**Аннотация:** Цифровые двойники становятся важным инструментом для мониторинга и оптимизации промышленных процессов, особенно в сфере очистки газовых выбросов. В данной статье рассматривается процесс создания цифрового двойника системы очистки выбросов тепловой электростанции (ТЭЦ) на платформе Unity. Приводится анализ проблемы загрязнения воздуха, создаваемого ТЭЦ, работающих на угле, и описывается, как цифровой двойник может способствовать повышению эффективности очистки выбросов. Unity используется для создания трехмерной модели объектов и симуляции работы очистного оборудования с интеграцией данных, получаемых в реальном времени. Визуализация позволяет отслеживать параметры работы системы, проводить симуляции и оптимизировать настройки очистного оборудования. Создание цифрового двойника позволяет не только контролировать состояние оборудования, но и обучать операторов, минимизируя риски аварийных ситуаций. Предложенный подход может быть применим для улучшения экологической ситуации в различных регионах, стремящихся к снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

**Ключевые слова:** Цифровой двойник, unity, система очистки выбросов, тепловая

электростанция (ТЭЦ), угольные электростанции, визуализация данных, симуляция промышленных процессов, снижение выбросов загрязняющих веществ.

**Введение**

Создание цифровых двойников стало важным инструментом в промышленности, особенно в сфере экологического контроля и мониторинга выбросов. Одной из актуальных проблем является очистка газовых выбросов от промышленных предприятий, использующих ископаемое твердое топливо, в частности уголь, от вредных и токсичных компонентов. В этой статье мы рассмотрим процесс разработки цифрового двойника на платформе Unity на примере системы очистки выбросов тепловой электростанции (ТЭЦ).

**Актуальность проблемы**

Согласно исследованиям, около 70 процентов загрязняющих веществ в атмосферу выбрасывают ТЭЦ и котельные на угле. На примере ТЭЦ, сжигающей 2,5 миллиона тонн угля в год, после процесса очистки эмульгаторами объем выбросов может достигать 45 тысяч тонн в год. Это включает в себя диоксид серы, угарный газ, оксиды азота и другие компоненты. Чтобы снизить влияние этих загрязнений на здоровье населения, необходимо внедрение эффективных систем очистки, что и можно контролировать с помощью цифровых двойников.

**Цифровой двойник: что это и зачем он нужен?**

Цифровой двойник — это виртуальная модель реального объекта, которая позволяет отслеживать его состояние и поведение в реальном времени. В контексте ТЭЦ, цифровой двойник может отображать текущие параметры работы очистных систем, оценивать эффективность фильтров и эмульгаторов, а также помогать в принятии решений по их оптимизации.

**Применение Unity для создания цифрового двойника**

Unity — это мощная платформа для создания трехмерных симуляций и игр. Она также используется для создания интерактивных моделей и симуляций промышленных процессов. Благодаря Unity, можно создавать цифровые двойники, которые визуализируют данные в реальном времени и обеспечивают удобный интерфейс для взаимодействия с системой.

Пример схемы:

Создание цифрового двойника в Unity

Процесс создания цифрового двойника состоит из следующих этапов:

Разработка модели объекта

Для начала необходимо создать трехмерную модель ТЭЦ и ее элементов, таких как котлы, электрофильтры, каталитические нейтрализаторы и эмульгаторы. Модели могут быть созданы в Blender или другом 3D-редакторе и импортированы в Unity.

Интеграция с реальными данными

Цифровой двойник должен получать данные с датчиков, установленных на реальном объекте. Эти данные могут включать информацию о концентрации загрязняющих веществ, температуре, давлении и других параметрах. Unity поддерживает интеграцию с облачными сервисами и базами данных, что позволяет обновлять модель в реальном времени.

Симуляция работы очистных систем

На основе данных можно создать сценарии, которые показывают, как работают различные системы очистки, например, как изменяется эффективность электрофильтра при изменении скорости потока газа. Это позволяет в виртуальной среде моделировать возможные изменения в работе очистных систем.

Пример схемы:

**Визуализация процессов очистки выбросов**

Визуализация в Unity помогает лучше понять, как изменяются параметры работы системы при различных настройках. Например, можно создать интерфейс, где пользователь может изменять настройки каталитических нейтрализаторов и видеть, как это влияет на концентрацию оксидов азота в выбросах.

Пример схемы:

(Вставить скриншот интерфейса в Unity, показывающий элементы управления настройками систем очистки и визуализацию уровня выбросов)

Преимущества использования цифрового двойника

Контроль в реальном времени

Цифровой двойник позволяет мониторить состояние оборудования в реальном времени, что помогает вовремя выявлять неисправности и предотвращать аварии.

Оптимизация процесса

С помощью симуляции можно находить оптимальные режимы работы очистных систем, что позволяет снизить затраты на эксплуатацию и улучшить качество очистки.

Обучение и тренировка персонала

Модели в Unity могут использоваться для обучения операторов ТЭЦ, позволяя им изучать работу систем в безопасной виртуальной среде.

**Заключение**

Создание цифрового двойника системы очистки газовых выбросов на базе Unity позволяет значительно повысить эффективность контроля за выбросами и минимизировать их негативное воздействие на окружающую среду. Такой подход может быть полезен не только в Казахстане, но и в других странах, стремящихся улучшить экологическую обстановку в своих регионах.

**Перспективы дальнейших исследований**

В дальнейшем можно сосредоточиться на разработке адаптивных моделей, которые автоматически подстраиваются под изменения условий работы ТЭЦ. Кроме того, интеграция с системами искусственного интеллекта может позволить создавать предиктивные модели, предупреждающие о возможных отклонениях в работе очистного оборудования.