические риски:**

**Идея:** Разработка карт рисков наводнений с учетом изменения климата и прогнозируемого повышения уровня моря для прибрежных НПЗ. (Проактивный анализ *долгосрочных* рисков)

**Идея:** Оценка сейсмостойкости критического оборудования и сооружений с учетом локальных геологических особенностей. (Анализ *локальных* факторов)

**Идея:** Моделирование влияния экстремальных температур на технологические процессы и разработка мер по их стабилизации. (Анализ *влияния* на процессы)

**Внешние угрозы (терроризм, диверсии, кибератаки):**

**Идея:** Внедрение многоуровневой системы кибербезопасности для защиты автоматизированных систем управления технологическими процессами. (Акцент на *защиту систем управления*)

**Идея:** Проведение регулярных учений по отработке действий персонала в случае кибератак. (Проверка *готовности* к угрозам)

**Идея:** Усиление физической охраны периметра НПЗ и критического оборудования с использованием современных технологий (видеонаблюдение, датчики движения, системы контроля доступа). (Акцент на *физическую защиту*)

**Риски, связанные с человеческим фактором:**

**Идея:** Разработка программ обучения и повышения квалификации персонала с акцентом на безопасные методы работы и реагирование на аварийные ситуации. (Акцент на *обучение персонала*)

**Идея:** Внедрение системы мотивации персонала, направленной на повышение осведомленности о безопасности и стимулирование соблюдения правил и процедур. (Акцент на *мотивацию*)

**Идея:** Анализ данных о нарушениях правил безопасности и разработка корректирующих мероприятий. (Акцент на *анализ нарушений*)

* **II. Оценка рисков и определение приоритетов**

**Идея:** Использование метода FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) для оценки рисков на основе анализа возможных отказов оборудования и их последствий. (Акцент на *детальный анализ*)

**Идея:** Разработка матрицы рисков с учетом вероятности возникновения и тяжести последствий, а также стоимости принятия мер по снижению риска. (Акцент на *экономическую целесообразность*)

**Идея:** Применение метода "What-If" для выявления потенциальных опасностей и оценки их последствий в различных сценариях. (Акцент на *сценарный анализ*)

* **III. Разработка стратегий управления рисками**

**Идея:** Внедрение системы управления целостностью активов (Asset Integrity Management) для обеспечения надежности и безопасности оборудования на протяжении всего жизненного цикла. (Акцент на *долгосрочную надежность*)

**Идея:** Разработка и внедрение системы управления изменениями (Management of Change) для предотвращения нежелательных последствий при внесении изменений в технологические процессы или оборудование. (Акцент на *контроль изменений*)

**Идея:** Внедрение системы резервного копирования и восстановления данных для обеспечения непрерывности работы автоматизированных систем управления в случае кибератак или других аварийных ситуаций. (Акцент на *восстановление данных*)

* **IV. Реализация и мониторинг стратегий безопасности**

**Идея:** Внедрение системы онлайн-мониторинга состояния оборудования с использованием датчиков и аналитических алгоритмов для выявления ранних признаков неисправностей. (Акцент на *проактивный мониторинг*)

**Идея:** Регулярное проведение аудитов безопасности и инспекций оборудования с привлечением независимых экспертов. (Акцент на *независимый аудит*)

**Идея:** Создание базы данных инцидентов и происшествий с анализом причин и разработкой корректирующих мероприятий. (Акцент на *обучение на ошибках*)

**Идея:** Внедрение системы управления знаниями для обмена опытом и информацией о безопасности между сотрудниками. (Акцент на *обмен знаниями*)

**Идея:** Разработка системы оповещения населения, проживающего вблизи НПЗ, в случае возникновения аварийной ситуации. (Акцент на *внешнюю коммуникацию*)

# Заключение: Основные выводы, рекомендации и будущее систем управления производством в нефтепереработке.

## Структура Заключения

\*\*I. Ключевые достижения и выводы\*\*

**Резюме основных тенденций и вызовов в нефтепереработке:**

*Аргументы:* Обобщение рассмотренных технологических, экономических, экологических и социальных факторов, влияющих на отрасль.

*Подтверждения:* Ссылка на основные пункты, освещенные в предыдущих главах, статистика, прогнозы.

**Основные технологические инновации и их потенциальное влияние:**

*Аргументы:* Оценка перспективности новых технологий, их влияния на эффективность, безопасность и экологичность производства.

*Подтверждения:* Результаты исследований, примеры успешного внедрения инноваций, экономические расчеты.

**Роль устойчивого развития и ESG-факторов:**

*Аргументы:* Оценка влияния экологических и социальных факторов на конкурентоспособность нефтеперерабатывающих предприятий.

*Подтверждения:* Данные о потребительских предпочтениях, нормативные требования, примеры успешных ESG-проектов.

**Необходимость диверсификации сырьевой базы:**

*Аргументы:* Уменьшение зависимости от традиционных источников сырья, повышение устойчивости к колебаниям цен на нефть.

*Подтверждения:* Перспективы переработки альтернативного сырья (биомасса, отходы, синтетическое сырье), экономические расчеты.

**Интеграция с нефтехимией и смежными отраслями:**

*Аргументы:* Повышение добавленной стоимости продукции, создание синергии, снижение затрат.

*Подтверждения:* Примеры успешных интегрированных комплексов, экономические расчеты.

**Внедрение цифровых технологий и автоматизации:**

*Аргументы:* Повышение эффективности, безопасности, снижение затрат, улучшение качества продукции.

*Подтверждения:* Примеры успешного внедрения цифровых технологий, экономические расчеты.

**Усиление мер по обеспечению безопасности и снижению экологической нагрузки:**

*Аргументы:* Защита персонала, окружающей среды, репутации предприятия.

*Подтверждения:* Статистика аварий и происшествий, данные о загрязнении окружающей среды, примеры успешных экологических проектов.

**Влияние глобальных трендов (энергетический переход, изменение климата, геополитическая нестабильность):**

*Аргументы:* Оценка влияния этих трендов на нефтеперерабатывающую отрасль.

*Подтверждения:* Прогнозы, статистические данные, аналитические отчеты.

**Появление новых технологий и материалов:**

*Аргументы:* Оценка потенциального влияния этих технологий на нефтеперерабатывающую отрасль.

*Подтверждения:* Результаты исследований, экспертные оценки, прогнозы.

**Необходимость адаптации к меняющимся требованиям рынка и потребителей:**

*Аргументы:* Оценка влияния этих изменений на нефтеперерабатывающую отрасль.

*Подтверждения:* Данные о потребительских предпочтениях, маркетинговые исследования, аналитические отчеты.

**Подчеркивание важности инноваций и стратегического планирования для обеспечения устойчивого развития нефтеперерабатывающей отрасли.**

**Выражение надежды на то, что представленный анализ и рекомендации будут полезны для специалистов, работающих в этой сфере.**

**Определение направлений для дальнейших исследований.**

# Идеи:

## Идеи для Заключения (в рамках структуры)

* **I. Ключевые достижения и выводы**

**Резюме основных тенденций и вызовов:**

*Идея:* Подчеркнуть растущую потребность в гибкости НПЗ для переработки разнообразного сырья и производства востребованных продуктов.

*Идея:* Выделить возрастающую роль цифровизации и автоматизации как ключевых факторов повышения эффективности и конкурентоспособности.

**Основные технологические инновации и их потенциальное влияние:**

*Идея:* Акцентировать внимание на потенциале каталитических процессов и переработки вторичного сырья для снижения углеродного следа.

*Идея:* Оценить возможности применения технологий улавливания и хранения углерода (CCS) для снижения выбросов CO2.

**Роль устойчивого развития и ESG-факторов:**

*Идея:* Подчеркнуть, что ESG-критерии становятся все более важными для привлечения инвестиций и поддержания репутации компании.

*Идея:* Указать на необходимость внедрения принципов циркулярной экономики для минимизации отходов и повторного использования ресурсов.

* **II. Стратегические рекомендации для будущего нефтепереработки**

**Необходимость диверсификации сырьевой базы:**

*Идея:* Рекомендовать разработку и внедрение технологий переработки нетрадиционных источников сырья, таких как биомасса, пластиковые отходы и водород.

*Идея:* Предложить государственную поддержку проектов по диверсификации сырьевой базы.

**Интеграция с нефтехимией и смежными отраслями:**

*Идея:* Рекомендовать создание интегрированных комплексов "НПЗ-Нефтехимия" для повышения добавленной стоимости и создания синергии.

*Идея:* Предложить развитие сотрудничества с компаниями, занимающимися переработкой пластиковых отходов и производством водорода.

**Внедрение цифровых технологий и автоматизации:**

*Идея:* Рекомендовать внедрение систем управления производством на основе искусственного интеллекта и машинного обучения.

*Идея:* Предложить создание цифровых двойников НПЗ для оптимизации технологических процессов и прогнозирования отказов оборудования.

**Усиление мер по обеспечению безопасности и снижению экологической нагрузки:**

*Идея:* Рекомендовать внедрение систем мониторинга выбросов и сбросов в режиме реального времени.

*Идея:* Предложить разработку и внедрение технологий утилизации и переработки отходов производства.

* **III. Перспективы и вызовы на горизонте десятилетия**

**Влияние глобальных трендов:**

*Идея:* Подчеркнуть необходимость адаптации к энергетическому переходу и снижению спроса на нефтяные продукты.

*Идея:* Оценить влияние геополитической нестабильности на поставки сырья и рынки сбыта.

**Появление новых технологий и материалов:**

*Идея:* Оценить перспективы использования водорода в качестве топлива и сырья для нефтепереработки.

*Идея:* Оценить потенциал использования новых катализаторов и мембранных технологий для повышения эффективности и экологичности производства.

**Необходимость адаптации к меняющимся требованиям рынка и потребителей:**

*Идея:* Подчеркнуть необходимость разработки новых продуктов с улучшенными экологическими характеристиками.

*Идея:* Оценить влияние потребительских предпочтений на спрос на экологически чистое топливо и продукты нефтехимии.

* **IV. Заключительные замечания**

Подчеркнуть, что успешное развитие нефтеперерабатывающей отрасли требует комплексного подхода, включающего технологические инновации, стратегическое планирование и учет экологических и социальных факторов.

Выразить надежду на то, что представленный анализ и рекомендации будут полезны для специалистов, работающих в этой сфере, и помогут им принять обоснованные решения для обеспечения устойчивого развития отрасли.

Определить направления для дальнейших исследований, такие как разработка новых технологий переработки альтернативного сырья, создание цифровых двойников НПЗ и оценка эффективности внедрения принципов циркулярной экономики.