



ОТЗЫВ

зарубежного научного консультанта на диссертационную работу
PhD докторанта Satbayev University
Токтасыновой Нигины Ришатовной
на тему «Моделирование и исследование системы управления процессом
агломерации фосфоритных руд»,
представленную на соискание ученой степени доктора PhD
по специальности 6D070200 – «Автоматизация и управление»

ТОО «Казфосфат» представляет фосфорную промышленность Республики Казахстан, являясь лидирующей компанией по производству фосфорсодержащей продукции на территории стран СНГ. Продукция компании поставляется на рынки Восточной и Западной Европы, стран СНГ, Китая, а также на внутренний рынок. Начальным этапом для производства желтого фосфора, являющегося одним из важных продуктов предприятия, является процесс агломерации.

Агломерация является нелинейным процессом из-за чего управление качеством конечного продукта в режиме реального времени представляет собой сложную задачу. На практике управление процессом происходит с запаздыванием: оператор изменяет параметры процесса уже после получения готового продукта, что приводит к появлению возврата или агломерата, который необходимо вернуть на начальную стадию для повторной обработки. Это обстоятельство приводит к появлению большого количества возврата, который подвергается повторной обработке. И хотя отходы в данном случае минимальны, возврат приводит к внесению возмущений в процесс и необходимости дополнительных затрат на спекание. В этой связи для улучшения качества продукта необходимо проводить исследования процесса, затраты на которые уменьшаются за счет создания математической модели объекта. Также управление процессом до получения агломерата является актуальной задачей, которую можно разрешить за счет прогнозирования качества продукта на стадии спекания до достижения конца агломашины, что позволит принимать решение об управлении заранее.

В ходе выполнения диссертационной работы докторантом ставились следующие задачи:

- выполнить анализ математических моделей агломерационного процесса: основные направления, методы моделирования, используемые физико-химические процессы и задачи моделирования. Определить наиболее важные черты математических моделей;
- разработать математическую модель процесса агломерации и проверить ее адекватность: описать основные физико-химические процессы, среду моделирования, представить результаты исследования;
- провести анализ прогнозных моделей точки спекания: определить основные алгоритмы, используемые для прогноза, выявить достоинства и недостатки, выбрать оптимальный алгоритм для построения прогноза;



- провести анализ прогнозных моделей точки спекания: определить основные алгоритмы, используемые для прогноза, выявить достоинства и недостатки, выбрать оптимальный алгоритм для построения прогноза;
- разработать динамическую математическую модель прогноза точки спекания: проверить на адекватность и точность существующие модели, улучшить точность моделей через выбор оптимального размера исходной выборки для обучения, а также использования алгоритмов нахождения оптимума;
- разработать структуру системы управления на основе прогнозной модели и представить результаты.

Объектом исследования является процесс агломерации фосфоритовых руд. Поставленные задачи решались методами проведения теоретических и практических исследований. В ходе исследования поставленных задач были использованы законы теплопередачи в твердых и газообразных средах, теплообмена в пористом материале, законы движения газа, уравнения горения топлива, методы корреляций, различные алгоритмы теории серых систем, алгоритмы оптимизации «роя частиц», а также теория и основные принципы работы процесса агломерации.

Научная новизна исследования и практическая значимость заключается в следующем:

- разработана модель агломерации фосфоритовых руд на основе физики теплообмена в пористых материалах вместо классического теплообмена в твердых и газообразных средах;
- разработана новая оптимальная прогнозная серая модель;
- на основе разработанной оптимальной прогнозной серой модели предложен алгоритм получения прогноза точки спекания агломерата;
- предложена структура управления процессом агломерации, включающая в себя разработанную динамическую модель прогноза.

Результаты диссертационного исследования и их обоснованность. По результатам выполнения диссертации исследован процесс агломерации фосфоритовых руд как объекта управления, выявлены основные черты процесса и недостатки. Проведен обзор методов моделирования процесса для решения задач улучшения качества конечного продукта. Разработана двумерная математическая модель агломерации в среде COMSOL Multiphysics на основе физико-химических превращений, происходящих при спекании. Проведен обзор существующих моделей для прогноза точки спекания различных агломерационных руд, определены их основные характеристики, особенности и недостатки. Разработана оптимальная модель прогноза точки спекания на основе теории серых систем и алгоритма оптимизации «роя частиц». Представлена структура управления процессом агломерации на базе разработанной модели прогноза, позволяющая в режиме реального времени построить динамическую модель прогноза на основе данных, полученных в процессе агломерации и синтезировать необходимые значения для управления.

Научные публикации. По результатам исследования опубликовано 9 работ. Из них – 4 тезисов докладов на международных конференциях, одна из которых является крупнейшей в мире профессиональная техническая организация по развитию технологий IEEE, 3 работы в



gipsa-lab

журналах перечня ВАК, 1 статья опубликована в зарубежном издании, входящем в международную базу цитируемости Scopus и 1 статья опубликована в журнале, входящем в JCR (journal citation reports).

Итоговая оценка. В процессе работы над диссертацией Токтасынова Н. Р. смогла в полной мере проявить свои способности к научно-исследовательской работе. Успешному решению задач, поставленных перед диссертантом, способствовали умелое использование научных подходов и глубокое понимание особенностей технологического процесса агломерации фосфоритовых руд. Как зарубежный научный консультант и руководитель диссертанта, я удовлетворён общим результатом работы. Считаю, что диссертационная работа «Моделирование и исследование системы управления процессом агломерации фосфоритных руд» выполнена на должном научном и инженерном уровне, а Токтасынова Н.Р. заслуживает присвоения ученого звания доктора PhD по специальности 6D070200 – «Автоматизация и управление».

Hassen FOURATI
PhD, Associate Professor
GIPSA-LAB, 11 rue des
Mathématiques
Grenoble Campus, BP 46
F - 38402 SAINT MARTIN D'HERES Cedex
Grenoble, France

grenoble
images
parole
signal
automatique

GIPSA-lab
Campus universitaire
11 Rue des Mathématiques, 38400 Saint-
Martin-d'Hères, F-38400 GRENOBLE Cedex
Tél. +33 (0)4 76 82 62 56
Fax +33 (0)4 76 82 64 26

www.gipsa-lab.inpg.fr
prenom.nom@gipsa-lab.inpg.fr

Tutelles
Grenoble INP, CNRS,
UGA, Stendhal