

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский национальный  
исследовательский университет  
информационных технологий,  
механики и оптики» (Университет ИТМО)

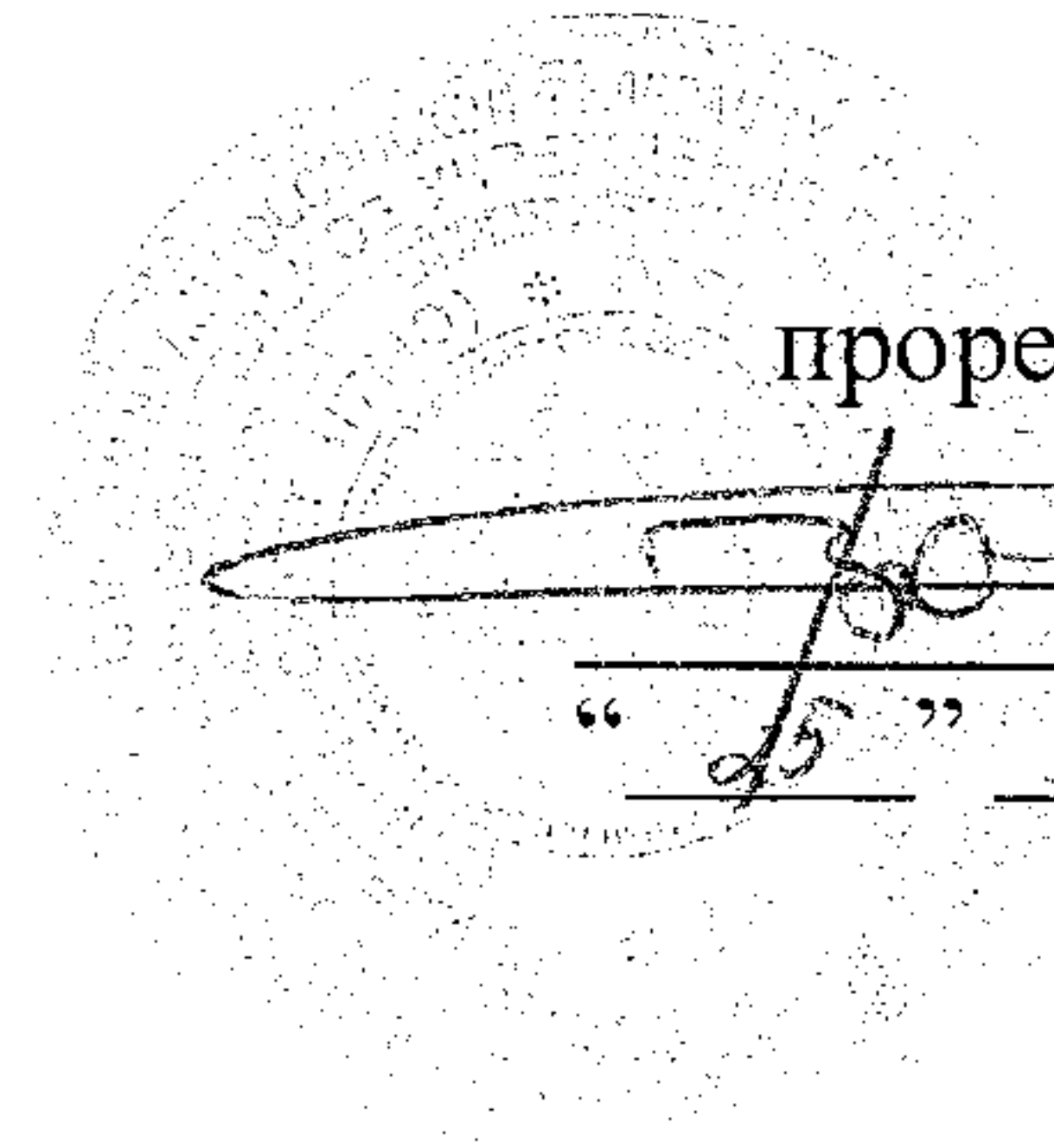
«УТВЕРЖДАЮ»

проректор по научной работе

д.т.н., профессор

Никифоров В.О.

“ 25 ” мая 2017 г.



Кронверкский проспект, д. 49, г. Санкт-Петербург,  
Российская Федерация, 197101  
тел.: (812) 232-97-04 | факс: (812) 232-23-07  
od@mail.ifmo.ru | www.ifmo.ru

25.05.2017 № 4-25/523

## О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу Федоровой Эльмиры Рафаэльевны «Распределение питающего потока между параллельными сгустителями при управлении технологическим переделом сгущения и промывки красных шламов глиноземного производства», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия).

### *Актуальность темы*

Диссертация посвящена повышению эффективности сгущения красного шлама глиноземного производства за счет управления параллельно работающими сгустителями с помощью системы автоматического управления.

Тема диссертационной работы является актуальной, поскольку неконтролируемые возмущения и большая инерция в получении информации об условиях протекания процесса сгущения существенно усложняют задачу

№ 169-11  
от 29.06.2017

управления. Функции существующих систем управления сгущением шлама заключаются в стабилизации параметров первичных технологических контуров, но управление по одноконтурным алгоритмам и вручную малоэффективно при высокой корреляции большого количества выходных параметров между собой.

Диссертация направлена на создание системы автоматического управления параллельно работающими сгустителями на базе регулятора с прогнозирующей моделью для каждого отдельного сгустителя и надстройки над верхним уровнем управления в виде блока оптимизации на основе алгоритма клонального отбора. Работа характеризуется комплексным подходом в изучении процесса сгущения красного шлама и решении поставленной задачи.

Синтез прогнозирующей модели управления для каждого сгустителя, учитывающей наличие таких возмущающих воздействий, как распределение частиц по размерам в питании, размер флокулируемых частиц, зарастание и зашламливание сгустителя в процессе его эксплуатации, является актуальным направлением научных исследований. Информация об использовании системы управления каждым сгустителем в отдельности на основе предиктивного регулятора с прогнозирующей моделью объекта управления в современной научно-технической литературе практически отсутствует.

Распределение потока красного шлама между параллельно работающими сгустителями является незавершенной и актуальной задачей в настоящее время. Алгоритмы, характеризующиеся памятью и способностью к распознаванию, для решения задачи распределения потока шлама между параллельно работающими сгустителями отсутствуют.

#### ***Научная новизна работы***

Автором синтезирована система автоматического управления параллельно работающими сгустителями на базе регулятора с прогнозирующей моделью и блока оптимизации на основе алгоритма параллельного поиска оптимума функции, имеющей не единственное

решение. Прогнозирующая модель представляет собой обобщенную математическую модель сгустителя, которая состоит из моделей зоны флокуляции твердой фракции питающей суспензии, зоны стесненного осаждения и эффективного сжатия осадка, зоны осветления. Модель сгустителя цилиндрической формы учитывает зарастание и зашламливание агрегата в процессе его эксплуатации;

В процессе диссертационного исследования Фелоровой Э.Р. поставлены и в целом решены следующие научные и научно-практические задачи:

1. проанализированы зависимости технологических параметров и технического состояния сгустителей передела сгущения и промывки красного шлама, содержания твердой фракции в сгущенном продукте, выходной концентрации осветленного слоя от возмущающих воздействий с использованием интеллектуального анализа данных;

2. проведены экспериментальные исследования для идентификации параметров моделирования;

3. разработана CFD модель сгустителя;

4. разработана обобщенная математическая модель сгустителя.

Основные положения и результаты исследований по диссертации были опубликованы в 9 печатных трудах, в том числе в 4 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации и в 1 свидетельстве об официальной регистрации программ для ЭВМ, а также были представлены и получили положительную оценку на всероссийских и международных научных конференциях.

### ***Научные результаты***

В диссертации Федоровой Э.Р. на тему: «Распределение питающего потока между параллельными сгустителями при управлении технологическим переделом сгущения и промывки красных шламов глиноземного производства» достигнуты следующие результаты:

1. разработана обобщенная математическая модель сгустителя, которая состоит из моделей зоны флокуляции твердой фракции питающей



суспензии, зоны стесненного осаждения и эффективного сжатия осадка, зоны осветления. Модель сгустителя цилиндрической формы учитывает зарастание и зашламливание агрегата в процессе его эксплуатации и позволяет прогнозировать содержание твердой фракции в сгущенном продукте в диапазоне 0.01-0.10 об.долей, в верхнем сливе в диапазоне 0-1000 мг/л;

2. учет при моделировании процесса сгущения конической части сгустителя для исследуемого объекта управления позволил на 30 % уменьшить погрешность при расчете высоты постели;

3. разработана CFD модель сгустителя, которая учитывает распределение частиц по размерам в питающей пульпе сгустителя и действие перемешивающих грабли;

4. синтезирована система автоматического управления параллельно работающими сгустителями на базе регулятора с прогнозирующей моделью и блока оптимизации на основе алгоритма параллельного поиска оптимума функции, имеющей не единственное решение.

#### ***Практическая ценность работы***

1. Разработанная программа для ЭВМ «Программный тренажер для моделирования процесса сгущения» для решения задачи одномерного моделирования процесса осаждения твердой фракции, флокулированной суспензии в сгустителе цилиндрической формы, могут быть использованы для вычисления профиля концентрации в сгустителе;

2. Обобщенная математическая модель учитывает зарастание сгустителя в процессе его эксплуатации и может быть использована в алгоритмах управления по модели для каждого отдельного аппарата;

3. CFD модель сгустителя может быть использована для оценки распределения твердой фракции в объеме аппарата и в верхнем осветленном сливе, влияния диапазона распределения твердой фракции в питании сгустителя или диапазона флокул, образовавшихся в процессе флокуляции в питающем стакане, на мутность верхнего слива сгустителя;

4. Синтезированная система автоматического управления на базе управляющего устройства с прогнозирующей моделью и блоком оптимизации на основе алгоритма клонального отбора представляет собой универсальное решение задачи распределения питающего потока красного шлама между параллельно работающими сгустителями и позволяет стабилизировать содержание твердой фракции в нижнем продукте в диапазоне 0.085-0.095 об.долей, минимизировать суммарный массовый расход твердой фракции, выносимой с верхним сливом, в среднем на 180 кг/ч;

#### ***Выводы по работе и замечания***

Материал в диссертационной работе Федоровой Э.Р. изложен грамотно и ясно, структура работы отличается полнотой изложения результатов теоретических, расчетных и практических исследований, материалов, и при этом соответствует сформулированным во введении целям и задачам исследования. Работа написана технически грамотным научным языком, качественно оформлена и проиллюстрирована. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации, и дает достаточно полное представление о структуре, научной новизне и практической значимости выполненной работы.

#### ***Замечания и пожелания по работе***

В целом, положительно оценивая высокий научный и методический уровень диссертационного исследования, следует отметить следующие недостатки:

1. Для полноты картины автору следовало бы привести химических состав красного шлама, использованного для проведения экспериментов.

2. Для определения параметров фактора стесненного осаждения следовало бы провести несколько серий экспериментов, а не ограничиться только одной.

3. Нет информации относительно применения разработанной обобщенной модели сгустителя для других конструкций сгустителей и с иными характеристиками питающей пульпы.

4. В диссертации не приведена информация о том, как изменится производительность сгустителя при внедрении предложенной системы управления.

5. Отсутствует подробная информация о преимуществах разработанного алгоритма оптимизации перед существующими алгоритмами поиска оптимума функции.

6. Отсутствует подробная информация о причинах выбора периода дискретности работы алгоритма оптимизации.

7. Автору следовало бы рассмотреть возможность добавления в алгоритм оптимизации дополнительного ограничения на суммарный объемный расход флокулянта, подаваемого на ветку сгущения красного шлама.

8. Не приведен результат поведения параметра «суммарный объемный расход флокулянта» на ветке сгущения по результатам работы синтезированной САУ.

9. В диссертации в формуле (4.8), стр. 158 в качестве вектора управляющих воздействий используется символ  $U$ , в автореферате –  $U'$ .

10. Автору следовало бы более детально описать процесс обмена данными в клиент–серверной архитектуре между SCADA-системой и GE Proficy Architect, привести пример экрана оператора с использованием предложенной системы.

11. Оценка экономической эффективности разработанного способа носит формальный характер.

Данные замечания имеют дискуссионный характер и не снижают высокого качества выполненных исследований.

### ***Заключение по диссертации***

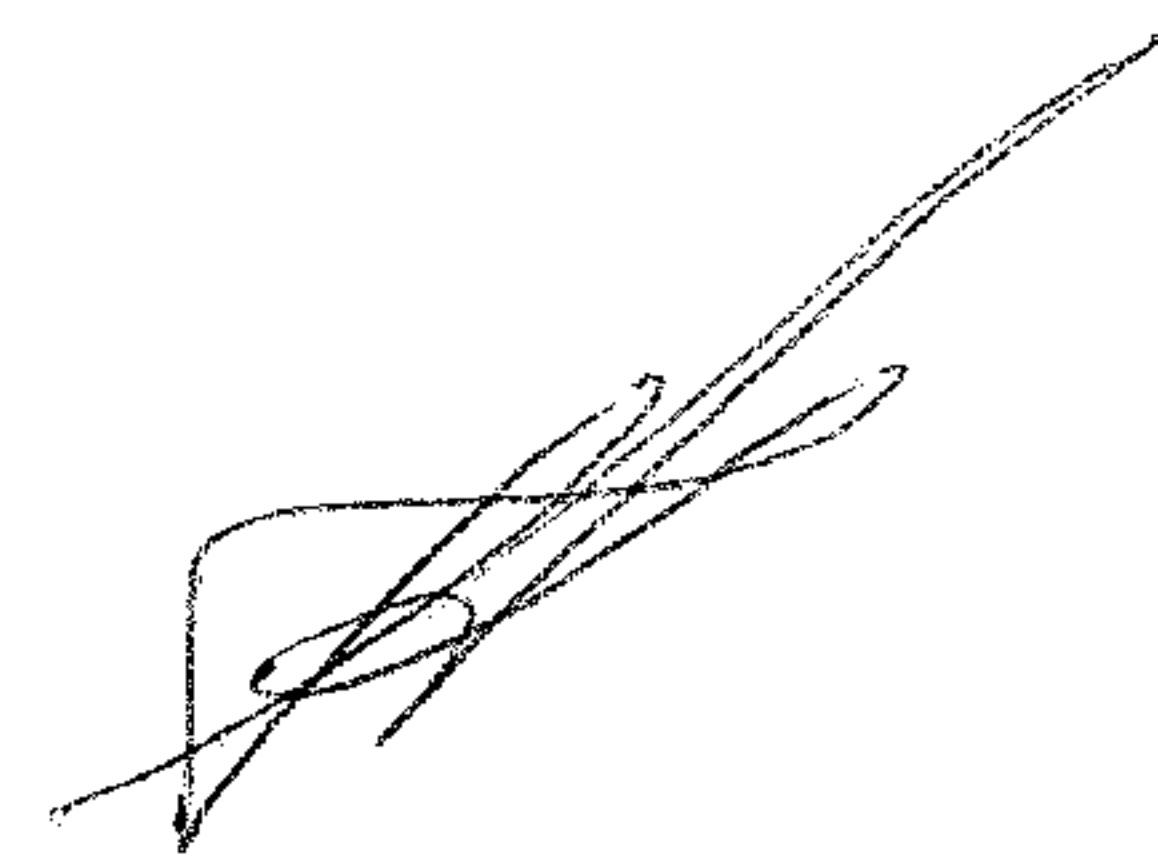
В целом диссертация Федоровой Э.Р. на тему: «Распределение питающего потока между параллельными сгустителями при управлении технологическим переделом сгущения и промывки красных шламов глиноземного производства» является завершенной научно-квалификационной работой. С учетом актуальности выбранного



направления, научной обоснованности, оригинальности и новизны технических разработок можно сделать вывод о том, что диссертация содержит необходимые квалификационные признаки, соответствующие п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Федорова Эльмира Рафаэлевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (металлургия).

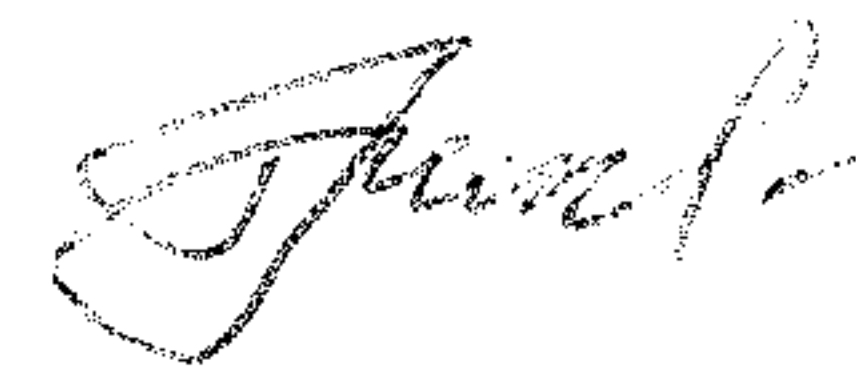
Отзыв на диссертацию заслушан и утвержден на заседании кафедры Систем управления и информатики, протокол № 6 от «18» мая 2017 года.

Председатель заседания – заведующий  
кафедрой Систем управления и  
информатики и производствами,  
доктор технических наук, профессор



Бобцов  
Алексей Алексеевич

Секретарь заседания – доцент кафедры  
Систем управления и информатики,  
Кандидат технических наук, доцент



Николаев  
Николай Анатольевич

**Почтовый адрес:**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО).

Кронверкский проспект, д. 49, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 197101, тел.: (812) 595-41-28, E-mail: bobtsov@mail.ru