«**УТВЕРЖДАЮ**»

Проректор по научной работе ДВФУ

_____ К.С. Голохваст

«_28_» ___11___ 2018г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ) на диссертационную работу Шахрая Сергея Георгиевича по теме: «Повышение энергетической эффективности и экологических показателей оборудования для производства первичного алюминия», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика

Актуальность исследований. Объект и предмет исследований.

Тема диссертации С.Г. Шахрая напрямую связана с теплотехнологическими проблемами одной из базовых отраслей промышленности Российской Федерации – алюминиевым производством. Так как производство алюминия непрерывно растет, то возникает необходимость постоянного совершенствования технологических процессов его производства, энергоемкость которых составляет более 60 млрд. кВт·ч электроэнергии. Автор обращает внимание на низкую энергетическую эффективность алюминиевых электролизеров, в которых значительная часть потребляемой энергии теряется в окружающую среду и затрачивается на преодоление сопротивления прианодного газосодержащего слоя электролита и контактных узлов токопроводящей цепи. В диссертации так же отмечается актуальность экологического аспекта, напрямую связанного с тепловой частью технологии производства алюминия. Вместе с тем, как показывает обзор опыта разработки новых и совершенствования существующих конструкций электролизеров, то все сводится к решению локальных задач, где формирование выбросов в электролизере и технология их обезвреживания не рассматриваются как единая задача, и имеющиеся по мнению автора ресурсы в области энергосбережения задействованы не в полной мере. В то же время разработка научно обоснованного комплекса технических и технологических решений по повышению энергетической эффективности и экологических показателей оборудования для производства первичного алюминия, обеспечивающих уменьшение энергетических затрат на единицу производимой продукции,

сбережение материальных ресурсов и защиту окружающей среды, стало несомненно решением актуальной проблемы.

Непосредственным объектом исследования в работе С.Г. Шахрая являются алюминиевые электролизеры Содерберга и их система газо-удаления, включающая газосборный колокол, газоходную сеть корпуса и горелки для сжигания анодных газов, а предметом исследования – процессы горения, аэрогазодинамики и тепломассообмена.

Целью диссертационной работы является разработка научно обоснованного комплекса технических и технологических решений, направленных на повышение энергетической эффективности и экологических показателей теплотехнологического оборудования для производства первичного алюминия. Для достижения этой цели был решен комплекс достаточно сложных **задач**, включающий в себя обобщение и анализ имеющихся исследований, разработке научно-обоснованных технических и технологических решений по снижению энергетических потерь и негативного воздействия на окружающую среду алюминиевыми электролизерами. Расчетно-экспериментальные исследования технологических процессов горения анодного газа в горелках, с оценкой эффективность и устойчивость работы горелок электролизера. На основе обобщения результатов исследования и практики внедрения разработаны комплексные инженерные методики расчета параметров этих систем.

Перечень задач содержит все необходимые этапы научного исследования от формулировки общей идеи до практического внедрения, что свидетельствует о достижении поставленных целей исследований и законченном характере работы. Для решения поставленных задач привлекаются различные **методы,** включающие теоретический анализ, численные методы, лабораторные и натурные исследования, дающие возможность для уточнения и проверки используемых математических моделей.

Достоверность результатов выполненной работы подтверждается использованием стандартных, апробированных численных и экспериментальных методов, представительным массивом полученных данных, удовлетворительным совпадением расчета и эксперимента. Сформулированные выводы по работе коррелируют с результатами, полученными другими исследователями, и не противоречат физическим закономерностям в смежных областях знаний.

Полученные результаты рекомендованы к **использованию** в производственных, научно-исследовательских и образовательных организациях, занимающихся разработкой, производством, модернизацией и наладкой теплотехнологических процессов при производстве алюминия (ВАМИ, СибВАМИ, ОК РУСАЛ, СФУ, ИрГТУ, Сиб-ГИУ, ИТСО РАН и др.)

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 7 глав, заключения, библиографического списка из 273 наименований и приложений. Общий объем работы 289 страниц, в том числе 33 таблицы и 123 рисунка.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, представлены основные положения выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость полученных результатов. В первой главе представлен анализ современного состояния энергетической и экологической составляющих производства первичного алюминия. Результаты анализа литературных источников подтверждают актуальность работы, целесообразность поставленных в диссертации задач и их поэтапного решения теоретическими и экспериментальными методами. Вторая и третья главы посвящены методологии проведения экспериментальных работ на промышленных объектах и лабораторных установках, развитию теоретических основ и разработке научно обоснованных технических решений повышения энергетической эффективности алюминиевых электролизеров. Последующие главы посвящены решению проблем увеличения эффективности улавливания и сжигания в горелках анодных газов, образующихся в процессе электролиза, а также мероприятиям по совершенствованию систем газораспределения (четвертая глава) и горелочных устройств (пятая глава), с представлением результатов экспериментальной оценки разработанных технических и технологических решений на горелочных устройствах электролизеров Красноярского алюминиевого завода (шестая глава). На основании проведенных исследований в седьмой главе выполнена общая укрупненная оценка энергетической, экологической и экономической эффективности результатов. В заключении представлены основные результаты и выводы по работе. В приложении приведены документы, подтверждающие практическое внедрение результатов работы диссертации.

Значимость работы для науки состоит в обоснованиях и доказательствах научных основ принятия технических и технологических решений для совершенствования теплоиспользующих установок получения первичного алюминия. Разработаны научно обоснованные технические и технологические решения по сбережению энергетических ресурсов алюминиевыми электролизерами Содерберга, методология теплотехнического расчета системы газоудаления электролизеров, установлено предельное значение параметров влияющих на работу горелочных устройств. Выявлено, что одной из причин погасания горелок является коагуляция пыли, содержащейся в сжигаемых анодных газах, и рост концентрации пылевых конгломератов в зоне горения. Обоснована целесообразность оборудования горелок дисковыми турбулизаторами и определены их конструктивные параметры. Разработан научно обоснованный подход к решению проблемы повышения эффективности улавливания и обезвреживания образующихся в алюминиевом электролизере загрязняющих веществ.

Значимость для производства результатов работы состоит в разработке технические и технологических решений по энерго- и ресурсосбережению, основанные на снижении теплоты поверхностями электролизера, утилизации теплоты анодных газов и сокращении энергетических затрат при их транспортировке по газоходным сетям, уменьшении потерь электрической энергии

на газосодержащем слое электролита. Это в свою очередь позволило реализовать технические решения на производстве со значительным экономическим эффектом.

По диссертации имеются следующие **замечания**:

1. Обзорная часть диссертации не содержит сопоставимых сведений по удельным показателям энергетических затрат, вредных выбросов, составляющих себестоимости продукции, исходя из мировой практики получения алюминия. Отсутствие этих данных не позволяет судить о перспективах технологии, совершенствованию которой посвящена работа.

2. В избранном диссертантом подходе к моделированию исследуемых процессов, основное внимание уделяется описанию общего подхода к решению задачи, но не аргументации неизбежных допущений при расчетах, а так же степени достоверности полученных результатов. В частности в диссертации не приводится методика сравнения полученных результатов моделирования поведения газовых пузырей, с показателями поведения газовых пузырей на моноблочном аноде. Не ясно, на основе каких аэродинамических параметров газовоздушного потока выполнялся выбор оптимальной конструкции турбулизатора грелочного устройства.

3. Каким образом сопоставлялись данные моделирования горелочного устройства с параметрами действующего объекта, и по каким показателям определялась сходимость?

4. Желательна большая конкретность по внедрению результатов выполненных исследований, их масштабности и результативности.

Указанные замечания не снижают положительного впечатления о работе, ее научной и практической значимости. Результаты работы **апробированы** на многочисленных конференциях, как всероссийских, так и международных. Результаты работы **опубликованы** в 109-ти печатных работах, в том числе в двух монографиях, 17-ти статьях в изданиях, входящих в наукометрическую базу Scopus, а так же в 25-ти статьях в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Отдельно необходимо отметить о наличии у автора четырех Евразийских патентов на изобретения и 29-ти патентов РФ на изобретения и полезные модели. Отработанные технические решения активно используются на практике, что подтверждается актами внедрения.

Выводы.

Диссертация Шахрая Сергея Георгиевича имеет внутреннее единство и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно-обоснованные технические и технологические решения для повышения энергетической эффективности и экологических показателей теплотехнологического оборудования для производства первичного алюминия, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие промышленного производства страны.

Диссертация Шахрая Сергея Георгиевича на тему: «Повышение энергетической эффективности и экологических показателей оборудования для

производства первичного алюминия», соответствует паспорту специальности 05.14.04 – промышленная теплоэнергетика и удовлетворяет требованиям установленным п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 а ее автор Шахрая Сергея Георгиевича заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Теплоэнергетики и теплотехники» 18 мая 2018 г. Протокол № 8/1 -2018.

Заведующий кафедрой
теплоэнергетики и теплотехники
инженерной Школы ДВФУ,
доктор технических наук, доцент
Штым Константин Анатольевич

«25» мая 2018г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет»
Адрес: 690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8
Телефон: 8 (423) 243-34-72, 265-24-24 доб. 1081
E-mail: shtym.ka@dvfu.ru

Подпись К.А. Штыма
удостоверяю: начальник отдела
кадрового делопроизводства
ДВФУ (Н.А. Богданова)
"25" мая 2018