

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 09.06.01 Информатика и вычислительная техника,
05.13.06 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами
(атомная промышленность)

Школа Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Научно-квалификационная работа

Тема научно-квалификационной работы

Синтез системы оптимального управления электроприводом подачи сырья в шаровую мельницу с применением прогнозирующей модели и нейронных сетей

УДК 004.896:004.032.26:621.926:62-83-52

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А6-38	Закамалдин Андрей Андреевич		25.05.2020

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ливенцов Сергей Николаевич	д.т.н., профессор		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Рук. ОЯТЦ	Горюнов Алексей Германович	д.т.н., профессор		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭЭ ИШЭ	Шилин Александр Анатольевич	д.т.н., профессор		

Томск – 2020 г.

Аннотация

Оптимальное управление технологическим процессом (ТП) измельчения в горной промышленности остается сложной проблемой на протяжении многих лет из-за существующих неопределенностей математической модели ТП. Практика показывает, что поддержание объема твердой и жидкой фаз внутри мельницы (внутримельничного заполнения) на оптимальном уровне позволяет извлекать максимальную эффективность из замкнутого цикла измельчения: высокую производительность по руде, необходимую крупность измельчения руды, экономию электроэнергии. Проблема заключается в том, что контролировать параметр внутримельничного заполнения напрямую средствами КИП не представляется возможным, поэтому измеряются параметры, косвенно характеризующие искомый. Этими параметрами являются вибрация, акустический шум, активная мощность привода мельницы и другие. В последние годы определенное влияние на решение проблемы оказали сотрудники АО «Союзцветметавтоматика», разработавшие метод спектрального анализа параметров внутримельничного заполнения и наиболее распространенное отечественное серийное промышленное решение – ВАЗМ. Однако, как показывает практика, ВАЗМ не обеспечивает требуемую точность определения объема твердой фазы в мельнице, соответственно управление приводом подачи руды в мельницу по показаниям ВАЗМ в режимах функциональной нестабильности объекта малоэффективно. Разработкой методов оценки объемного заполнения мельницы и метода обработки этого параметра также занимались Вердиян М. А., Кафаров В. В., Олейников В.А., Улитенко К. Я., Утеуш Э.В, Златорунская Г.Е. и многие другие. Их работы в значительной мере способствовали изучению методов автоматического управления измельчительными агрегатами. Регулирование параметра внутримельничного заполнения составляет сложную задачу, поскольку процесс измельчения сложен и многофакторен. В указанных работах был предложен ряд методов управления ТП измельчения, среди которых основными были методы, основанные на

экспертных оценках, производционных правилах и ПИД законах регулирования. Однако в известных подходах не учитывается многофакторность и нестационарность ТП измельчения, в результате система может реагировать на нежелательные отклонения только после их возникновения и, следовательно, САУ имеют ряд ограничений. Важным ограничением является неустойчивость в режимах функциональной нестабильности ТП измельчения. К таким режимам относится эксплуатация мельницы с максимальной производительностью, когда имеется вероятность перегруза мельницы рудой.

Таким образом, имеет место проблемная ситуация между необходимостью повышения производительности, энергоэффективности и оперативности управления параметром внутримельничного заполнения шаровой мельницы и возможностями существующих систем контроля и управления этим ТП. Особенно известно это противоречие на апатито-нефилиновых обогатительных фабриках вследствие того, что имеются: значительные колебания влажности исходной руды, поступающей на измельчение; существенные энергозатраты на эксплуатацию мельниц в режимах с низкой производительности; трудности автоматизации процесса формирования требуемого гранулометрического состава измельченного продукта.

Очевидно, что противоречие определяет актуальную проблему – повышение производительности и снижение энергозатрат технологического процесса измельчения в шаровой мельнице в замкнутом цикле путем разработки системы автоматического управления параметром внутримельничного заполнения в режимах функциональной нестабильности ТП измельчения.

Объектом исследования является система автоматического управления параметром внутримельничного заполнения шаровой барабанной мельницы с разгрузкой через торцевую решетку.

Предмет исследования – математические модели процесса измельчения и алгоритмы системы автоматического управления электроприводом подачи сырья в замкнутый цикл измельчения, характеризующийся нестационарностью параметров и значительным транспортным запаздыванием.