

В диссертационный совет 24.2.312.08,  
созданный на базе ФГБОУ ВО «Казанский  
национальный исследовательский  
технологический университет»

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента Клентак Анны Сергеевны, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева», на диссертацию Курошева Ильи Сергеевича на тему «Разработка организационно-технических решений по стандартизации процесса выбора ресурсоэффективных технологий производства алюминия», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства**

### **Актуальность избранной темы диссертационного исследования**

В условиях современной геополитической ситуации и необходимости обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации проблема повышения ресурсной эффективности промышленного производства приобретает первостепенное значение. Metallургический комплекс и, в частности, алюминиевая промышленность, являясь одной из ключевых и энергоёмких отраслей отечественной экономики, требует внедрения передовых подходов к организации производства, направленных на снижение материало- и энергоёмкости, сокращение углеродного следа и повышение конкурентоспособности продукции.

Диссертационное исследование Курошева И. С. посвящено решению актуальных задач технологической модернизации металлургической промышленности и полностью соответствует стратегическим приоритетам развития Российской Федерации, что подтверждается его согласованностью с рядом ключевых документов:

– работа отвечает целям, поставленным в Указе Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации»

Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», в части обеспечения ускоренного внедрения отечественных технологий и достижения технологической независимости;

– исследование находится в русле решения задач, определённых Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28.12.2022 г. № 4260-р «Об утверждении Стратегии развития металлургической промышленности РФ на период до 2030 года»; одним из приоритетов указанной Стратегии является стимулирование внедрения ресурсосберегающих и наилучших доступных технологий (НДТ);

– в контексте реализации государственной промышленной политики, а также политики в сфере технического регулирования и стандартизации диссертация способствует реализации положений Федерального закона от 31.12.2014 г. № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» и Федерального закона от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании»; предлагаемые автором решения по стандартизации процесса выбора технологий напрямую связаны с отказом от устаревших технологий и переходом промышленности на принципы НДТ;

– в части развития систем менеджмента качества работа направлена на интегрирование принципов всеобщего управления качеством (TQM) и концепции наилучших доступных технологий, что является новым и перспективным направлением совершенствования производственных систем в металлургии.

#### **Оценка содержания диссертационной работы и её завершенности в целом**

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы, включающего 178 наименований, и приложений. Работа изложена на 176 страницах, содержит 33 рисунка и 26 таблиц; текст работы даёт полное представление о ходе и результатах исследования.

**В первой главе** Курошевым И. С. проведён глубокий анализ современного уровня развития ресурсоэффективных производств алюминия, изучены стандарты и нормативная правовая база управления ресурсной эффективностью. На основе анализа выявлены проблемы и тенденции внедрения передовых технологий на металлургических предприятиях.

Убедительно обоснована необходимость развития тематики повышения ресурсной эффективности в проекции концепции всеобщего управления качеством с учётом соответствия НДТ и специфики металлургии, что и определило направление диссертационного исследования.

Во **второй главе** автором сформирована концепция развития подходов к стандартизации процесса выбора ресурсоэффективных технологий. Предложена структурно-организационная модель управления ресурсной эффективностью, систематизированы технологические и организационные меры, направленные на сокращение расхода ресурсов. Курошевым И. С. обоснована целесообразность применения эксергетического анализа и предложена оригинальная методика оценки эффективности производственных систем на основе коэффициентов полезного использования сырья и материалов, энергии, топлива и воды.

В **третьей главе** разработаны и детализированы практические инструменты стандартизации для управления технической эффективностью производства алюминия. Предложена система показателей НДТ, включающая показатели ресурсной эффективности, углеродоёмкости и технологические показатели эмиссий. Разработана организационная модель процесса управления выбором технологий на основе интеграции концепций TQM и НДТ, а также представлен алгоритм методики сравнительного анализа производств с применением эксергетического анализа и аддитивной модели интегральной оценки технологий.

В **четвёртой главе** представлена апробация разработанных решений на примере действующих производств алюминия. Проведён сравнительный анализ пяти ключевых технологий электролиза (в электролизёрах с боковым токоподводом (БТ), верхним токоподводом (ВТ), технологии ЭкоСодерберг, производства с применением обожжённых анодов (ОА) первого и второго поколений). Рассчитаны эксергетический КПД и интегральный показатель для каждой технологии. На основе этого даны рекомендации по выбору приоритетных технологий (с обожжёнными анодами) и доработке (или ограниченному применению) остальных. Практическим результатом стала разработка и регистрация программного комплекса «ТЭПАЛ», автоматизирующего процедуру оценки. Количественно оценены эффекты от

модернизации: снижение расхода энергии на 10,3%, сокращение углеродоёмкости на 37,4%, уменьшение расхода анодной массы на 19,2%.

### **Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Курошевым И. С. вынесены на защиту положения, обладающие несомненной научной новизной и отражающие решение задач диссертационной работы:

1. Предложена структурно-организационная модель совершенствования производственной системы, ключевым отличием которой от традиционных подходов является применение программно-целевой структуры управления и комплексного критерия, что создает основу для эффективной интеграции принципов всеобщего менеджмента качества и концепции наилучших доступных технологий в металлургической отрасли.

2. Разработана и научно обоснована система показателей для комплексной оценки эффективности производственной системы, включающая три взаимосвязанных алгоритма. Новизна подхода заключается в применении эксергетического анализа, что создаёт предпосылки для стандартизации нормативов потребления ресурсов и определения ключевых направлений повышения качества производственных процессов при получении алюминия.

3. Разработан алгоритм поддержки принятия управленческих решений в сфере организации алюминиевого производства. Его особенностью является формализованный выбор наиболее ресурсоэффективных технологий на основе интегрального показателя, аккумулирующего данные об энергоёмкости, технологической зрелости и экологической эффективности, что придаёт выбору приоритетных направлений модернизации необходимую научную обоснованность.

### **Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность результатов обеспечивается корректным применением общенаучных методов познания, системного подхода, методов математической статистики и машинного обучения (деревья классификации CART). Выводы базируются на репрезентативной информационно-эмпирической базе, включающей статистические данные Росстата, отчётность предприятий ОК

«РУСАЛ», данные документов национальной системы стандартизации (информационно-технических справочников по НДТ) и результаты собственных расчётов автора. Теоретические положения и практические выводы подтверждены апробацией на международных и всероссийских конференциях, а также внедрением результатов в деятельность Технического комитета 113 «Наилучшие доступные технологии» и применением разработанных рекомендаций при подготовке проектов модернизации на предприятиях ОК «РУСАЛ», что подтверждено соответствующими справками.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных автором в диссертации,** является высокой и подтверждается корректным применением современных общенаучных и специальных методов исследования. Курошев И. С. опирается на фундаментальные положения теории организации производства, теории устойчивого развития, концепций наилучших доступных технологий, всеобщего управления качеством, а также принципы систем энергетического и экологического менеджмента. Использование системного подхода, методов анализа и синтеза, математической статистики, методов машинного обучения (деревья классификации и регрессии CART), а также эксергетического анализа обеспечило методологическую строгость и достоверность полученных результатов.

Используемую автором исследовательскую базу характеризует значительный объём и высокая репрезентативность информационно-эмпирических источников. Исследование базируется на анализе статистических данных Росстата за длительный период (2010–2024 гг.), охватывающих динамику производства, внедрения передовых технологий и затрат на модернизацию в металлургическом комплексе. Глубокий анализ технологий производства алюминия выполнен на основе данных восьми крупнейших промышленных площадок ОК «РУСАЛ», официальных сведений информационно-технических справочников ИТС 11–2022 и ИТС 11-2025 «Производство алюминия», а также обширного перечня национальных и межгосударственных стандартов (ГОСТ Р, ГОСТ). Использование данных о материальных и энергетических потоках для пяти ключевых технологий электролиза, а также выполненный автором расчёт эксергетических

показателей и интегральных оценок подтверждают объективность и достоверность результатов диссертационного исследования.

Структура диссертации логична, полностью соответствует поставленной цели и задачам исследования. Собранный и систематизированный автором материал основательно проанализирован; выявленные тенденции и закономерности убедительно аргументированы.

### **Теоретическая и практическая значимость научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе**

Теоретическая значимость работы заключается в развитии научных подходов к управлению ресурсной эффективностью металлургических производств, обосновании применения экспертного анализа для оценки степени зрелости технологий и создании методологической основы для интеграции концепций TQM и НДТ в единую систему управления качеством организации производства.

Практическая значимость состоит в разработке прикладных инструментов: системы показателей, алгоритмов оценки, организационной модели и программного комплекса «ТЭПАЛ», позволяющих специалистам предприятий проводить объективный сравнительный анализ технологий, обосновывать выбор приоритетных направлений модернизации и количественно оценивать ожидаемые эффекты (снижение энерго- и ресурсопотребления, декарбонизация производства). Результаты работы уже использованы при актуализации информационно-технического справочника «Производство алюминия» и создания его новой версии ИТС 11-2025, а также при разработке проектов, получивших государственную поддержку.

### **Дискуссионные вопросы и замечания по диссертации**

Несмотря на отмеченные достоинства диссертации Курошева И. С., следует обратить внимания на некоторые дискуссионные моменты, а также высказать ряд замечаний и пожеланий.

1. При исследовании базы стандартов в области управления ресурсной эффективностью производственных систем не выполнен анализ её гармонизации с международными стандартами (с. 29–33). Автор не указывает, какие из представленных ГОСТ Р гармонизированы с ISO или EN (например, в части экологического, энергетического менеджмента или ресурсосбережения),

что важно для экспортоориентированных предприятий алюминиевой отрасли.

2. Проведённая автором систематизация технологических и организационных мер, направленных на сокращение расхода ресурсов и минимизацию эмиссий загрязняющих веществ, характерных для металлургических производств, не даёт представления, какие из перечисленных решений являются недостаточными, требуют доработки или могут быть усовершенствованы (с. 59–63, рис. 2.2.2). Не показано, какие меры являются специфическими именно для производства алюминия, какие отраслевые особенности должны учитываться при разработке организационно-технических решений.

3. Примеры автоматического и ручного управления металлургическим производством, приведённые автором (контроль добавления оксида алюминия, измерение температуры, замена анодов), относятся к производству алюминия (с. 67–68). Однако не показано, как эти примеры соотносятся с задачей выбора ресурсоэффективных технологий. Остается неясным, каким образом анализ текущих режимов управления может повлиять на процедуры выбора новых технологий.

4. В параграфе 3.1 автор представляет классификацию показателей НДТ, но не даёт оценки того, насколько эти показатели достаточны для обоснованного выбора ресурсоэффективных технологий. Открытым остаётся вопрос о том, все ли значимые аспекты ресурсоэффективности охвачены существующей системой показателей, нет ли дублирования или противоречий между группами, требуют ли показатели дополнения или уточнения применительно к алюминиевому производству.

5. На рисунке 3.3.2 предложена организационная модель процесса управления ресурсной эффективностью металлургического производства, согласно которой автор предлагает создать рабочую группу в составе дирекции стратегического развития. Однако Курошев И. С. не обосновывает, почему выбрана именно такая организационная форма, а не, например, проектный офис, временная межфункциональная группа или выделенный центр компетенций. Не показаны преимущества предлагаемой структуры по сравнению с альтернативными вариантами, что снижает убедительность предложения.

Высказанные вопросы, замечания и пожелания не влияют на общую положительную оценку работы и не ставят под сомнение достигнутые теоретические и практические результаты. В целом, поставленные Курошевым И. С. задачи решены успешно, что обеспечило достижение сформулированной автором цели, состоящей в разработке организационно-технических решений по стандартизации процесса выбора ресурсоэффективных технологий производства алюминия.

### **Заключение о соответствии работы критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Результаты диссертационной работы соответствуют следующим пунктам паспорта специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства: 2. Научно-практические основы технического регулирования, стандартизации, типизации, каталогизации, метрологического обеспечения, управления качеством и подтверждения соответствия; 18. Разработка научных, методологических и системотехнических принципов повышения эффективности функционирования и качества организации производственных систем; 25. Разработка моделей описания, методов и алгоритмов решения задач проектирования производственных систем, организации производства и принятия управленческих решений в цифровой экономике.

Автореферат достаточно полно отражает основное содержание диссертации.

Основные положения диссертации отражены в 23 научных публикациях автора, в том числе в 8 статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, и 2 статьях в изданиях, индексируемых в международной библиографической и реферативной базе данных Scopus. Получены 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ и электронного ресурса. Ссылки на заимствования в работе оформлены корректно.

Диссертационная работа «Разработка организационно-технических решений по стандартизации процесса выбора ресурсоэффективных технологий производства алюминия» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской

