

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.437.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 12.05.2026 № 33

О присуждении Бауман Екатерине Вячеславовне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Управление доменным производством на основе кластерных моделей и комитетного подхода к принятию решений» по специальности 2.3.3. – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» принята к защите 24 февраля 2026 г. (протокол заседания № 33/п) диссертационным советом 24.2.437.02, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, проспект В.И. Ленина, д. 76, приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Бауман Екатерина Вячеславовна, 15 сентября 1998 года рождения, в 2022 году с отличием окончила ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» (магистратура). С 2022 по 2025 гг. Бауман Е.В. проходила обучение в очной аспирантуре ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

по научной специальности 2.3.3. – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

В настоящее время Бауман Е.В. работает преподавателем кафедры автоматики и управления ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре автоматики и управления ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Барбасова Татьяна Александровна, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой автоматики и управления ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Ершов Евгений Валентинович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой математического и программного обеспечения ЭВМ, директор Института информационных технологий ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет»,

Мешков Валерий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГАОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, в своем положительном отзыве, подписанном Логуновой Оксаной Сергеевной, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой вычислительной техники и программирования, утвержденном доктором

технических наук, профессором Тулуповым Олегом Николаевичем, проректором по научной и инновационной работе, указала, что диссертация Бауман Екатерины Вячеславовны является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение научно-технической проблемы планирования и управления доменным производством на основе использования интеллектуальных методов кластерного анализа значений технологических параметров работы доменных печей и комитетного подхода к принятию решений в противоречивых условиях. Диссертационная работа содержит результаты, выдвигаемые для публичной защиты, а также имеет практическую ценность. Программное обеспечение, разработанное в данной работе, прошло апробацию в производственных условиях, что подтверждается актом внедрения. Сформулированные автором выводы являются обоснованными и достоверными.

Вышеизложенное позволяет утверждать, что диссертационная работа Бауман Екатерины Вячеславовны соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (ред. от 21 апреля 2026 г.), а ее автор Бауман Е.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управления технологическими процессами и производствами».

Диссертационная работа и отзыв обсуждены и одобрены на заседании кафедры вычислительной техники и программирования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», протокол №8 от 16 марта 2026 года.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, одна статья в научном сборнике материалов всероссийской конференции, получено два авторских свидетельства на регистрацию программ для ЭВМ.

В диссертацию включены результаты, полученные автором лично. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимыми работами по теме диссертации являются:

1. Automated information control system for optimal planning of blast-furnace ironmaking / L. S. Kazarinov, T. A. Barbasova, **E. V. Bauman** [et al.] // Bulletin of the South Ural State University. Series: Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics. – 2024. – Vol. 24, No. 4. – P. 103-112. (авт. доля 6с./10с.).

2. О модельно-упреждающем управлении сложными пиротехнологическими процессами / Л. С. Казаринов, Т. А. Барбасова, **Е. В. Бауман**, С. А. Черепанова // Приборы. – 2024. – № 4(286). – С. 32-35. (авт. доля 3с./4с.).

3. Применение методов машинного обучения для прогнозирования производительности доменной печи / Т. А. Барбасова, **Е. В. Бауман**, П. А. Самолетова, С. А. Черепанова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 9. – С. 48-51. (авт. доля 3с./4с.).

4. Алгоритм описания взаимосвязей между технологическими параметрами для решения задач управления доменной плавкой / Л. С. Казаринов, Т. А. Барбасова, **Е. В. Бауман** [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 16-20. (авт. доля 4с./5с.).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Ведущей организации ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск). Отзыв положительный, из замечаний отмечено следующее. 1) Доменный процесс изучается достаточно давно и в настоящее время исследователями предложены подходы к разработке моделей доменного процесса, в частности: балансово-статистические методы, кинетическо-динамические модели; методы на основе физико-химических закономерностей и др. Автор диссертационных исследований не акцентировал внимание на преимуществах предложенных методов определения режима работы доменных процессов по сравнению

с известными методами? 2) В работе недостаточно раскрыты алгоритмы оперативного управления тепловым состоянием доменной печи 3) На современном уровне развития цифровизации управления технологическими процессами для повышения их эффективности разрабатываются специализированные системы поддержки принятия решений в реальном времени. В работе автором недостаточное внимание уделено описанию возможностей корпоративной информационной системы, включающей разработанную автоматизированную информационную систему управления доменным производством. 4) В диссертации широко используются экспериментальные данные. Это является доказательством тесного сотрудничества соискателя и промышленного предприятия. Однако ни для одного набора данных не указаны условия их получения, зависимости параметров и программы проведения экспериментов. 5) Автор диссертационного исследования не раскрывает условия переноса предложенных методов и алгоритмов на другие промышленные предприятия и их тиражирование.

2. Официального оппонента, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой математического и программного обеспечения ЭВМ, директора Института информационных технологий ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет» (г. Череповец) Ершова Евгения Валентиновича. Отзыв положительный, из замечаний отмечено следующее. 1) Цель диссертационной работы (стр. 4) сформулирована как перечень решаемых задач по разработке системы поддержки принятия решений по управлению доменным производством и не содержит практических эффектов, что затрудняет оценку её достижения. 2) Научная новизна полученных результатов (стр. 6) – новые метод и алгоритмы, не содержат явных отличий от известных решений и преимуществ, которые они позволяют достичь. 3) Раздел 1.2 «Обзор литературы» не содержит выводов о необходимости использования кластерных моделей и комитетного подхода к принятию решений, заканчивается общим выводом без обозначения существующей проблемной ситуации. 4) Раздел 1.3 «Постановка целей и задач

исследования» повторяет цель диссертационной работы и решаемые задачи, сформулированные ранее на стр. 4, 5. 5) В разделе 2.1 «предлагается создание гибких моделей на основе кластерного анализа»: на стр. 23 «Для учета особенностей доменных печей.....», на стр. 24 «Для управления доменным процессом.....», однако в явном виде такие модели в работе не представлены. 6) Разделы 2.2 «Алгоритм поиска.....» и 2.3 «Алгоритм.....к выбору.....» содержат описание п. 2 научной новизны с подробным изложением известных методов («случайный лес», «главных компонент», «k-средних», «Калински-Харабаша») и комитетного подхода, при этом отсутствуют блок-схемы этих алгоритмов, наличие которых позволило бы наглядно оценить новизну предлагаемых решений. 7) Наименование главы 3 и раздела 3.1 (п.1 научной новизны) полностью совпадают, также в главе 3 раздел 3.2 раскрывает п. 3 научной новизны, очевидно содержание данной главы более широко представлено, чем это выражено в названии. 8) В разделе 3.1 в выражениях (3.1), (3.2), (3.5) используются весовые коэффициенты, соответственно α , ω дп, β , примеры значений которых приводятся, однако диапазоны значений не определены; приведена зависимость (3.11) с конкретными значениями слагаемых и коэффициентов, происхождение которой не обозначено ссылкой на первоисточник. 9) Раздел 3.1 «Метод планирования и управления.....» завершается алгоритмом определения зависимости значений обобщенного критерия q для разных объемов производства, результаты работы которого важные и приводятся в разделах 3.3 (рисунок 3.8) и 4.3 (рисунок 4.14), однако данный алгоритм не упомянут в положениях, выносимых на защиту. 10) В разделе 3.3 (рисунки 3.3, 3.4) получены оптимальные значения параметров доменных печей для объема производства 830 тыс. т., при этом величина такого объема не обоснована. 11) Список литературы, наряду с актуальными, содержит первоисточники старше 30 и более лет. 12) Текст диссертации содержит грамматические неточности, затрудняющие восприятие материала.

3. Официального оппонента, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления ФГАОУ ВО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» (г. Москва) Мешкова Валерия Геннадьевича. Отзыв положительный, из замечаний отмечено следующее. 1) В условиях нестабильности поставок сырья для комбинатов актуальной задачей является оперативное планирование энергообеспечения. В работе соискателем недостаточное внимание уделено вопросам оптимизации качества и количества железорудного сырья. 2) Если бы в работе нашли отражение особенности разработанного программного обеспечения по сравнению с существующими системами поддержки принятия решений в металлургии, то они бы дополнили проведенное соискателем достаточно качественно выполненное научное исследование. 3) В работе не приведено описание работы пользователей разработанного программного обеспечения и возможность тиражирования предприятия отрасли.

4. Кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Автоматика и управление в технических системах» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (г. Самара) Данилушкина Ивана Александровича. Отзыв на автореферат положительный, из замечаний отмечено следующее. 1) Автором на стр. 14 автореферата указано, что разработанный метод включает алгоритм построения зависимости значений обобщенного критерия для диапазона объемов производства. Каждая точка зависимости представлена оптимальными значениями параметров работы доменных печей и цеха. Однако в работе отсутствует описание алгоритма, на основе которого осуществляется выбор конкретного рекомендованного значения объема производства из полученного диапазона. 2) Автор не раскрывает условия переноса предложенных методов и алгоритмов на другие промышленные предприятия. В работе отсутствует анализ возможности тиражирования разработанных решений в условиях иных технологических цепочек.

5. Кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет» (г. Майкоп) Бучацкого Павла Юрьевича. Отзыв на автореферат положительный, из замечаний отмечено следующее. 1) Следовало бы уточнить механизмы интеграции разработанной системы с корпоративными системами металлургического предприятий, что позволило бы оценить масштабируемость и универсальность предложенного решения. 2) Интересно было бы узнать, как взаимодействуют между собой модули аналитической подсистемы разработанного программно-технического комплекса (автореферат стр. 20, рисунок 6).

6. Доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Информационно-измерительные системы и технологии» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (г. Санкт-Петербург) Королева Павла Геннадьевича. Отзыв на автореферат положительный, из замечаний отмечено следующее. 1) В автореферате недостаточно раскрыт вопрос взаимодействия предложенной системы с системами бюджетирования и системами поддержки принятия решений на уровне оперативного управления. 2) Из текста автореферата не ясны требования по погрешностям физических величин, приведенных в качестве ограничений в таблицах на стр. 17.

7. Доктора технических наук, профессора, директора Аэрокосмического института ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко» (г. Оренбург) Сергеева Александра Ивановича. Отзыв на автореферат положительный, из замечаний отмечено следующее. 1) В пунктах научной новизны не указаны отличия предлагаемых решений от известных. 2) В заключении не указаны перспективы развития темы исследований.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что ими осуществляется исследования по тематике диссертации и получены весомые научные результаты в рассматриваемой предметной области, что подтверждается публикациями в научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен новый метод решения задачи планирования и управления доменным производством, отличающийся от существующих решений тем, что впервые был применен критерий, осуществляющий совместную оценку экономической и технологической эффективности доменного производства в противоречивых условиях;

разработаны новые алгоритмы определения режимных кластеров значений параметров доменного процесса, применяемых при формировании кластерных моделей для принятия решений по управлению доменным процессом, отличающиеся от существующих решений применением кластерного анализа и комитетного подхода к согласованию по значимости технических условий;

разработан алгоритм решения задачи планирования и управления доменным производством на основе кластерных моделей и комитетного подхода к принятию решений в противоречивых условиях, обеспечивающий, оптимальное распределение объема производства между доменными печами, при снижении удельного расхода кокса по печам;

доказана на основе проведенной практической апробации на металлургическом предприятии результативность и практическая применимость предложенного метода и разработанных алгоритмов для совершенствования управления доменного производства металлургического предприятия.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана корректность разработанных методического и алгоритмического обеспечения поддержки принятия решений по управлению доменным производством, включающих алгоритм определения режимных кластеров значений параметров доменного производства на основе кластерного анализа и алгоритм на основе комитетного подхода к выбору режимного кластера для принятия решений на основе согласования взвешенных

по значимости технических условий, метод решения задач планирования и управления доменным производством на основе совместной оценки экономической и технологической эффективности работы доменного цеха в противоречивых условиях, а также алгоритм решения задач планирования и управления доменным производством на основе кластерных моделей и комитетного подхода к принятию решений в противоречивых условиях;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы: основные положения и методы теории автоматизированного управления, теории принятия решений, методов кластерного анализа, машинного обучения и исследования операций;

предложена процедура согласования противоречивой совокупности технико-экономических и технологических условий на основе комитетного подхода при принятии решений по управлению доменным производством, включая решение задачи оптимального распределение объема производства между доменными печами при снижении удельного расхода кокса по печам.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан и внедрен в практику управления технологическими процессами доменного цеха ПАО «ММК» программно-технический комплекс поддержки принятия решений по управлению доменным производством на основе совместной оценки экономической и технологической эффективности работы доменного цеха в противоречивых условиях, определяемых на основе предложенных алгоритмов;

полученные решения защищены двумя свидетельствами о государственной регистрации программ для ЭВМ и имеют потенциал для коммерциализации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

корректность использованных моделей на основе применения современных методов, технологий и средств разработки программного обеспечения для автоматизированного управления технологическими процессами;

соответствие полученных результатов объективным закономерностям доменного процесса;

подтверждена эффективность предложенных метода и алгоритмов на основе положительных результатов внедрения разработанного программно-технического комплекса в ПАО «ММК».

Личный вклад соискателя состоит в:

выполнении анализа современных подходов, методов, алгоритмов для планирования и управления металлургическими процессами и производствами;

разработке для системы поддержки принятия решений по управлению доменным производством методического и алгоритмического обеспечения, включающего алгоритмы определения режимных кластеров значений параметров доменного процесса на основе кластерного анализа и комитетного подхода к согласованию взвешенных по значимости технических условий, метода и алгоритма решения задачи планирования и управления доменным производством на основе совместной оценки экономической и технологической эффективности работы доменного цеха в противоречивых условиях;

разработке и практической реализации алгоритмов и программного обеспечения программно-технического комплекса поддержки принятия решений по управлению доменным производством, подтвержденной актом внедрения в ПАО «ММК»;

апробации результатов исследования на международных и всероссийских конференциях, подготовке научных публикаций, получении свидетельств о регистрации программы для ЭВМ, а также в непосредственном участии в разработке и внедрении программных решений на производстве.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания и заданы вопросы:

1) Ключевое слово в Вашей работы – «противоречивые условия». Какие противоречивые условия рассматриваются в вашей работе? 2) Что является объектом исследования? 3) Что входит в состав доменного производства? 4) Что является предметом Вашего исследования? 5) Чем Вы управляете в доменном производстве в Вашем исследовании? Управление означает, что есть какие-то входные воздействия, есть какие-то результирующие показатели. Что является входным воздействием, что является выходными показателями? 6) В качестве одного из методов исследования у Вас используется машинное обучение. Как вы проводили обучение? На основе каких данных? И какое это было обучение? 7) В названии работы и в тексте самой работы Вы пишете про комитетный подход. В интернете посмотрел это слово не употребляется. Есть только в одном месте ссылка на нашу сегодняшнюю защиту. Исходя из чего был выбран этот термин? 8) Кто голосует за принятие решений в комитете? 9) Ваша система управления автоматическая или автоматизированная? 10) Поясните, что является комитетом в Вашей работе? Комитет – это формула?

Соискатель Бауман Е.В. ответила на высказанные замечания и заданные вопросы:

1) В докладе были отмечены ключевые актуальные проблемы в области принятия решений в доменном производстве. Противоречивой является совокупность технико-экономических и технологических условий в административной системе доменного цеха и выше по иерархической. Туда входят ограничения на технологически процесс. А сверху у нас задаются ограничения на максимальный объем потребления дутьевых ресурсов, а также на объем производства чугуна по цеху. Верхний уровень требует выполнения показателей, которые вступают в противоречие с нижним уровнем. Здесь могут быть различные ремонты и т.д. и поэтому данная система будет являться противоречивой. 2) Объектом исследования является доменное производство т.к. при решении основной задачи мы оптимизируем и показатели качества

кокса, и показатели ЖРС, также оптимизируем показатели самого доменного процесса. И тем самым можно сказать, что нашим объектом является все доменное производство. 3) Доменное производство является основой металлургической цепочки предприятия. Для его работы необходима также работа коксохимического цеха, который подготавливает кокс для него, работа аглофабрик, подготавливающих железорудные материалы. Также сам доменный цех представляет собой группу агрегатов доменных печей, на которые подается дутье с воздушных установок. И тем самым вся эта цепочка и является доменным производством. 4) Предмет исследования управление эффективностью доменного производства на основе интеллектуальных технологий и комитетного подхода. 5) Мы управляем эффективностью доменного производства для этого у нас введены оценки: технологическая оценка, экономическая оценка. Для промышленников понятны такие оценки как производительность и удельный расход кокса. После получения решения у нас есть значения технологических параметров, есть значения производительности и УРК и тем самым пользователи данной системы могут оценить полученное решение. 6) Это были работы в рамках проекта «Оптимальный чугун». Наша система является частью корпоративной системы. Здесь есть система хранения данных. Именно из этой системы в нашу систему поступают данные работы доменных печей. Обучение происходило без учителя. Это кластерный анализ – обучение без учителя. Мы не знаем заранее группы, то есть вот эти кластеры, которые определяем. Мы использовали коэффициент силуэта и индекс Калински-Харабаша для определения итогового количества кластеров. 7) Здесь применяется такая структура в виде комитета. Данная структура применяется при тех же построениях машинного обучения т.е. обучается несколько моделей и их выход с помощью весов производится результирующая. Либо это аналогия с комитетом который принимает решение. То есть большинство голосующих за принятие решений. За что проголосовало большинство то и будет результатом решения. 8) Можно проводить множество аналогий. Могут быть и люди, могут быть разные модели машинного обучения. 9) Система автоматизированная. Система поддержки принятия решений. Наша

система генерирует результат, а уже человек оценивает соответствует это его ожиданиям. Человек может изменить начальные условия. 10) Здесь у нас используется критерий, составленный из характеристических функций неравенств и коэффициентов, отражающих важность данного параметра. Характеристические функции неравенств принимают значения ноль или единица, то есть условие выполнилось или не выполнилось. А также коэффициенты показывают какие неравенства наиболее важные. И максимум этого критерия показывает сколько неравенств, комитет неравенств. Какому решению соответствует максимальное количество голосов неравенств. Т.е. в этом и есть комитетный подход.

Диссертационный совет пришел к заключению, что рассматриваемая диссертация является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, Бауман Екатерина Вячеславовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

На заседании 12 мая 2026 года диссертационный совет принял решение за разработку методов и алгоритмов для совершенствования управления доменным производством на основе кластерного анализа и комитетного подхода, обеспечивающих повышение гибкость и эффективности систем управления, имеющей существенное значение для развития теоретических основ и методов построения интеллектуальных систем управления технологическими процессами доменного производства, присудить Бауман Екатерине Вячеславовне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 5 докторов наук по специальности 2.3.3. – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих

в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – 0 человек,
проголосовали: за – 15, против – 0.

Председатель
диссертационного совета 24.2.437.02,
доктор технических наук, профессор

Шестаков А. Л.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.437.02,
доктор технических наук, доцент

Голлай А. В.

12.05.2026

