

ОТЗЫВ
официального оппонента доктора технических наук, профессора
Темлянцева Михаила Викторовича на диссертацию
Шахрая Сергея Георгиевича «Повышение энергетической
эффективности и экологических показателей оборудования для
производства первичного алюминия», представленной на соискание
ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.04 –
Промышленная теплоэнергетика, в диссертационный совет Д 212.099.07
при ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

Актуальность темы диссертационной работы

Современные алюминий производящие предприятия являются крупными потребителями энергетических ресурсов, в частности электроэнергии. Высокое энергопотребление в значительной степени связано с несовершенством конструкций электролизеров и относительно низкой их энергетической эффективностью. Это приводит к снижению конкурентоспособности алюминиевой продукции и росту ее себестоимости. При электролизном производстве алюминия остро стоит научно-практическая задача снижения вредных выбросов газообразных и твердых веществ, диктуемая ужесточением требований законодательства в области энерго-, ресурсосбережения и охраны окружающей среды. В связи с этим тема диссертации выбрана актуальная.

Основная идея диссертации состоит в комплексном подходе к решению задач повышения энергетической эффективности и экологической безопасности, что обеспечивает снижение потребления энергоресурсов и выбросов загрязняющих веществ как действующими, так и проектируемыми электролизерами для получения первичного алюминия.

Наиболее значимыми результатами диссертационной работы следует признать:

- разработку научно обоснованного комплекса взаимосвязанных энергосберегающих мероприятий для алюминиевых электролизеров Содерberга, заключающихся в сокращении потерь теплоты поверхностями электролизера, утилизации теплоты анодных газов, уносимой в систему газоудаления, уменьшении затрат теплоты на нагрев и растворение в электролите глинозема, снижении объема прианодного газоэлектролитного слоя, образующегося в результате окисления анода и обеспечивающих снижение удельного расхода электроэнергии в среднем на 900 кВт·ч/т Al, количества эксплуатируемых горелок и бункеров системы автоматического питания глиноземом в 2 раза;

- получение новых данных о температурно-временных зависимостях воспламенения и горения нафталина, антрацена и бенз(а)пирена реперных составляющих компонентов смолистых веществ, содержащихся в сжигаемых анодных газах, определение состава продуктов пиролиза нафталина и антрацена при их сгорании в условиях недостатка воздуха, установление конструктивных параметров горелок, обеспечивающих увеличение пути смещива-

ния сжигаемых в них газов с воздухом, возможность регулирования разрежения в системе газоудаления, разработку и патентную защиту ряда конструкций горелок с интенсивным смешиванием сжигаемых анодных газов с воздухом;

- установление закономерностей влияния газовых и пылевых балластных примесей сжигаемого анодного газа на устойчивость работы горелок, определение времени достижения критической концентрации пылевых конгломератов в горелке, приводящей к прекращению горения, разработка системы импульсной автоматической очистки горелок от пылевых отложений, обеспечивающей утилизацию сжатого осущененного воздуха, отработанного системой автоматического питания глиноземом, снижение частоты погасаний горения более чем в 7 раз, повышение полноты дожигания угольной составляющей пыли, содержащейся в сжигаемых анодных газах почти в 3 раза, снижение количества удаляемой из электролизера угольной пены более чем на 30 %;

- разработка методологии теплотехнического расчета системы газоудаления электролизеров с самообжигающимся анодом, позволяющей провести комплексный анализ влияния геометрических и режимных параметров газо-сборного колокола, горелок и газоходной сети на ее технико-экономическую эффективность в условиях увеличения силы тока процесса электролиза, позволившая научно обосновать целесообразность 1,5...2,0-х кратного увеличения объема подколокольного пространства и изменения его конфигурации с трапецидальной на параболоидную, обеспечивающую улучшение условий работы горелок, исключение образования вторичных течений анодных газов, а также повышение эффективности сбора анодных газов до 94...96 % и сокращение удельных выбросов фторидов на 0,7...0,8 кг/т Al;

- научное обоснование целесообразности очистки газоходных сетей корпусов электролиза от пылевых отложений закрученным потоком анодных газов, установление рациональных параметров крутки потока, обеспечивающих сокращение расхода сжатого воздуха и время очистки газоходов от отложений на 25...30 %;

- научное обоснование целесообразности предварительного нагрева загружаемого в электролит глинозема, разработку технического решения, обеспечивающего утилизацию теплоты анодных газов, уносимых в систему газоудаления, на нагрев глинозема, проведение опытно-промышленных испытаний и оценку эффективности загрузки в электролизер предварительно нагретого глинозема, установление закономерностей влияния температуры загружаемого в электролит глинозема на энергопотребление электролизера, а также время растворения глинозема в электролите.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современных и апробированных методов теоретического и физического анализа процессов горения, аэрогазодинамики, тепло- и массообмена в алюминиевых электролизерах и их системах газоудаления. Исходные данные для исследования получены в ходе натурных обследований и инструментальных

измерений технологических и теплотехнических параметров оборудования с последующей их статистической обработкой. Результаты расчетов удовлетворительно согласуются с данными экспериментов на действующих электролизерах и лабораторных установках.

Общее содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения и приложений. Общий объем работы составляет 289 страниц машинописного текста, включает в себя 123 рисунка, 33 таблицы, список литературы, состоящий из 273 наименований.

В введении обоснована актуальность исследуемой проблемы, сформулирована цель диссертационной работы, описаны методы исследования, научная новизна и практическая значимость работы, достоверность и обоснованность результатов, личный вклад автора, установлено соответствие диссертационной работы паспорту научной специальности.

В главе 1 проведен критический анализ литературных источников. На основании анализа сформулированы цель и задачи диссертационной работы. Проведенный литературный обзор показывает умение автора критически анализировать и систематизировать сведения и данные по исследуемой проблеме, высокую эрудированность и квалификацию докторанта в области теории и практики повышения энергетической эффективности и экологической безопасности электролитического производства алюминия.

В главе 2 представлена методология экспериментальных исследований, методики исследования физических свойств и теплопроводности материалов укрытия анодного массива, технологических параметров горения смолистых веществ, оценки эффективности работы системы импульсной автоматической очистки горелок от пыли, исследования тепловых и газодинамических параметров газовых потоков, влияния температуры глинозема на время его растворения в электролите.

Глава 3 посвящена развитию теоретических основ и разработке технических решений повышения энергетической эффективности алюминиевых электролизеров.

В главе 4 представлено решение задачи повышения экологической безопасности алюминиевых электролизеров. В главе представлены технические решения, обеспечивающие повышение экологической безопасности электролизеров посредством совершенствования геометрических и технологических параметров работы системы газоудаления.

В главе 5 проведена оценка влияния газопылевых балластных примесей на эффективность дожигания анодных газов.

В главе 6 представлены результаты экспериментальных исследований системы импульсной автоматической очистки горелок от отложений, работы горелок в условиях регулирования разряжения, теплоизолированного газосборного колокола, эффективности загрузки в расплав подогревенного глинозема, температурных режимов сжигания смолистых веществ, входящих в состав анодных газов.

В главе 7 проведена оценка энергетической, экологической и экономической эффективности разработок автора.

Структура диссертации логична, материал представлен последовательно. Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

Диссертационная работа апробирована. По теме диссертации автором опубликовано 109 печатных работ, в числе которых две монографии, 17 статей в изданиях, входящих в научометрическую базу Scopus, 25 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. Кроме этого, разработанные соискателем технические и технологические решения защищены 4 Евразийскими патентами на изобретения и 29 патентами РФ на изобретения и полезные модели.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Анодный узел электролизера работает в условиях воздействия высоких температур, достигающих 900 °C и более, что вызывает значительные термические напряжения и как следствие деформацию его металлических частей. Предлагаемое секционирование анода (рис. 3.15, стр. 87) предусматривает установку в анодный кожух дополнительного элемента горизонтальной перегородки, которая, безусловно, будет эксплуатироваться в условиях воздействия высоких тепловых потоков. Это может привести к ее деформации и разрушению анода. Таким образом предполагается обеспечить эксплуатационную надежность данного технического решения?

2. На рис. 3.24 (стр. 99), на рис. 4.22 (стр. 149) и на рис. 4.23 (стр. 150) представлены теплообменники для нагрева глинозема и воздуха, подаваемого в горелку, а также газоход, оборудованный теплоотводящими ребрами. Однако расчет параметров этих теплообменников (площади теплообмена, конечной температуры тепловых агентов, пр.) в диссертации не выполнен, что не позволяет оценить габариты этих устройств и возможность их встраивания в существующую схему компоновки технологического оборудования корпусов электролиза.

3. На стр. 135 диссертационной работы отмечено, что математическое моделирование протекающих в горелках тепловых и аэрогазодинамических процессов выполнено с помощью программного комплекса Sigma Flow, однако не указано, какие задачи формировать и какие расчеты производить позволяет данный программный пакет. Также не ясно, адаптирован ли данный программный пакет, а также программный пакет σ-Net (стр. 153) для расчета тепловых и аэрогазодинамических процессов, протекающих в системе газоудаления.

4. На стр. 108 размерность оси у (теплопроводность) на рис. 3.31 должна быть Вт/(м·К).

5. В автореферате на стр. 13 в описании содержания главы 3 представлена формула (1). В диссертации в главе 3 такая формула отсутствует.

6. В главе 7, учитывая профиль научной специальности диссертации, логично было бы представить тепловые балансы (с расчетом тепловых коэф-

фициентов полезного действия) электролизеров с внедренными разработками автора и без них, с целью демонстрации эффективности их применения.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от работы.

Общее заключение по диссертационной работе.

Диссертация Шахрая Сергея Георгиевича соответствует паспорту научной специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика, имеет внутреннее единство и является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на повышение энергетической эффективности и экологических показателей теплотехнологического оборудования для производства первичного алюминия, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Диссертация полностью соответствует требованиям, установленным п.9 Положения о присуждении ученых степеней (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» с изменениями, внесенными постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335 «О внесении изменений в Положение о присуждении ученых степеней»), а её автор Шахрай Сергей Георгиевич заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по научной специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Официальный оппонент,
доктор технических наук (05.16.02 – металлургия
черных, цветных и редких металлов), профессор,
профессор кафедры теплоэнергетики и экологии
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
**«Сибирский государственный
индустриальный университет»**

654007, Кемеровская область,
г.Новокузнецк, ул.Кирова, д.42
Тел. +7(3843) 46-58-83.
E-mail: uchebn_otdel@sibsiu.ru
Сайт: <http://www.sibsiu.ru>



Темлянцев Михаил Викторович

«22» мая 2018 г.

Начальник отдела кадров

Миронова Татьяна Анатольевна