



Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННО БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет Переработки минерального сырья

Кафедра «Автоматизации технологических процессов и производств»

Моделирование и управление процессом получения никеля из окисленных медно-никелевых руд в трубчатых вращающихся печах

Научный руководитель:
д.т.н., проф.

Шариков Юрий Васильевич

Автор работы:
аспирант 4 года обучения

Лиу Цзыфэнг

Специальность: 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в металлургии)



СООТВЕТСТВИЕ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ ПАСПОРТУ НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Тема диссертационной работы соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности *05.13.06 – Автоматизация управления технологическими процессами и производствами:*

п. 6. Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления.

п. 10. Методы синтеза специального математического обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включающие задачи управления качеством, финансами и персоналом.



Актуальность

Теория работы ТП показывает, что производительность и основные размеры печей зависят от четырех важнейших процессов, протекающих в этих печах: химического процесса, движения материалов, движения газов, процесса теплообмена.

Главным в печи является процесс физико-химических превращений исходных материалов и продуктов металлургической переработки. Все процессы должны быть подчинены этому главному процессу.

Для оптимальной работы ТП необходима система автоматического управления, поддерживающая параметры процесса на заданном уровне. Главным управляющим параметром является температурный профиль в ТП, который должен быть определен и выдержан в течение всего процесса. Важным условием для определения и поддержания оптимального управления процессом является наличие математической модели, устанавливающей связь между параметрами технологического процесса и качеством получаемой продукции.

Актуальным является изучение концентрационных и тепловых полей в процессе



Степень проработанности исследуемого направления

Эта стадия реализована в промышленности, однако исследований в области механизма процесса и установления количественных связей между переменными состояния и управляющими воздействиями с использованием современных инструментальных методов, проведено недостаточно для построения детерминированной математической модели. Такая модель необходима для оптимизации процесса и создания необходимой структуры управления. Существующая система управления базируется на опыте операторов и не позволяет вносить изменения при изменении качества сырья и входных условий.

Большую известность получили результаты работ следующих зарубежных авторов: В.И. Береговский, А.В. Ванюков, Жунусов М.Т.

В.И. Береговский, Б.Б. Кистяковский *Металлургия меди и никеля.*

А.В. Ванюков, Н.И. Уткин, А.В. Ванюков, *Комплексная переработка медного и никелевого сырья.*

Жунусов М.Т. *Металлургия никеля на комбинате «Североникель».*

А.Ф. Фёдоров, Е.А. Кузьменко, *Системы управления химико–технологическими процессами: учебное пособие.*

Большой вклад в развитие и совершенствование алгоритмов управления процессами в ТП внесли специализированные научно-исследовательские и проектные организации, среди них «ВАМИ», «СибВАМИ», «Цветметавтоматика», «Союзцветметавтоматика» и др. Хорошо известны работы и достижения в этой области таких крупных специалистов как В.Я. Абрамов, А.И. Лайнер Н.И. Еремин, А.Н. Наумчик и ряд других ученых.



Цель работы

Создание системы оптимального управления процессов восстановления закиси никеля с использованием математической модели.



Задачи исследований

- анализ состояния современных систем управления процессами обжига в трубчатых вращающихся печах (ТВП) и температурным профилем;
- создание статической модели процесса в программном комплексе ReactOp для определения оптимальных условий восстановления закиси никеля;
- создание динамической модели процесса для выбора оптимального управления;
- определение оптимального температурного профиля;
- определение зависимости между степенью завершённостью процесса и температурным профилем восстановительного обжига в ТВП;
- исследование процессов регулирования температуры в ТВП при использовании динамической модели и различных законах регулирования;
- выбор оптимального закона регулирования и разработка предложения по выбору технических средств САУ для ТВП.



Практическая значимость работы

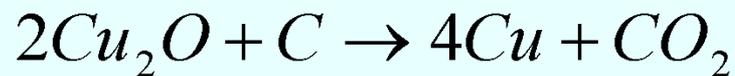
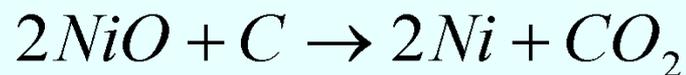
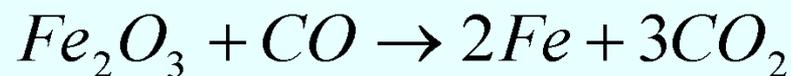
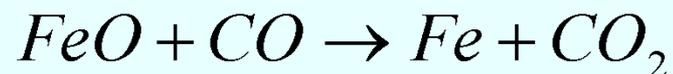
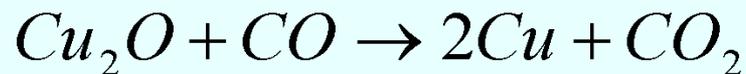
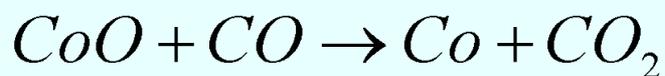
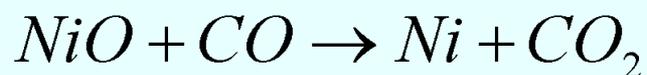
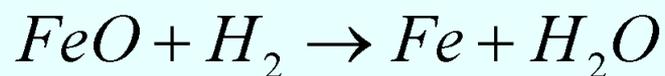
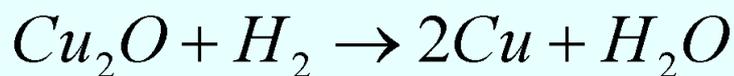
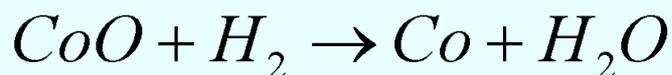
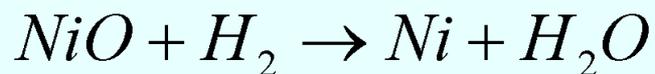
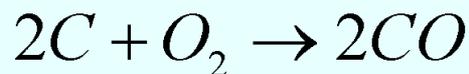
- определена роль математической модели в расширении базы данных о состоянии объекта управления с позиций Интернета вещей;
 - создана детерминированные математические модели процесса для статического и динамического режима работы ТВП при проведении восстановительного обжига закиси никеля;
 - найден оптимальный закон управления температурой в ТВП для процесса восстановительного обжига;
 - определены функции АСУ ТП при проведении восстановительного обжига закиси никеля в ТВП.

Предполагаемые объекты внедрения результатов исследования

Китайский завод: Синьцзянская промышленность цветных металлов- “Фу Кан” металлургический завод по переработке медно-никелевых руд.

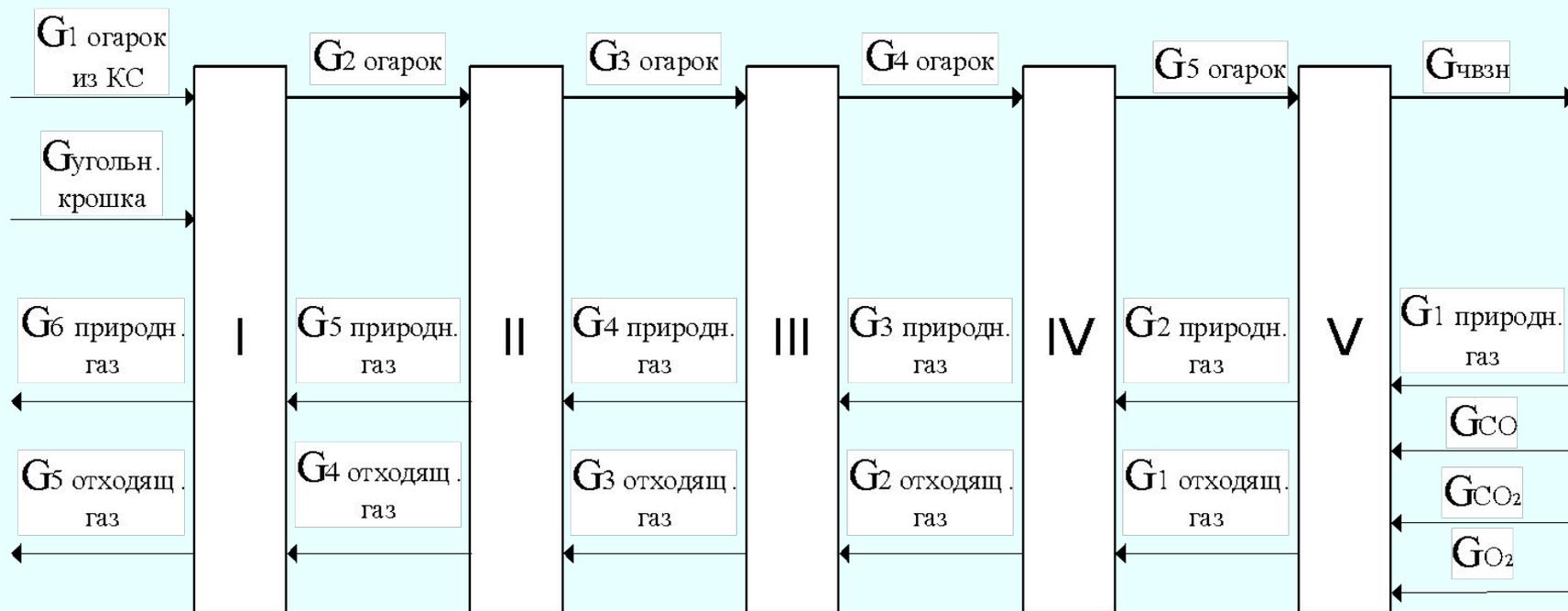


Реакции происходящие при получении частично восстановленной закиси никеля.





Структура потоков в печи:





Дифференциальные уравнения

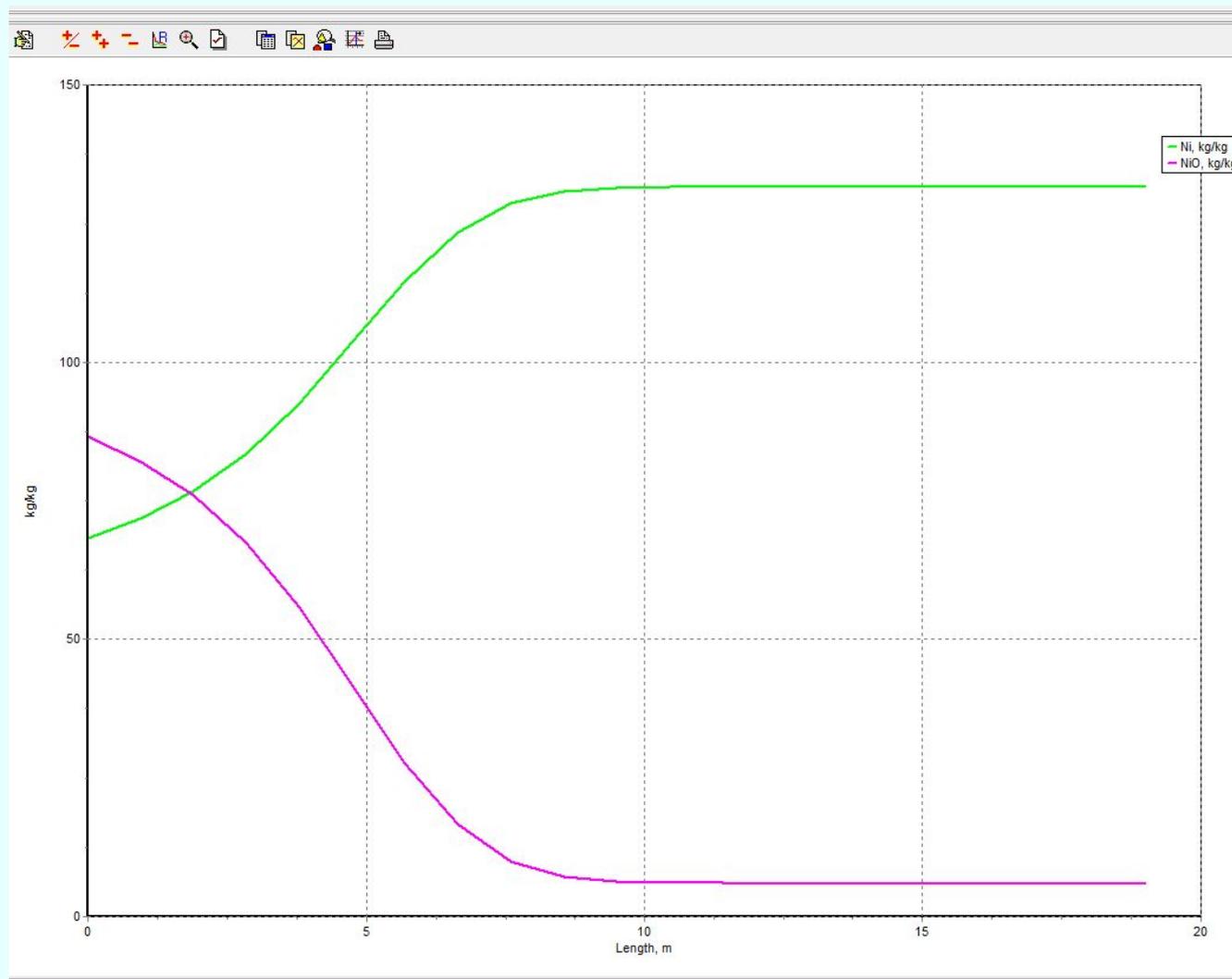
$$\left\{ \begin{array}{l} m_I c_I \frac{dT_I}{dt} = Q_{1\text{Огар.изКС}} + Q_{\text{Угольн.Крош.}} + Q_{5\text{Природн.Газ}} + Q_{4\text{Отх.Газ}} - \\ - Q_{2\text{Огар}} - Q_{6\text{Природн.Газ}} - Q_{5\text{Отх.Газ}} \\ m_{II} c_{II} \frac{dT_{II}}{dt} = Q_{2\text{Огар}} + Q_{4\text{Природн.Газ}} + Q_{3\text{Отх.Газ}} - \\ - Q_{5\text{Природн.Газ}} - Q_{4\text{Отх.Газ}} - Q_{3\text{Огар}} \\ m_{III} c_{III} \frac{dT_{III}}{dt} = Q_{3\text{Огар}} + Q_{3\text{Природн.Газ}} + Q_{2\text{Отх.Газ}} - \\ - Q_{4\text{Огар}} - Q_{4\text{Природн.Газ}} - Q_{3\text{Отх.Газ}} \\ m_{IV} c_{IV} \frac{dT_{IV}}{dt} = Q_{4\text{Огар}} + Q_{2\text{Природн.Газ}} + Q_{1\text{Отх.Газ}} - \\ - Q_{5\text{Огар}} - Q_{3\text{Природн.Газ}} - Q_{2\text{Отх.Газ}} \\ m_V c_V \frac{dT_V}{dt} = Q_{5\text{Огар}} + Q_{1\text{Природн.Газ}} + Q_{\text{CO}_2} + Q_{\text{CO}} + Q_{\text{O}_2} - \\ - Q_{\text{ЧВЗН}} - Q_{2\text{Природн.Газ}} - Q_{1\text{Отх.Газ}} \end{array} \right.$$

ПЕРВОЕ ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

Для определения оптимального температурного профиля процесса восстановительного обжига закиси никеля в ТВП необходима детальная математическая модель статического режима процесса.



Результаты моделирования статической модели в программном комплексе ReactOp



Графики изменения состава никеля и состава закиси никеля



Результаты моделирования процесса в динамическом режиме в программном комплексе ReactOp

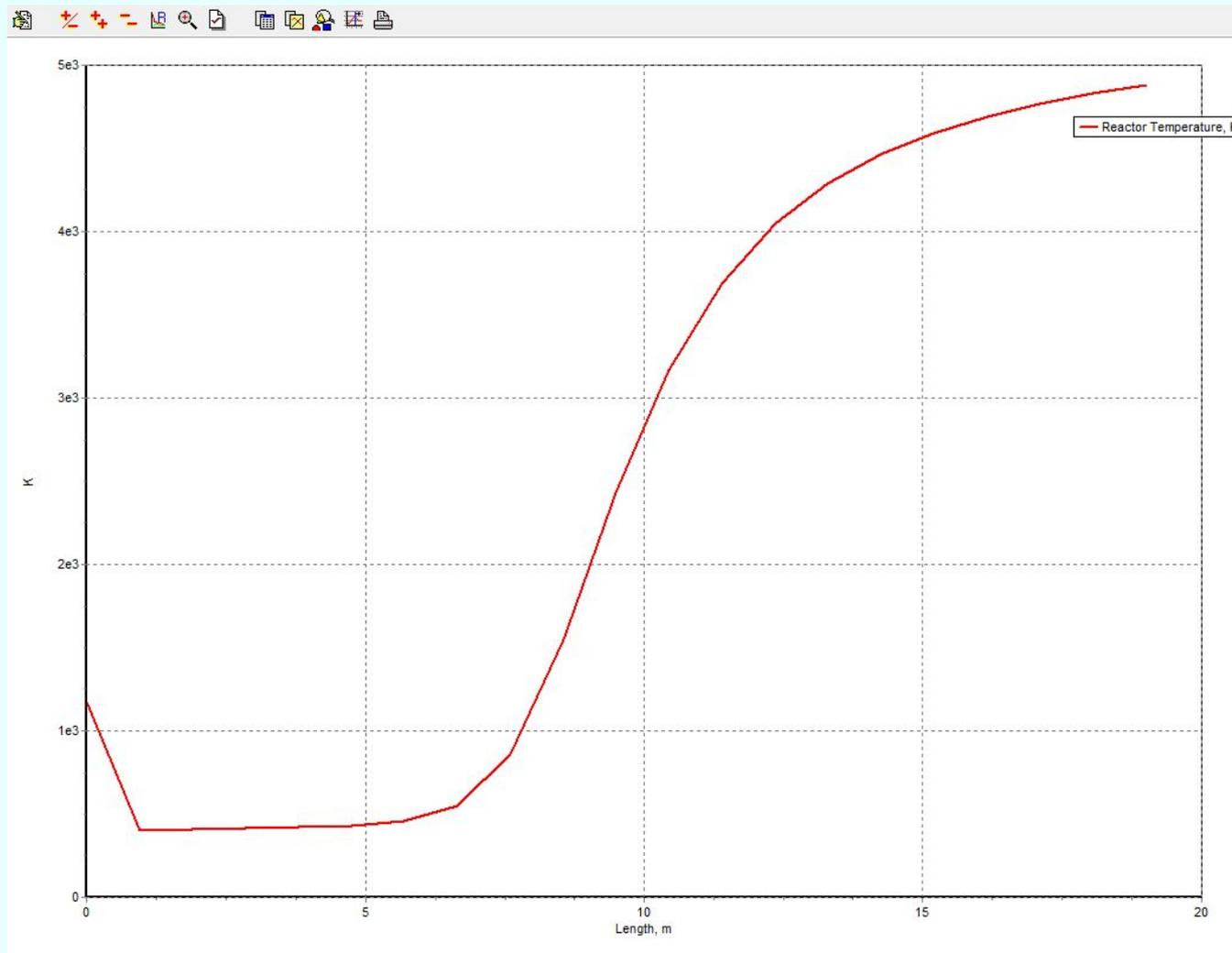


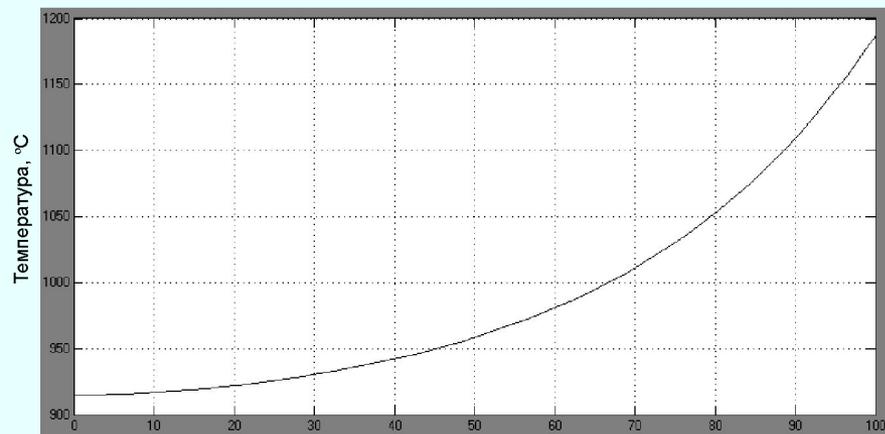
График изменения температурного режима по длине печи

ВТОРОЕ ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

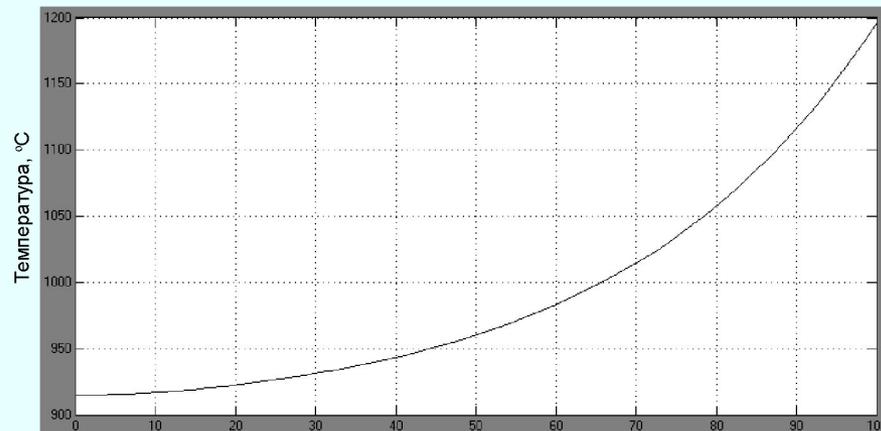
Для определения оптимального закона регулирования температурного профиля необходима динамическая модель процесса.



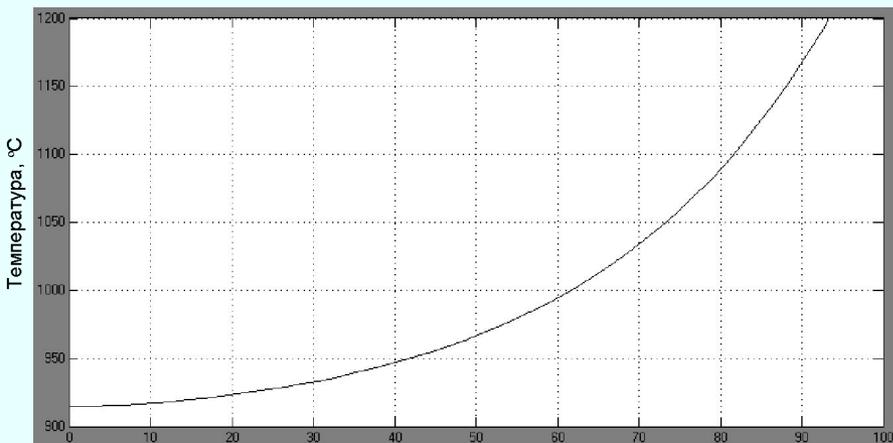
Переходные функции по каналам расхода огарка, угольной крошки, природного газа и температуре в самой горячей зоне печи:



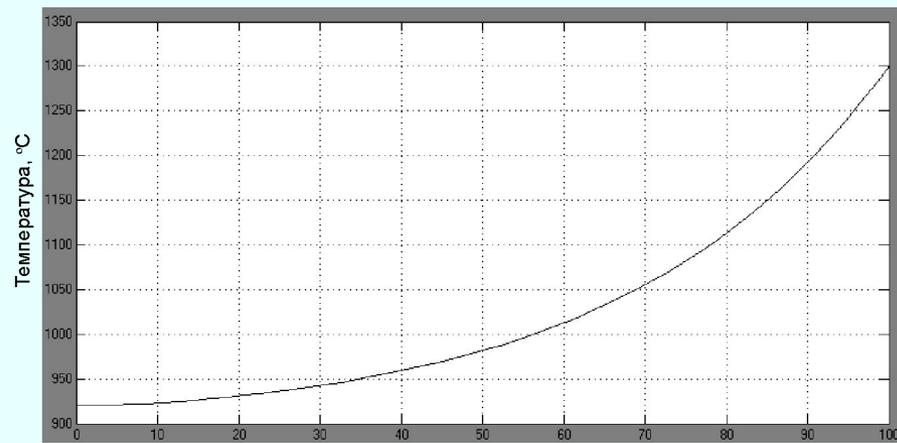
Зависимость температуры на выходе из печи при увеличении расхода закиси никеля на 50%



Зависимость температуры на выходе из печи при увеличении расхода природного газа на 10%



Зависимость температуры на выходе из печи при увеличении расхода угольной крошки на 20%



Зависимость температуры на выходе из печи при увеличении температуры в самой горячей зоне печи на 100°C



Коэффициенты усиления и передаточные функции по каналам возмущения:

Увеличении расхода закиси никеля на 50%:

$$K = \frac{300}{80,68} = 3,718$$

$$W(p) = \frac{3,718}{10p + 1}$$

Увеличении расхода угольной крошки на 20%:

$$K = \frac{300}{74,81} = 4$$

$$W(p) = \frac{4}{11p + 1}$$

Увеличении расхода природного газа на 10%:

$$K = \frac{300}{77,73} = 3,859$$

$$W(p) = \frac{3,859}{3p + 1}$$

Увеличении температуры в наиболее горячей зоне печи на 100°C:

$$K = \frac{300}{108} = 2,77$$

$$W(p) = \frac{2,77}{9p + 1}$$



Схема системы управления процессом восстановительного обжига закиси никеля с ПИД – регулятором

G_ugoln.krooshka





Схема системы управления процессом восстановительного обжига закиси никеля с регулятором Смита

G_ugoln.krooshka





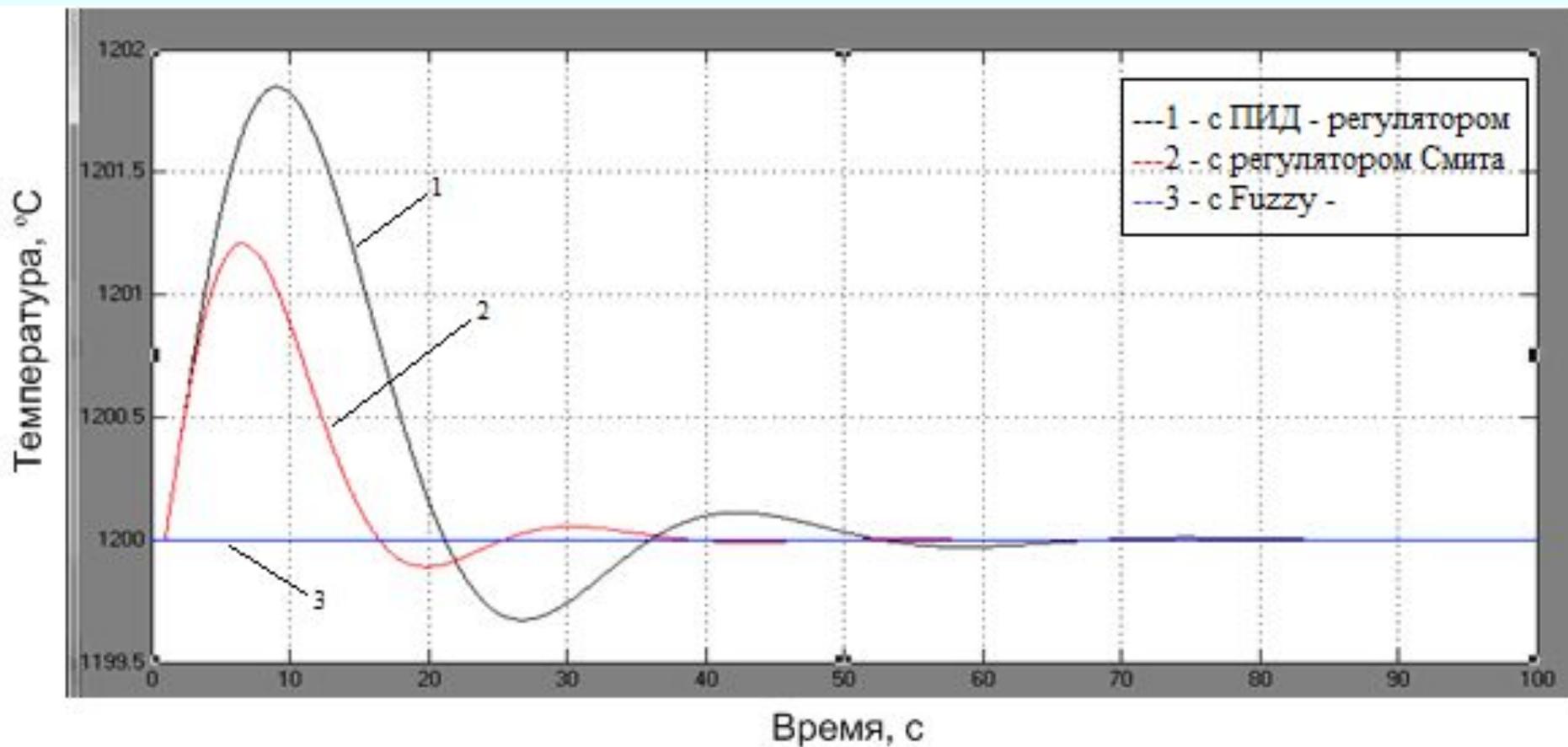
Схема системы управления процессом восстановительного обжига закиси никеля с fuzzy - регулятором

G_ugoln.krooshka





Графики переходных процессов по температуре на выходе из печи регулирования систем с ПИД – регулятором, регулятором Смита и fuzzy – регулятором





Показатели качества регулирования

Показатели / системы регулирования	Время регулирования, с	Перерегулирование, %	Показатель колебательности	Степень затухания, %
ПИД – регулятор	65	18,9	1,85	0,113
Регулятор Смита	40	8,33	1,2	0,23
Fuzzy - регулятор	35	0,571	0,000175	0,174

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выполненного исследования о работе обжигового отделения трубчатых вращающихся печей, можно сделать следующие выводы:

- Проведен анализ автоматизации технологических процессов с позиций Интернета вещей и показана роль создания общей базы данных о процессе для оптимального управления производством.
- Создана математическая модель трубчатой вращающейся печи в стационарном режиме работы с использованием программного комплекса ReactOp Cascade.
- Построена модель управления обжигом закиси никеля в трубчатой вращающейся печи в программном пакете Matlab.
- Исследована динамика процесса восстановительного обжига закиси никеля.
- Проведено сравнение систем управления по параметрам качества переходного процесса восстановления закиси никеля в трубчатой печи с разными схемами управления
- Для разработанного отделения предложен аппаратурно-технический синтез АСУ ТП.



Спасибо за внимание!