

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных и практических работ
по дисциплине «Разработка цифровых двойников
систем и объектов химических производств» для
студентов направления
009.03.02 Информационные системы и технологии

Невинномысск

2024

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
№ 1. Техническое задание на разработку	4
№ 2. Разработка цифрового двойника для оптимизации процесса производства полимеров .	7
№ 3. Использование цифрового двойника для оптимизации процесса очистки и обеззараживания воды на химических заводах	8
№ 4. Использование цифрового двойника для оптимизации процесса дозирования химических реагентов в производстве удобрений	9
№ 5. Применение цифровых двойников для оптимизации производства химических реакций в промышленности	10
№ 6. Разработка цифрового двойника для прогнозирования и контроля за выходом продукции в процессе химического производства	11
№ 7. Разработка системы цифрового двойника для мониторинга и оптимизации энергопотребления на химическом производстве	12
№ 8. Разработка цифрового двойника для оптимизации процесса смешивания химических компонентов в производстве красок	12

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины «Программирование мобильных устройств» является формирование представлений о современных технологиях программирования приложений для мобильных устройств, формирование набора профессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии.

Задачи дисциплины:

- изучение базового устройства популярных мобильных платформ;
- изучение основных этапов жизненного цикла информационной системы для мобильных устройств;
- изучение технологии выбора современных операционных сред и информационно-коммуникационных технологий при проектировании, конструировании и отладке программных средств для мобильных устройств;
- овладение практическими навыками анализа рынка программно-технических средств, информационных продуктов и услуг для решения прикладных задач и создания информационных систем для мобильных устройств;
- получение практических навыков программирования, внедрения, адаптации и настройки мобильных гаджетов, пользовательских интерфейсов и сервисов под OS Android и Windows Phone.

№ 1. Техническое задание на разработку

Задание. Составить техническое задание на разработку цифрового двойника изделия, направленного на оптимизацию качеств и характеристик данного изделия с целью запуска в производство. Выбор изделия осуществляется по усмотрению обучающегося.

Цель выполнения практического задания: развитие навыков проектирования технического задания на разработку цифрового двойника изделия.

Задачи выполнения практического задания:

- углубление знаний о цифровых двойниках;
- развитие навыков разработки технического задания;
- развитие творческих способностей, повышение научного потенциала.

Методические указания по выполнению практического задания. Цифровой двойник изделия – это высокоточная виртуальная модель изделия, являющаяся копией реального объекта, отражающая все изменения в течение жизненного цикла изделия, используемая для прогнозирования поведения изделия в реальных условиях. Для создания качественного цифрового двойника необходимо корректно определить требования к нему, которые формулируются в формате технического задания.

Основными структурными элементами технического задания в области цифровизации являются:

- 1) общие положения:
 - а) объект цифровизации – изделие, цифровой двойник которого планируется создать;
 - б) сроки проведения работ;
 - в) термины и условные обозначения.
- 2) проблемы и цели реализации:
 - а) предпосылки и актуальность создания цифрового двойника;
 - б) цель цифровизации – формулирование проблем, на решение которых направлено создание цифрового двойника;
- 3) функциональные требования (программный продукт, с помощью которого будет создан цифровой двойник; описание результата моделирования и др.);
- 4) этапы создания (например, обследование текущих показателей, имеющихся информационных систем, сбор и анализ данных с сенсоров и датчиков (какие данные, объем, период сбора данных) и др.; детализация требований к цифровым двойникам; математическое моделирование (нейронные сети, корреляционно-регрессионный анализ, проведение анализа «что-если» и др.); реализация пилота, тестирование работоспособности, корректировка требований к цифровым двойникам и др.);
- 5) ожидаемые конечные результаты (например, верифицированный цифровой двойник с полным соответствием реальному объекту; снижение затрат при сохранении или улучшении качества изделия; энергосбережение, ресурсосбережение и др.);
- 6) требования к исполнителю (опыт создания цифровых двойников, успешный опыт

внедрения подобных проектов на российских предприятиях и др.).

Пример.

Техническое задание

Создание цифровых двойников оборудования с ЧПУ, оснастки и инструмента

1. Общие положения

а) Объект цифровизации

Объект: цифровые двойники оборудования с ЧПУ, цифровые двойники оснастки и цифровые двойники инструмента.

б) Сроки проведения работ

Общий срок выполнения работ – не более 12 месяцев с момента заключения Договора.

в) Термины и обозначения

Обозначение	Определение
ЧПУ	Числовое программное управление
Teamcenter	PDM-система АО «СМ»
PDM	Product Data Management – система управления данными о продукте
Teamcenter MRL	Manufacturing Resource Library – справочник оборудования, оснастки, инструмента
NX ¹ CAM	Система автоматизированной разработки управляющих программ для станков с ЧПУ от компании Siemens

2. Проблемы и цели реализации

а) Предпосылки и актуальность создания цифрового двойника

В настоящее время АО «СМ» обладает парком из 524 единиц (170 моделей) оборудования, оснащённого ЧПУ. Из них 64 единицы оборудования являются критичными. Справочник используемого инструмента содержит более 4000 актуальных и используемых номенклатурных единиц 64 производителей. Для обработки на оборудовании с ЧПУ используется около 800 уникальных инструментальных сборок. Для формирования программ для оборудования с ЧПУ используется функциональность NX CAM, Техтран, Vericut, Taglio, BySoft и т.д. Используемое оборудование с ЧПУ не имеет трёхмерных моделей в информационных системах Общества. В станочном парке имеется модернизированное универсальное оборудование, оснащённое ЧПУ. Используется множество типов и производителей ПО для ЧПУ (Sinumerik 810, 840, 8 NCE, 8 SPRINT; NC-310; NC-210; Fanuc 30; 2C42; Charmilles Technologies и т.д.). Управляющие программы, разработанные для оборудования с ЧПУ, проходят операции отладки непосредственно перед обработкой. Операции отладки управляющих программ включены в техпроцесс изготовления и

¹ CAD/CAM/CAE-система производства компании Siemens PLM Software

имеют трудоёмкость, сравнимую с трудоёмкостью обработки. При выполнении отладки программ выявляются ошибки, требующие корректировки силами рабочего или технолога-программиста. При разработке управляющих программ не проводится моделирование обработки с использованием трёхмерного окружения (оборудование и оснастка) и инструмента. Нормы времени на обработку с использованием управляющих программ формируются расчётно, по аналогии с расчётом времени обработки на универсальном оборудовании.

б) Цель цифровизации

Целью создания цифровых двойников оборудования с ЧПУ, цифровых двойников оснастки и цифровых двойников инструмента является:

– повышение уровня автоматизации работ по созданию программ для оборудования с ЧПУ и соответствующее сокращение цикла технологической подготовки производства за счёт полноценного использования функционала NX CAM и автоматизации формирования структуры и текстов тех. процесса, как результата разработки программы для ЧПУ;

– сокращении цикла производства за счёт исключения операций отладки программ для ЧПУ из технологического процесса, уменьшение количества ошибок при формировании программ обработки на оборудовании с ЧПУ, повышение точности трудового нормирования за счёт формирования норм времени на обработку, как результат имитационного моделирования данной обработки с учётом окружения (оборудования, оснастки) и геометрии инструмента.

3. Функциональные требования

Цифровые двойники оборудования, оснастки, инструмента и компонентов инструментальных сборок должны быть загружены в справочник Teamcenter MRL для использования в среде NX CAM. Цифровые двойники должны быть доступны для выбора из справочника Teamcenter при разработке управляющей программы в NX CAM, с учётом выбора конкретной модели оборудования.

Цифровые двойники оборудования, оснастки и инструмента должны позволять проводить виртуальную проверку управляющих программ на ошибки (зарезы, столкновения, риск поломки инструмента и т.д.) с использованием NX CAM. В результате виртуальной проверки должен формироваться детализированный отчет, включающий в себя: обрабатываемый инструмент, режимы резания, возникшие в результате проверки и предупреждения.

4. Этапы создания

При реализации силами исполнителя должны быть реализованы следующие этапы:

1. Обследование существующего станочного парка, номенклатуры оснастки, инструмента
2. Обследование имеющихся информационных систем.
3. Детализация требований к цифровым двойникам оборудования, оснастки и инструмента.
4. Формирование, согласование и утверждение проектного решения.
5. Создание перечня оборудования, перечня оснастки, перечня инструмента и инструментальных сборок, для создания цифровых двойников.
6. Реализация пилота – разработка цифровых двойников 2 единиц оборудования, 6 ед. оснастки и 10 ед. инструмента. Загрузка цифровых двойников в Teamcenter MRL, проверка формирования инструментальных сборок. Тестирование работоспособности NX CAM с

использованием оборудования и инструмента из справочника Teamcenter MRL. Проверка виртуальной симуляции обработки и корректности формирования результирующего отчета. Корректировка требований к цифровым двойникам по результатам пилота.

7. Тиражирование² – создание цифровых двойников оборудования, оснастки и инструмента на остальной объем согласно ТЗ. Загрузка цифровых двойников в Teamcenter MRL и проверка формирования инструментальных сборок. Тестирование работоспособности NX CAM с использованием оборудования и инструмента из справочника Teamcenter MRL.

8. Обучение не менее 10 ключевых пользователей и 2 администраторов Teamcenter

9. Опытно-промышленная эксплуатация.

10. Запуск в промышленную эксплуатацию.

5. Ожидаемые конечные результаты

- верифицированный³ цифровой двойник с полным соответствием реальному изделию;
- возможность контроля в реальном времени с оценкой возможных поломок;
- возможность оценки замены деталей и влияние на качество получаемых изделий;
- эффективное снижение затрат путем автоматической оптимизации процесса производства с целью сохранения качества со снижением затрат энергии.

6. Требования к исполнителю

Опыт создания цифровых двойников оборудования, оснастки и инструмента – от двух лет.

Успешный опыт внедрения подобных проектов на российских предприятиях – не менее 3-х проектов.

Опыт использования NX CAM.

№ 2. Разработка цифрового двойника для оптимизации процесса производства полимеров

Цель работы: Создание цифрового двойника, который будет моделировать процесс производства полимеров с целью оптимизации производственных параметров и улучшения эффективности процесса.

Ход работы:

Изучение процесса производства полимеров: Студенты изучают основные этапы производства полимеров, используемые сырье, реакционные условия и факторы, влияющие на качество продукции.

Сбор и анализ данных: Студенты собирают и анализируют данные о производственных параметрах, химических реакциях, условиях среды и других факторах, влияющих на процесс.

Разработка математической модели: На основе собранных данных студенты разрабатывают математическую модель процесса производства полимеров, которая будет использоваться в

² Тиражирование – это применение апробированной модели на других объектах.

³ Верификация модели – это проверка ее истинности, адекватности реальному объекту или процессу.

цифровом двойнике.

Создание цифрового двойника: Студенты создают программное обеспечение, которое реализует разработанную математическую модель и позволяет моделировать процесс производства полимеров.

Оптимизация процесса: С использованием цифрового двойника студенты проводят оптимизацию производственных параметров с целью улучшения эффективности процесса и снижения затрат.

Контрольные вопросы:

1. Какие основные этапы включает процесс производства полимеров?
2. Какие факторы могут влиять на качество и свойства произведенных полимеров?
3. Какие данные необходимо собрать для разработки цифрового двойника?
4. Какая роль математической модели в создании цифрового двойника для оптимизации производства полимеров?
5. Какие методы оптимизации процесса производства полимеров могут быть использованы с использованием цифрового двойника?

№ 3. Использование цифрового двойника для оптимизации процесса очистки и обеззараживания воды на химических заводах

Цель работы: Разработать и применить цифровой двойник, который будет моделировать процесс очистки и обеззараживания воды на химических заводах с целью повышения эффективности процесса и снижения экологического воздействия.

Ход работы:

Изучение процесса очистки воды: Студенты изучают основные методы и технологии очистки и обеззараживания воды, используемые на химических заводах, и определяют ключевые параметры и факторы, влияющие на процесс.

Сбор и анализ данных: Студенты собирают и анализируют данные о качестве воды, составе загрязнений, характеристиках используемых методов очистки и т. д.

Разработка математической модели: На основе собранных данных студенты разрабатывают математическую модель процесса очистки воды, которая будет использоваться в цифровом двойнике.

Создание цифрового двойника: Студенты создают программное обеспечение, которое реализует разработанную математическую модель и позволяет моделировать процесс очистки и обеззараживания воды.

Оптимизация процесса: С использованием цифрового двойника студенты проводят оптимизацию параметров процесса очистки воды с целью повышения эффективности и снижения

затрат.

Контрольные вопросы:

Какие методы очистки и обеззараживания воды используются на химических заводах?

Какие параметры влияют на качество очищенной воды и безопасность процесса очистки?

Какие данные необходимо учитывать при разработке цифрового двойника для оптимизации процесса очистки воды?

Какая роль математической модели в создании цифрового двойника для оптимизации процесса очистки воды?

Какие методы оптимизации процесса очистки воды могут быть применены с использованием цифрового двойника?

№ 4. Использование цифрового двойника для оптимизации процесса дозирования химических реагентов в производстве удобрений

Тема практической работы: "Использование цифрового двойника для оптимизации процесса дозирования химических реагентов в производстве удобрений"

Цель работы: Разработать цифровой двойник, который будет моделировать процесс дозирования химических реагентов при производстве удобрений с целью улучшения точности дозирования и оптимизации расхода реагентов.

Ход работы:

Изучение процесса производства удобрений: Студенты изучают основные этапы производства удобрений, процесс дозирования реагентов и его значение для качества продукции.

Сбор и анализ данных: Студенты собирают и анализируют данные о составе реагентов, требуемых дозах, характеристиках оборудования для дозирования и т. д.

Разработка математической модели: На основе собранных данных студенты разрабатывают математическую модель процесса дозирования химических реагентов, учитывающую различные параметры и условия.

Создание цифрового двойника: Студенты создают программное обеспечение, которое реализует разработанную математическую модель и позволяет моделировать процесс дозирования химических реагентов.

Оптимизация процесса: С использованием цифрового двойника студенты проводят оптимизацию параметров процесса дозирования с целью увеличения точности и эффективности процесса.

Контрольные вопросы:

Какие химические реагенты обычно используются при производстве удобрений?

Какие факторы влияют на точность дозирования химических реагентов?

Какие данные необходимо учитывать при разработке цифрового двойника для оптимизации процесса дозирования?

Какая роль математической модели в создании цифрового двойника для оптимизации процесса дозирования химических реагентов?

Какие методы оптимизации процесса дозирования могут быть применены с использованием цифрового двойника?

№ 5. Применение цифровых двойников для оптимизации производства химических реакций в промышленности

Тема практической работы: "Применение цифровых двойников для оптимизации производства химических реакций в промышленности"

Цель работы: Создать и применить цифровой двойник, который будет моделировать процессы химических реакций в промышленности с целью оптимизации условий реакции, повышения выхода продукции и снижения затрат на производство.

Ход работы:

Изучение процессов химических реакций в промышленности: Студенты изучают основные химические реакции, применяемые в химической промышленности, и их технологические особенности.

Сбор и анализ данных: Студенты собирают данные о параметрах химических реакций, используемых катализаторах, реагентах, условиях температуры и давления и т.д.

Разработка математической модели: На основе собранных данных студенты разрабатывают математическую модель химической реакции, учитывающую влияние различных факторов на процесс.

Создание цифрового двойника: Студенты создают программное обеспечение, которое реализует разработанную математическую модель и позволяет моделировать процессы химических реакций.

Оптимизация производства: С использованием цифрового двойника студенты проводят оптимизацию условий химических реакций с целью увеличения выхода продукции и снижения затрат.

Контрольные вопросы:

Какие параметры оказывают влияние на скорость химической реакции?

Какие методы катализа могут быть применены для ускорения химических реакций в промышленности?

Какие основные виды реакторов используются для проведения химических реакций в

промышленности?

Какие преимущества предоставляет использование цифровых двойников для оптимизации производства химических реакций?

Какие методы оптимизации условий реакции могут быть применены с использованием цифрового двойника?

№ 6. Разработка цифрового двойника для прогнозирования и контроля за выходом продукции в процессе химического производства

Тема практической работы: "Разработка цифрового двойника для прогнозирования и контроля за выходом продукции в процессе химического производства"

Цель работы: Создать цифровой двойник, способный прогнозировать выход продукции в процессе химического производства и обеспечить контроль за его реализацией с целью повышения эффективности процесса.

Ход работы:

Изучение процесса химического производства: Студенты изучают основные этапы химического производства, факторы, влияющие на выход продукции, и методы его контроля.

Сбор и анализ данных: Студенты собирают и анализируют данные о параметрах производства, характеристиках используемых реагентов, условиях окружающей среды и других факторах.

Разработка математической модели: На основе собранных данных студенты разрабатывают математическую модель, которая позволит прогнозировать выход продукции на различных этапах производства.

Создание цифрового двойника: Студенты создают программное обеспечение, которое реализует разработанную математическую модель и обеспечивает функции прогнозирования и контроля за выходом продукции.

Тестирование и оптимизация: После создания цифрового двойника студенты проводят его тестирование и оптимизацию, чтобы убедиться в его эффективности и корректности работы.

Контрольные вопросы:

Какие факторы могут влиять на выход продукции в процессе химического производства?

Какие методы контроля за выходом продукции используются на химических предприятиях?

Какие данные необходимо учитывать при разработке цифрового двойника для прогнозирования выхода продукции?

Какая роль математической модели в создании цифрового двойника для прогнозирования и контроля за выходом продукции?

Какие методы оптимизации производства могут быть применены с использованием

цифрового двойника?

№ 7. Разработка системы цифрового двойника для мониторинга и оптимизации энергопотребления на химическом производстве

Тема практической работы: "Разработка системы цифрового двойника для мониторинга и оптимизации энергопотребления на химическом производстве"

Цель работы: Создать систему цифрового двойника, которая будет непрерывно мониторить и анализировать энергопотребление на химическом производстве с целью выявления возможностей для оптимизации и снижения энергозатрат.

Ход работы:

Изучение процесса производства и энергопотребления: Студенты изучают основные процессы и технологии химического производства, а также методы измерения и учета энергопотребления.

Сбор и анализ данных: Студенты собирают данные о энергопотреблении на различных участках производства, параметрах процессов и условиях эксплуатации оборудования.

Разработка математической модели: На основе собранных данных студенты разрабатывают математическую модель, которая позволит прогнозировать и оптимизировать энергопотребление на химическом производстве.

Создание цифрового двойника: Студенты создают программное обеспечение, которое реализует разработанную математическую модель и предоставляет возможности мониторинга, анализа и оптимизации энергопотребления.

Тестирование и оптимизация: После создания системы цифрового двойника студенты проводят ее тестирование на реальных данных и оптимизируют для достижения максимальной эффективности.

Контрольные вопросы:

Какие факторы могут влиять на энергопотребление на химическом производстве?

Какие методы измерения энергопотребления используются на предприятиях химической промышленности?

Какие данные необходимо учитывать при разработке цифрового двойника для мониторинга и оптимизации энергопотребления?

№ 8. Разработка цифрового двойника для оптимизации процесса смешивания химических компонентов в производстве красок

Тема практической работы: "Разработка цифрового двойника для оптимизации процесса смешивания химических компонентов в производстве красок"

Цель работы: Создать цифровой двойник, который будет моделировать процесс смешивания химических компонентов при производстве красок с целью повышения качества продукции и снижения затрат на производство.

Ход работы:

Изучение процесса производства красок: Студенты изучают основные этапы производства красок, используемые химические компоненты и их влияние на качество продукции.

Сбор и анализ данных: Студенты собирают данные о составе химических компонентов, требуемых пропорциях, характеристиках используемого оборудования и других факторах, влияющих на процесс смешивания.

Разработка математической модели: На основе собранных данных студенты разрабатывают математическую модель процесса смешивания химических компонентов, учитывающую различные параметры и условия.

Создание цифрового двойника: Студенты создают программное обеспечение, которое реализует разработанную математическую модель и позволяет моделировать процесс смешивания химических компонентов.

Оптимизация производства: С использованием цифрового двойника студенты проводят оптимизацию параметров процесса смешивания с целью улучшения качества красок и снижения затрат.

Контрольные вопросы:

Какие химические компоненты используются при производстве красок, и какие свойства они придают продукции?

Какие факторы влияют на качество красок, произведенных в процессе смешивания химических компонентов?

Какие данные необходимо учитывать при разработке цифрового двойника для оптимизации процесса смешивания химических компонентов?

Какая роль математической модели в создании цифрового двойника для оптимизации процесса смешивания химических компонентов?